



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Klimaendring utfordrer det norske matsystemet

Kunnskapsgrunnlag for vurdering av klimarisiko i verdikjeder med matsystemet som case

NIBIO RAPPORT | VOL. 8 | NR. 110 | 2022



Arne Bardalen¹, Ivar Pettersen¹, Siri Voll Dombu¹, Orvika Rosnes², Klaus Mittenzwei³
og Andreas Skulstad²

¹ NIBIO – Norsk Institutt for bioøkonomi

² Vista Analyse

³ Ruralis – Institutt for rural- og regionforskning

TITTEL/TITLE

Klimaendring utfordrer det norske matsystemet. Kunnskapsgrunnlag for vurdering av klimarisiko i verdikjeder med matsystemet som case

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Arne Bardalen, Ivar Pettersen, Siri Voll Dombu, Orvika Rosnes, Klaus Mittenzwei og Andreas Skulstad

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
24.08.2022	8/110/2022	Åpen	52478	21/00806
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03128-4	2464-1162	178	1	

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Ane Hagen Kjørholt

MILJØDIREKTORATETS M-NUMMER:

M-2341 | 2022

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimarisiko, verdikjeder, matsystem

Climate Risk, Value Chain, Food System

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Risikoanalyse, matproduksjon, klimaendring

Risk analysis, food production, climate change

SAMMENDRAG/SUMMARY:

This report presents an analysis of the effect of climate change and climate-related hazards on the Norwegian food system. Trans-border and cross-sectoral effects are included in the analyses. The report describes the primary effects of climate change on terrestrial and marine food production, and how the value chains and systems respond to hazards triggered by climate change. Based on the analysis of climate related risks and the robustness of the national food system, methodological issues for climate-related sectoral risk-assessments are discussed, in particular the applicability of methods applied here when analysing other sectors. The report applies qualitative and quantitative methods with a scenario-based approach. Provided that differences between bio-based and most other sectors of the economy are taken into account, the authors expect that the method applied, with further development and adaptations, can be applied in other sectors and value chains.

LAND/COUNTRY:

Norway

STED/LOKALITET:

Ås

GODKJENT /APPROVED

Hildegunn Norheim

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Arne Bardalen og Siri Voll Dombu

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Rapporten «Klimaendring utfordrer det norske matsystemet» er en utredning om klimaendringer og verdikjeder med matsystemet som case. Utredningen er gjort på oppdrag fra Miljødirektoratet for å styrke kunnskapsgrunnlaget for gjennomføring av norsk klimapolitikk med vekt på klimarelatert samfunnsrisiko.

Klimarelatert samfunnsrisiko er et relativt nytt forsknings- og utredningstema. Oppdaterte utslippsbaner og klimaframskrivninger gir bedre grunnlag for å tolke hva klimapanelets framskrivninger kan bety for matsystemene og matverdikjedene. Vi har i denne utredningen, i tråd med de politiske føringene, lagt til grunn høy utslippsbane for vurdering av klimarisiko i matsystemet. Innenfor de ulike utslippsbaner som er beskrevet av FNs Klimapanel, er det stort spenn mellom utslippsbanene og dermed også i klimarisiko.

Rapporten drøfter hvordan klimaendringene kan påvirke matproduksjon og verdikjeder fra sjø og jord til bord ved midten av århundret. Rammebetingelsene, scenariene og hendelsene, settes i sammenheng med matsystemet slik vi antar det ville være fram til 2040. Enkelt sagt drøfter vi hvordan et matsystem omtrent som dagens, vil fungere under påkjenninger som skyldes klimaendring.

For analysen av risiko legger vi i denne rapporten en svært høy utslippsbane til grunn. Med dette som forutsetning skisserer vi et scenario for det norske matsystemet med en temperaturøkning på 3°C før midten av århundret. Dette er en utvikling i øvre del av det mulighetsområdet som er skissert av FNs klimapanel. Et slikt scenario vil medføre alvorlige påkjenninger nasjonalt og globalt, og gir derfor en krevende, men mulig, ramme for å utrede motstandskraft – resiliens – i det norske matsystemet.

Utredningen er gjennomført av tre forskningsmiljøer – NIBIO, Vista Analyse og Ruralis – alle med erfaring fra klimarelatert natur- og samfunnsfaglig forskning og utredning. Vi ser utredningen som et første steg i å utvikle kunnskap og metodikk for å forstå og håndtere de svært krevende samfunnsutfordringene klimaendringene skaper både globalt og i Norge. Vårt arbeid favner bredt og utforsker metoder og verktøy som bør utvikles videre. Vi har hatt nytte av grundig drøfting med Miljødirektoratet, referansegruppe og representanter for næringene i matsektoren. Likevel er kanskje forankringen i næring og forvaltning en av oppgavene som trenger mer ressurser i det videre arbeidet for å sikre velfungerende matsystemer i en krevende klimafremtid.

Arne Bardalen og Siri Voll Dombu har ledet og koordinert arbeidet. Ivar Pettersen, Klaus Mittenzwei og Orvika Rosnes har vært faglige bidragsyttere gjennom det meste av analysen. Orvika Rosnes har, sammen med Andreas Skulstad, hatt ansvaret for kvantitative og modellbaserte analyser.

Ås, 24. august 2022



Hildegunn Norheim

Divisjonsdirektør Kart og statistikk i NIBIO

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning.....	16
1.1 Bakgrunn.....	16
1.2 Formål og problemstillinger	17
1.3 Oversikt over rapporten	19
2 Metode, avgrensninger og definisjoner	20
2.1 Samfunnsrisiko: Kriser, risiko og omstillingsbehov	20
2.2 Matsystem, systemanalyse og -avgrensning	22
2.3 Påvirkning fra klimaendringer	22
2.4 Kvalitativ sårbarhetsanalyse for matsystemet	23
2.5 Kvantifisering ved kryssløpsanalyse og modellsimulering.....	23
2.5.1 Kvantifisering av sektorsamspill: kryssløpstabell over alle norske næringer	24
2.5.2 Modellsimulering av økonomiske effekter ved den generelle likevektsmodellen NOREG 2	24
2.6 Avgrensninger.....	26
2.7 Begreper og definisjoner	27
3 Klimaendringer	31
3.1 Utslipp og global gjennomsnittstemperatur	31
3.2 Globalt klima er endret.....	33
3.3 Gradvise globale klimaendringer og regionale variasjoner	34
3.3.1 Temperatur	34
3.3.2 Nedbør	36
3.3.3 Klimaendringer og hav	36
3.4 Ekstremvær.....	38
3.5 Hendelser med lav sannsynlighet, men høy påvirkning	38
3.6 Sammenfall av klimarelaterte hendelser.....	39
3.7 Vippepunkter og kaskadeeffekter	39
3.8 Klimaendringer i Europa	40
3.9 Klima i Norge	42
3.9.1 Historisk.....	42
3.9.2 Klimaendringer under ulike utslippsbaner	42
3.9.3 Regionale forskjeller i Norge	43
3.9.4 Tørkesommeren 2018 – en ekstremhendelse i Norge og Nord-Europa	44
4 Klimaendringer og påvirkning på matproduksjon	47
4.1 Jordbruksproduksjon globalt	47
4.2 Jordbruksproduksjon i Norge	49
4.3 Effekter av økt temperatur	50
4.3.1 Effekter av økt temperatur globalt	50
4.3.2 Effekter av økt og endret temperatur i Norge	51
4.4 Effekter på produksjonen av økt nedbør.....	52
4.5 Effekter på produksjonen av økt tørke.....	53
4.5.1 Effekter av økt tørke globalt	53

4.5.2	Effekter på produksjonen av økt tørke -i Norge.....	57
4.6	Effekter på plante- og dyrehelse	57
4.6.1	Effekter på plantehelse globalt	58
4.6.2	Effekter på plantehelse i Norge.....	59
4.6.3	Effekter på dyrehelse globalt	59
4.6.4	Effekter på dyrehelse i Norge.....	60
4.7	Effekter på reindrift	61
4.8	Effekter av endret klima på arealene	62
4.9	Effekter av endret klima på av fiskeri og akvakultur	63
4.9.1	Fiskeri	64
4.9.2	Akvakultur	67
4.9.3	Sjømat og mattrygghet	71
4.10	Klimarisiko i matsystemet og internasjonale ringvirkninger	72
4.11	Klimaendring og kaskadeeffekter	74
4.12	Oppsummert om risikobildet i matproduksjonen	75
4.12.1	Behov for mer mat i 2050	77
4.12.2	Global matproduksjon under endret klima.....	78
4.12.3	Europeisk matproduksjon under endret klima	79
4.12.4	Norsk matproduksjon under endret klima	80
5	Det norske matsystemet	82
5.1	Politikk, forhandling og marked.....	82
5.1.1	Politikk.....	83
5.1.2	Marked	83
5.1.3	Forhandling	84
5.2	Prosesser, verdikjeder, aktører og markedsreguleringer	85
5.3	Matsystemets utsatte elementer og sårbarhet.....	86
5.3.1	Generell sårbarhet	86
5.3.2	Forsyning av plantebaserte næringsstoffer: Det norske kornsystemet	88
5.3.3	Forbruk og forbrukere.....	93
5.3.4	Dagens matsystem og klimarelatert sårbarhet etter 2040	95
5.4	Matsystemet i samspill med andre næringer: Analyse av ringvirkninger av endringer i et kortsiktig tidsperspektiv	99
5.4.1	Hvem leverer jordbruket til?.....	100
5.4.2	Hvem leverer næringsmiddelindustrien til?.....	100
5.4.3	Leveranser til næringsmiddelindustrien	101
6	Scenario for det norske matsystemet 2040–60	103
6.1	Drivkrefter, virkninger og avgrensninger.....	103
6.2	Scenario med hyppig avlingssvikt, prissjokk og mengdebegrenset import	106
6.2.1	Scenario: Tiårsperiode med høy forekomst av avlingssvikt	106
6.2.2	Hendelse 1 – internasjonalt prissjokk	108
6.2.3	Hendelse 2 – mengdebegrenset tilgang på matråvarer.....	114
6.2.4	Hendelse 3 – nasjonal tørke som i 2018	117
6.2.5	Sammenfall av hendelser og komplekse scenarier	117
7	Matsystemets sårbarhet for klimaendring.....	119
7.1	Tapspotensial, forebygging og gjenoppretting.....	119
7.2	Analysemodell for sårbarhet i matsystemet	120

7.3	Politikk og forhandling, veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60	121
7.3.1	Forhandlinger: Fire punkter	122
7.3.2	Politikk og forvaltning: Ti punkter	122
7.4	Markedets tilpasninger og matsystemets sårbarhet.....	125
7.4.1	Verdikjeden som helhet	125
7.4.2	Institusjonell kapasitet	127
7.4.3	Matsikkerhet	127
7.4.4	Helse.....	128
7.4.5	Verdiskaping og sysselsetting.....	129
7.4.6	Forbrukertillit	133
7.4.7	Regionaløkonomi	133
7.4.8	Primærnæringsens miljømessige bærekraft.....	134
7.4.9	Sosial bærekraft	134
7.5	Sammenfallende hendelser	134
7.5.1	Nasjonal tørkesommer som i 2018 og internasjonalt prissjokk på matråvarer	135
7.5.2	Sammenfall av klimarelaterte hendelser og hendelser med høy risiko for midlertidig funksjonssvikt.....	137
7.6	Kvantifisering av tverrsektorielle virkninger ved internasjonalt prissjokk for matvarer (hendelse 1) ..	140
7.6.1	Referansebanen	141
7.6.2	Virkninger av prissjokket på verdensmarkedet.....	142
7.7	Matsystemets samlede sårbarhet	145
8	Metode for analyse av klimarisiko i produksjonssystemer og verdikjeder.....	147
8.1	Risikohåndteringen i EU og G20	147
8.1.1	EUs generelle retningslinjer for analyser av samfunnsrisiko; sammenligning med metoden i vår analyse	147
8.1.2	EUs arbeid med klimarisiko, matforsyning og matsikkerhet.....	148
8.1.3	Agricultural Market Information System – Plattform for økt åpenhet om matmarkedet og matsikkerheten	149
8.2	Forslag på metode for studier av klimarisiko og matsystem	150
8.2.1	Bred omverden- og systemanalyse	150
8.2.2	Sårbarhetsanalyse basert på konkrete scenarier og hendelser	151
8.2.3	Verktøy for analysen	152
8.2.4	Punktvis gjennomgang av metoden.....	153
8.3	Oppfølging og bruk i andre sektorer.....	154
	Referanser	156
	Vedlegg 1: Det norske matsystemet – verdikjede- og næringsbeskrivelse	164

Sammendrag

Klimaendringene ventes å føre til høyere temperaturer, endringer i nedbørsmengder og -fordeling, stigende havnivå og hyppigere ekstremværhendelser. Globale matsystemer vil bli utsatt for klimarelaterte påkjenninger i form av reduserte og mindre stabile avlinger, svakere og mer usikker produktivitetsutvikling og økt forekomst av planteskadegjørere og husdyrsykdommer. Dermed truer klimaendringene en sentral samfunnsfunksjon også for Norge. Effektene er usikre, og når de vil inntreffe er også usikkert. Vi vurderer at store svingninger i global matvareproduksjon kan utfordre matsikkerheten for deler av den norske befolkningen, og i ekstreme tilfeller kreve rasjonering av knappe matressurser. Sviktende matsikkerhet dreier seg ikke bare om mangel på mat, men omfatter også svikt i matens kvalitet som kan ha negative konsekvenser for ernæring, helse og velvære. Risikoen, både muligheter for tap og ekstra gevinster på primærleddene, vil øke. Til tross for at vi har et matsystem med stor tilpasningsevne til fluktuasjoner i internasjonale forhold og nasjonale avlinger, må vi forvente at forbrukernes tillit til matsystem og matpolitikk blir satt på alvorlige prøver. Dette begrunner aktiv, forebyggende klimatilpasning og andre tiltak for å styrke matsystemenes motstandskraft.

Formålet med denne utredningen er å presentere kunnskap om hvordan klimaendringer og klimarelaterte hendelser virker sammen på matsystemet og verdikjedene, på tvers av både grenser og sektorer. Utredningen omfatter derfor beskrivelser av klimaendringer, hvordan disse kan påvirke primærproduksjon på land og i hav, og hvordan verdikjedene og systemene responderer på endringer utløst av klimaendringer. Med dette som utgangspunkt viser rapporten hvordan Norge kan styrke metodegrunnlaget for å vurdere klimarelatert risiko i matsystemet som helhet, og med overførbarhet til andre verdikjeder. Utredningen viser hvordan klimarisiko i matsystemet kan analyseres og tallfestes, ved hjelp av sårbarhetsanalyser og scenariobasert bruk av kvantitative økonomiske modeller. Scenariobasert klimarisikoanalyse foreslås som metode til å analysere klimarisiko i matsystemet. Gitt at man tar hensyn til viktige forskjeller mellom biobaserte næringer og de fleste andre sektorer i økonomien, vil vi forvente at metoden vi har benyttet og beskrevet i denne rapporten, med videreutvikling og tilpasninger, kan anvendes i andre sektorer og verdikjeder.

Klimaendringer øker samfunnsrisikoen og gjør det nødvendig å forstå klimaendringens konsekvenser for enkeltsektorer og samfunnet som helhet. Forståelsen skal gi grunnlag for å prioritere tilpasninger til en varslet langsiktig endring i klimaet med betydelig usikkerhet om styrke og tidspunkt. FNs klimapanel sier at verdens matvaresikkerhet er truet, og at risikoen vil øke sterkt om temperaturøkningen blir 2,0 istedenfor 1,5 grader. Under FNs toppmøte om matsystemer i september 2021 ble det fremhevet at måten vi produserer og konsumerer mat i verden, må endres slik at matsystemene blir mer bærekraftige og motstandsdyktige.¹ Både utslippsreduksjon og tilpasning til endret klima er nødvendig. Vi må bygge på god praksis og investere i vitenskap og innovasjon for å nå bærekraftsmålene, ifølge FNs generalsekretær. Men det er samtidig en erkjennelse av at det ikke finnes én enkelt løsning som passer for alle.

Et sentralt premiss for analysen i denne rapporten er hva som er forventet påvirkning på matsystemet fra fysiske klimaendringer, og hvordan risikobildet vil kunne se ut i framtiden. Valg av tidsperspektiv er derfor også viktig. Vi ser på klimarisiko nær midten av århundret og velger i tråd med vanlig praksis

¹ Secretary-General's Chair Summary, Statement of Action on United Nations Food Systems Summit. Hentet 19.10.2021 fra <https://reliefweb.int/report/world/secretary-general-s-chair-summary-statement-action-united-nations-food-systems-summit>

i analyser av samfunnsrisiko, å legge til grunn et utfall av klimaendring som kan være både mulig og alvorlig.

Klimaendringene

Mengden klimagasser i atmosfæren øker sterkt. Ifølge FNs klimakonvensjon (UNFCCC) kan planeten være på vei til å varmes opp med 3,2°C innen slutten av århundret relativt til førindustrielt nivå (perioden 1850–1900), hvis det ikke blir gjort snarlige og forsterkede utslippsbegrensende tiltak utover slik klimapolitikken var i 2020. FNs klimapanel (IPCC) bruker i første delrapport av sjette hovedrapport fem illustrerende klimascenarier som illustrerer mulige framtidige utslipps- og utviklingsbaner. Disse representerer ulik utvikling i klimagassutslipp og sosioøkonomiske trender gjennom århundret. Det høyeste klimascenariet (SSP5-8.5) viser at økningen i global gjennomsnittstemperatur mot slutten av århundret kan bli i intervallet 3,3–5,7°C. Fram mot midten av århundret (2041–2060) ligger temperaturøkningen i det høyeste scenariet i intervallet 1,9–3,0°C.

Globale klimaendringer uttrykkes både gjennom gradvise endringer i gjennomsnittstemperatur og årsnedbør, men samtidig øker også frekvens og intensitet av ekstremvær som kraftig nedbør og landlige og marine hetebølger. I deler av verden blir tørke og skogbrannfaren også mer utbredt, mens stormer – og da spesielt deres ekstremer – blir mer intense mange steder. Utslippene forårsaker også stigende havtemperatur, havforsuring, redusert oksygeninnhold i vannmassene, endringer i marine næringsstoffkretsløp og dermed den marine primærproduksjonen. Oppvarmingen av havet viser en særlig sterk økning i de siste to tiårene.

Med fortsatt økte menneskeskapte klimagassutslipp, vil Norge bli varmere og få både økt årsnedbør, men også flere hendelser med intens nedbør, kortere sesong med snø og minkende isbreer. Flommønsteret vil endres til færre og mindre smeltevannsflommer, mens regnflommene blir større og flere. Havnivået vil stige og det kan forekomme nedbørsfattige perioder med alvorlig tørke og skogbrannfare. Vi ser alvorlige konsekvenser av klimaendringene allerede nå, og konsekvensene vil fortsette å øke i omfang fram mot 2040–2060 og med stor sannsynlighet også videre utover i århundret. I denne rapporten legger vi, i tråd med Regjeringens føringer og prinsippet om å inkludere ekstreme utfall i risikoanalyser, et veldig høyt utslippsscenario til grunn for vår sårbarhetsanalyse og utvikling av metode for analyse av klimarisiko i matsystemet.

Klimarisikoen for primærproduksjonen

Klimaendringer påvirker matforsyningen hovedsakelig på to måter; *direkte* gjennom påvirkning som fører til endret, men i hovedsak redusert, avlingsvolum eller kvalitet i jordbruket, og *indirekte* gjennom påvirkning på verdikjeder og leveringssystemer. Den direkte påvirkningen vil imidlertid variere betydelig mellom regioner, inkludert mulighet for økt produksjon på høyere breddegrader.

Effektene på primærproduksjon vil både være knyttet til gradvise endringer som lengre vekstsesong eller effekter av ekstreme forhold i form av svært våte eller tørre forhold som varer hele eller deler av en vekstsesong, og til episoder med ekstremvær av kortere varighet. Endringene vil derfor gi en situasjon som kan beskrives som en «ny normal», som inkluderer økt frekvens av ekstremer både i form av sesongvariasjoner og innen vekstsesonger.

I Norge vil endrede nedbørsmønstre med både våte og tørre sesonger, økt frekvens og intensitet av ekstremvær, økt risiko for skadegjørere og sykdommer i planteproduksjon og husdyrhold, føre til mer krevende produksjonsforhold i jordbruket. Endret nedbør kan påvirke de enkelte produksjoner direkte, men også mulighetene for å utføre våronn og høsting på arealene til rett tid.

Den *direkte effekten* av økt temperatur vil i tempererte og nordlige områder bidra til å forlenge den termiske vekstsesongen, noe som kan gi høyere avlinger. Det er særlig økt frekvens og varighet av tørke og hetebølger som vil bidra til redusert plantevekst både i Norge og andre land. Konsekvensene av tørke på jordbruksproduksjonen er avhengig av i hvilken del av vekstsesongen den oppstår og hvor sterk og varig den er. Globalt vil økende tørke kunne ha store negative konsekvenser for avlinger i

områder som er viktige for global handel med mat- og fôrvarer. Effektene blir større når det også tas hensyn til virkningen av ekstreme hetebølger.

Klimapanelet vurderer at fremtidige bidrag til matforsyningen fra havet kan bli betydelig redusert som følge av klimaendringenes effekt på havøkosystemenes produktivitet. Dette fører til reduserte fangster av ville fiskebestander og kan ha negativ påvirkning på akvakultur. Det vil være store forskjeller mellom klimaendringenes påvirkning på havøkosystemene på sørlige og midlere breddegrader der effekten kan bli sterkt negativ. Effekten på høyere breddegrader kan bli positiv, men det er likevel betydelige usikkerheter. Akvakultur langs norskekysten kan bli negativt påvirket av økt vanntemperatur og andre endringer i kystnære marine økosystemer.

Indirekte effekter nedover i verdikjeden via matindustri, grossist- og detaljistledd fram til forbruker, vil i all hovedsak være avledet av effektene i råvaretilgangen fra jordbruk eller marin og akvatisk matproduksjon. En indirekte effekt av klimarelaterte hendelser er at et system som er utsatt for store endringer i råvaretilgang også blir mer sårbart for andre, ikke klimarelaterte hendelser. Mulig svekkelse av matsystemets generelle robusthet overfor for eksempel energikriser og cyberhendelser, er derfor også en del av det klimarelaterte risikobildet. Indirekte effekter vil også omfatte skade på infrastruktur, lagerbeholdninger og transportsystemer. Dette vil videre svekke tilgangen til matråvarer og ferdig distribuert mat til forbrukerne.

Det norske matsystemet

Det norske matsystemet skal sikre velferd og kosthold også under endrede klimaforhold. I Figur 0.1 er dette forenklet og uttrykt som «tilstrekkelig og trygg mat til overkommelige priser». Tilpasning av politikk, gjennom forhandling og samarbeid mellom næring og myndigheter, samt langs hele verdikjeden fra teknologi til detaljistledd, avgjør evnen til å opprettholde en forsyning av matvarer som ivaretar nasjonal velferd. Vår drøfting av systemets sårbarhet for klimarelaterte hendelser favner derfor alle tre hovedelementer.



Figur 0.1: Elementer i det norske matsystemet med markedets verdikjede, eksempler på politikkområder og vanlige forhandlingsmekanismer, samt utveksling internasjonalt på alle ledd i verdikjeden og i forbrukernes tilpasning. Figuren bygger i noen grad på Rommetvedt (2002).

Endringene i klima tolkes i form av scenarier som illustrerer hvordan endringer og hendelser som kan svekke systemets velferdsbidrag. Svekkelser i matsystemet oppstår som følge av både direkte påvirkning på elementer i systemet og som følge av forventede tilpasninger innenfor matsystemet. Det er for eksempel tilpasningene, eller mangelen på tilpasninger, i matsystemet som avgjør om en flerdobling av prisene på korn gir større eller mindre prisendring for forbrukerne, eller tomme butikkhyller på butikkleddet.

Sårbarhet dreier seg også om hvordan endret klima kan svekke matsystemets evne til å tåle ikke-klimarelaterte påkjenninger. Beskrivelsen av matsystemet her er derfor generell og skal inkludere flest mulig viktige, sårbare elementer i matsystemet.

Hovedscenariet og hendelsene

For å vurdere sårbarhet anvender vi et scenario som innebærer alvorlige, klimarelaterte hendelser. Scenariet er en beskrivelse av et samfunn som utvikler seg innenfor et klimascenario med svært høye utslipp og temperaturøkninger. Det medfører høy sannsynlighet for alvorlige, klimarelaterte hendelser, herunder også gradvis mer krevende produksjonsforhold i jordbruket, mulig svekket akvakulturproduksjon og reduserte fiskefangster. Ifølge IPCC kan temperaturstigningen globalt nå tre grader allerede i perioden 2041–2060, hvis man legger ytterpunktene i sannsynlighetsfordelingen ved en veldig høy utslippsbane til grunn.

Tre grader gir både en ny og mer krevende «normalsituasjon» og økt forekomst av ekstremvær. Det er imidlertid usikkert hvor stor og raske endringene vil bli. Som utgangspunkt for en sårbarhetsanalyse for det norske matsystemet, velger vi som forutsetning at klimaendringene kan gi global avlingssvikt og ekstrem nasjonal tørke hvert tredje år, og betydelig sannsynlighet for at begge deler kan inntreffe i samme sesong. Vi antar videre at global avlingssvikt kan dreie seg om 30 prosent reduksjon i globale avlingsnivåer av helt sentrale matråvarer som korn, oljevekster og sukker. En slik avlingssvikt er større enn samlet prosentandel av verdens hveteproduksjon som handles internasjonalt.

Vi drøfter ikke sannsynligheten for denne utslippsbanen nærmere, eller sannsynligheten for de konkrete hendelsene langs en slik utviklingsbane. Våre antagelser om frekvenser av enkelthendelser er en illustrasjon av hva vi anser som mulig, det vil si at utfallet ikke kan utelukkes). Antagelsene gjenspeiler samtidig et ønske om å vurdere matsystemets resiliens ut fra en klimasituasjon som gir svært store påkjenninger på systemet.

Gitt scenariobeskrivelsen vil markedene for matvarer nasjonalt og internasjonalt fluktuere. Hvor store fluktuasjonene kan bli, er også usikkert. Ut fra det vi kjenner til av variasjoner i markedene internasjonalt på 2000-tallet, mener vi at det er grunn til å ta hensyn til to mulige konsekvenser av global avlingssvikt; (1) en femdobling i priser for matråvarer, først og fremst planteprodukter, internasjonalt, og (2) en reduksjon i tilgjengelig, importert mengde av matråvarer, primært planteprodukter, på 40 prosent. Den tredje hendelsen vi ser på er en nasjonal tørkesommer som vi forutsetter lik sesongen 2018, hvor mer enn 40 prosent av norske kornavlinger gikk tapt og knappheten på grasavlinger førte til reduksjon i husdyrbesetninger.

Vi forsøker primært å vurdere resiliens i dagens system. Utgangspunktet for scenarioanalysen er en situasjon og et matsystem som opplever små endringer fra i dag fram til omkring midten av århundret. Dette er en forenkling. En mer fullstendig analyse ville også tatt hensyn til flere alternative klimascenarioer for det norske og det globale matsystemet de neste tjue år. Gradvis utvikling langs et veldig høyt klimascenario vil mest sannsynlig i seg selv føre til endringer i det matsystemet som i fremtiden bør tåle både prissjokk, kvantumsbegrenset import og tørkesommer nasjonalt. Det kan også være slike tilpasninger som vil avgjøre matsystemets motstandskraft mot påkjenninger fra endret klima. Når vi begrenser oss til å vurdere resiliens i matsystemet slik det i store trekk er i dag, overlater vi spørsmålet om hvilke tilpasninger som kan og bør skje i matsystemet over tid fram mot 2040, til videre oppfølging av dette og liknende arbeider.

Sårbarheten

På bakgrunn av Klimapanelets klimaframskrivninger kan det norske matsystemet i et ekstremt fall stå overfor en klimaendring som tilsvarer +3°C i 2041–60, noe vi antar kan medføre at matsystemet står overfor global avlingssvikt eller norsk tørkesommer så ofte som hvert tredje år. Det kan også bli sammenfall av global avlingssvikt og norsk tørkesommer. Vi legger til grunn at sannsynligheten for andre hendelser som kan skade matsystemet, eksempelvis energikriser og cyberhendelser, er minst like stor som i dag.

Matsystemets resiliens avhenger av samspill mellom politikk, forhandlinger og tilpasning i leveringskjedene inklusive forbrukerreaksjoner. De nasjonale konsekvensene er videre avhengig av spillet mellom vårt matsystem og andre nasjonale og globale systemer. Analyse av sårbarhet omfatter dermed tre steg: (1) konkretisering av mulige hendelser og sammenfall av hendelser, (2) vurdere systemeffekter, og (3) vurdere samspill mellom delsystemer i samfunnet.

Bidraget til nasjonal velferd, og sårbarheten ved alvorlige forstyrrelser i matsystemet, er vurdert ut fra et sett egenskaper ved matsystemet som kan ha stor betydning for forbrukervelferd og verdiskaping. Egenskaper hvor vi finner at sårbarheten er særlig stor gjelder institusjonell kapasitet, matsikkerhet og helse for deler av befolkningen og forbrukertillit. Våre funn oppsummeres her i tolv punkter.

- *Institusjonell kapasitet:* Hendelsene virker direkte inn på priser og markedsstabilitet, det vil si områder hvor politikk og årlige jordbruksoppgjør normalt skal sikre en viss forutsigbarhet for bønder, industri og forbrukere. Fluktuationene i matmarkedene kan medføre at løpende markedsbalansering for å sikre prisene til bøndene og stabile priser til forbrukerne, mister sin betydning. Både mattrygghet, dyrehelse og plantehelse kan være truet, og Mattilsynet vil stå overfor store utfordringer i et tiår med sterk global oppvarming. Rådet for matvareberedskap får trolig en større betydning, mens Konkurransetilsynet blir utfordret når det gjelder overvåking av pris- og marginutvikling, samt nye former for samarbeid mellom næringsaktører. Svingningene i foredlingsleddet kan kreve raske endringer i tilgangen på arbeidskraft, og dermed sette systemet for korttidsbeskjeftigelse og innleie av internasjonal arbeidskraft på prøve.
- *Matvaresikkerhet* blir i de fleste tilfeller og for gjennomsnittet av befolkningen i Norge ivaretatt. Så lenge vi har fungerende internasjonale handelssystemer og nasjonal prisfleksibilitet, har vi et matsystem med stor robusthet for en hoveddel av befolkningen. Tre forhold viser likevel alvorlig sårbarhet og mulighet for svikt: (1) helse og ernæring for sårbare forbrukergrupper med krevende økonomisk situasjon og utfordringer med å tilpasse matforbruket til store prisendringer og endret varesortiment, (2) en situasjon hvor både nasjonal tørkesommer og mengdebegrenset import opptrer samtidig, og (3) situasjoner hvor prisendringer langs verdikjeden ikke er tilstrekkelig til å omdisponere mat- og fôrressurser for eksempel fra anvendelse for husdyrproduksjon til menneskemat direkte.
- *Helse* trues av utilstrekkelig tilsynskapasitet og utilstrekkelig betalingsevne for sunn mat. Folkets helse avhenger av tilstrekkelig, trygt og sunt kosthold. Helseeffektene er avhengig av at Mattilsynet kan håndtere store skift i matforsyningen og at betalingsevnen for sunn mat er tilstrekkelig hos dem som har de trangeste matbudsjettene. Begge deler vil være truet.
- *Tap og gevinst på primærleddet:* Husdyrproduksjon, inklusiv akvakultur, er avhengig av planter, og all husdyrproduksjon vil være sårbar for avlingssvikt hvor knappe kornressurser omdisponeres fra husdyrhold og akvakultur til menneskemat. Effektene av avlingssvikt kan bli negative for husdyrproduksjonen, men likevel positive for norsk sjømat på grunn av ulike effekter på marginen mellom fôrpriser og ferdigvarepriser. Norske tørkesommer rammer særlig nasjonal kornproduksjon og andre planteproduksjoner, samt grovfôrbasert husdyrhold. Norsk planteproduksjon og nye typer bioproduksjoner kan tidvis få sterk stimulans så lenge avlingssvikten er internasjonal og ikke nasjonal. Hvor stor fordel høye matpriser kan medføre for sjømat- og planteproduksjon, er avhengig av fleksibiliteten i biomasseproduksjonen i sjø og på land, og dermed også av både

produksjonssystemer og regulering, i tillegg til varslingstider og til hvilken årstid endringen inntreffer.

- Konsekvensene for *matindustrien* følger dels av skiftende forhold i råvaretilgangen, både import og norsk produksjon, og av fleksibiliteten i sysselsetting og råvareforbruk. Særlig i kjøttindustrien kan beskjeftigelsen fluktuere. Industriens evne til å omstille seg til endret tilgang til råvarer blir viktig og krever kompetanse som vi i dag har vanskelig for å sikre.
- Utviklingen i matsektoren over de neste tjue årene kan gi økt omfang av *sirkulær bioøkonomi og alternativ fôrproduksjon*, det vil si at næringssalter og organisk materiale i matavfall, slam og restråstoff fra matproduksjon utnyttes til plantevekst, produksjon av mikroorganismer, sopp, gjær og insekter. Slike produksjoner kan skje under tak og uten bruk av dyrka mark og er dermed lite utsatt for ekstremvær, men i mange tilfeller mer avhengig av stabil energiforsyning enn vanlig norsk frilands planteproduksjon i dag. Det satses i dag på å utvikle disse teknologiene med særlig vekt på fôrmaterialer til akvakultur og husdyr. Lykkes prosjektene, kan Norge i en utvikling langs en høy utslippsbane for klimaendring ha en betydelig økt produksjon av proteiner, fett og karbohydrater som er lite utsatt for klimarelaterte hendelser, gitt at produksjonene foregår i et miljø som er beskyttet for virkninger av ekstremvær og heller ikke rammes av høye energipriser eller priser på for eksempel næringssalter, energi og andre innsatsfaktorer.
- *Dagligvarehandelen* skal tilpasse vareutvalg og priser ut fra hva leveringskjeden kan levere og forbrukernes preferanser. Rent foretaksøkonomisk er det ingen ulempe for dagligvarehandelen om prisene på matvarer tidvis «går i været», men dersom prisendringene ikke synkroniseres, det vil si at brå økninger i råvarepriser til primærleddet og industrien ikke gir tilstrekkelige prisendringer, såkalt prisovervelting, nedover i verdikjeden, kan produksjonen på primær- og industrileddet bli stekt redusert eller opphøre. Kraftige prishopp kan dermed gi vareknapphet og tomme butikkhyller som følge av rigide priser lenger ned i verdikjeden. En forsterket effekt kan følge av sviktende forbrukertillit til systemet. Utilstrekkelig samordning mellom handel og industri kombinert med frykt hos forbrukerne for tomme hyller og hamstring, kan skape unødvendige forsyningskriser.
- *Storkjøkkensektoren* dreier seg i betydelig grad om kosthold for sårbare brukere av institusjoner i omsorgssektoren. Anskaffelsen av matvarer til slike institusjoner er avhengig av tilstrekkelige budsjetter og ofte av rammeavtaler med varighet for flere år. Kraftige prisendringer kan hindre effektiv forsyning i slike systemer.
- *Forbrukertillit* spiller en stor rolle i matsystemet. Vi er vant med et nasjonalt matsystem av politikk, marked og forhandling som har gitt relativt stabile priser og få utfordringer når det gjelder mattrygghet. Tillit til systemet gjør det mulig å forutse etterspørselen og drive effektiv logistikk. I nasjonale risikoanalyser regnes det med at sterke forstyrrelser i matsektoren har store konsekvenser for folks hverdag. Sviktende forbrukertillit kan, i tillegg til å føre til risiko for tomme butikkhyller, gi effekter for styringsevnen på politisk plan og tilliten til og mellom leverandører og distributører.
- *Primærnæringenes regionaløkonomiske bærekraft* avhenger først og fremst av hvordan klimaendringenes effekter varierer mellom regioner. Dette er temaer som kan fortjene grundigere vurderinger, men det må forventes ulike utslag for kystnæringer, korn- og grønnsaksområder og typiske grovfôrdistrikter med grovfôrbasert husdyrhold.
- *Primærnæringenes miljømessige bærekraft* er avhengig av regelverksforståelse, tilsynsmyndigheter, økonomiske rammebetingelser, teknologi og kunnskap som gjør det mulig å erstatte en del intensive produksjonsformer med mer bærekraftig produksjon. Klimarelaterte hendelser kan utløse økt knapphet på matvarer, prisøkninger og dermed styrket motivasjon til å øke intensiteten i produksjonen på tilgjengelige arealer, inkludert å ta i bruk arealer ute av drift og utnytte husdyrene og beitene mer intensivt. Det kan gi risiko for skade på miljøet, dyrevelferden,

mer utslipp av næringsstoffer til vassdrag, større trusler mot biologisk mangfold og økt press i kystområder med betydelig akvakulturproduksjon.

- *Matsystemets sosiale bærekraft* blir utfordret og sosiale skiller forsterkes i situasjoner med økt knapphet og sterkt økte priser på matvarer. Under hendelser med sterke prisøkninger vil en betydelig del av befolkningen kunne oppleve problemer med å finansiere et matvareforbruk som opprettholder tilstrekkelig og sunn ernæring på en måte som er i tråd med god forbrukervelferd. På dette området kan robustheten i matsystemet i noen grad styrkes dersom det for eksempel er innført matserving i skolene.

På grunnlag av et veldig høyt klimascenario som gir store endringer i klima og hyppige klimarelaterte hendelser mellom 2041–2060, er konklusjonen at det kan oppstå stort press på visse institusjoner i samfunnet, utfordringer for matsikkerhet og helse for en vesentlig del av befolkningen, og økt risiko for funksjonssvikt i distribusjonssystemet for matvarer. Utfallet kan være avhengig av når og i hvilken utstrekning husholdningsbudsjettene hos den utsatte delen av befolkningen styrkes, eller av systemer for fordeling av subsidierte, rasjonerte matvarer på siden av det ordinære markedet. Antagelig er samtidig norsk tørkesommer og global avlingssvikt et sammenfall av hendelser som bør granskes grundigere enn det vi har hatt rom for her.

Det er også sektorer som kan tjene på en slik utvikling, for eksempel ny sirkulær bioproduksjon, fiskeri og i visse tilfeller også akvakultursektoren. Norsk planteproduksjonen kan få gevinst av kraftig prisoppgang og andre former for knapphet på importvarer, men er utsatt for svingninger i norske vekstsesonger. Norsk husdyrproduksjonen vil bli rammet ved knapphet på fôrråvarer, enten det dreier seg om norsk grovfôr eller importert kraftfôr. Reindrifta utnytter store deler av de norske utmarksressursene og vil stå overfor spesielle utfordringer med tilgjengelighet av vinterbeite. Reindrift drives i nord og i fjellområder hvor klimaendringene vil få slå relativt sterkere ut enn gjennomsnitt for landet. Reindrifta er derfor en del av matsystemet der klimarisiko bør ha spesielt stor oppmerksomhet.

Modellanalyse som tallfester virkningene av en hendelse

For hendelsen *internasjonalt prissjokk* har vi beregnet økonomiske virkninger på lang sikt ved hjelp av en flerregional modell for norsk økonomi, NOREG2. Den modellbaserte analysen av hendelse med femdobling av prisene på importerte matråvarer gir resultater som reiser viktige spørsmål. Her har vi anvendt en modell som forutsetter langsiktig, fleksibel ressursbruk og full omstilling til endrede priser. Dermed har vi tøyd bruken av en modell som primært egner seg for begrensede endringer i eksterne betingelser, som for eksempel verdensmarkedsprisene på mat. Resultatene indikerer da også at tilpasningsevnen kan være stor, fordi en vesentlig del av prisendringen dempes ved betydelig endring både i nasjonal matproduksjon, import, eksport av sjømatprodukter, og ikke minst i sluttforbruk. Vi er ganske sikre på at de konkrete modellresultatene overdriver fleksibiliteten og toleransen for kraftige prissjokk i et ettårig perspektiv. Vi er imidlertid like sikre på at det nettopp er her det er viktig med ytterligere innsikt i matsystemets tilpasningsmuligheter i et endret klima med høy frekvens av ekstreme avlingsvariasjoner og avlingssvikt nasjonalt og globalt.

Konklusjonene bør brukes med varsomhet. Feil bruk av scenariometoden hvor ett scenario med et begrenset antall hendelser sammenlignes med dagens situasjon, skaper i seg selv risiko og usikkerhet. For enkel analyse, ubegrunnet innsnevring av mulighetsområdet og svake resonnementer om sammenhenger i matsystemet, kan gi feilvurderinger og økt risiko. I neste avsnitt oppsummerer vi vår erfaring med en scenariobasert analyse av klimarisiko for det norske matsystemet.

Metoden for å analysere klimarisiko i norsk matsystem eller andre verdikjeder

En analyse hvor vi bruker ett scenario med noen få, konkrete hendelser til å stresse dagens matsystem, skaper i seg selv risiko. Er analysen for enkel, eller hvis scenariene fører til blindhet for alternative utviklingsbaner og hendelser, kan resultatet lede til feilvurderinger som kan øke risikoen.

Utredningen presenterer en bred analyse av klimarisiko for den norske matsektoren og dekker klimaendringer, matsystem, hendelser og sårbarhet. I tillegg har vi forsøkt å tydeliggjøre stegene i analysen, med en omverdensanalyse med fokus på klimaframskrivninger med generelle virkninger for matproduksjon globalt og regionalt, en bred gjennomgang av matsystemet, og utvikling av en scenariosituasjon over et betydelig tidsrom med forekomst av enkelthendelser som kan true matsystemet. Til sist har vi gjort en kobling av scenario og systemforståelse som avdekker sårbarhet og motstandskraft i matsystemet (sårbarhetsanalyse).

I arbeidet med utredningen har vi benyttet en metode som kan oppsummeres i sju punkter, med svakheter og styrker:

1. *Et klart definert risikobegrep* som inkluderer omstilling til en varig, ny normaltilstand som innebærer økt forekomst av enkeltstående hendelser som vi i dag vil betrakte som mulige samfunnskriser. Alvorlig klimaendring betyr en varig tilstand preget av volatil matproduksjon. Omstillingen er i seg selv en risikofaktor som kan føre til at selve systemet endrer karakter og til såkalt overgangsrisiko. Vi har drøftet det siste, og lagt hovedvekten på konkrete hendelser. Analyser av andre sektorer, som kan være mindre direkte berørt av klimaendringen, kan kreve en annen vektlegging.
2. *Bred omverdensanalyse*: All risikoanalyse risikerer å innsnevre horisonten. I EUs arbeid med samfunnsrisiko brukes en «All-hazard» tilnærming som vi anvender i vår analyse av matsystemet. FNs klimapanel gir et bredt spekter av utfallsmuligheter på 20–30 års sikt, og omsetting av disse perspektivene til nasjonale forutsetninger for matproduksjon og -system utvider mulighetsrommet ytterligere. Også de ekstreme utfallene skal inkluderes. I tillegg må analyse av klimarisiko i matsystemet inkludere andre klimarelaterte endringer og øvrig samfunnsendring, for å beskrive den nye normalen. Dette er temaer som fortjener videre utforskning.
3. *Bred systemanalyse* som er konkret og dekker et vidt spekter av risikofaktorer. I en ny normalsituasjon vil sannsynligheten for andre, ikke klimarelaterte hendelser som for eksempel svikt i energitilgang eller tilgang på internasjonal arbeidskraft, være like stor eller muligens større, enn i dagens normalsituasjon.
4. *Konkrete scenarier* for matsystemet under endret klima, med klare tidsperspektiv og konkrete enkelthendelser. Scenarier og hendelser må være konkrete slik at bestemte aktører, virksomheter og prosesser kan identifiseres, og samtidig så åpne at de ikke blinder for andre utfall av klimaendring. Scenariene bør dermed også forankres blant aktører i systemet, som aktører i verdikjeden og innen forvaltningen.
5. *Ta hensyn til kompleks risiko og sammenfall av hendelser*. Sannsynligheten for enkeltstående, ikke klimarelaterte hendelser dempes ikke av klimaendring. Systemanalysen skal gi grunnlag for å drøfte hele matsystemets sårbarhet for sammenfall av hendelser, både klimarelaterte og andre i stor bredde. Spørsmålet er om matsystemet vil være like motstandskraftig mot cyberhendelser, begrenset migrasjon av arbeidskraft eller sammenbrudd i digitale betalingstjenester ved et volatilt klima som er flere grader varmere enn i dag.
6. *Skille mellom skadepotensial, forventet respons i systemet og evne til å tilbake stille systemet til en normal situasjon*: Aktørene i systemet har alltid motiver for å dempe tap og utnytte muligheter. Det gjelder også under endret klima og volatile forhold i globale matvaremarkeder. Sårbarhetsanalyse må forsøke å forstå den autonome tilpasningen og naturlig respons enten det dreier seg om å maksimere fortjenesten i en situasjon med stor knapphet på matvarer, eller å legge til rette for stabile varestrømmer og best mulig veiledning for forbrukerne. Også evnen til å omstille virksomheter tilbake etter ekstreme prisutslag eller mangelfulle matforsyninger, hører med som del av forventet tilpasning slik systemet er i dag. Det er mangler i tilpasningsevnen som skal identifiseres for oppfølging i etterkant av sårbarhetsvurderingen. I vår analyse har vi inkludert

normale tilpasninger, men det kan være grunn til både å se mer kritisk på antatt tilpasningsevne, og ha et tydeligere skille mellom anbefalt og forventet, normal tilpasning.

7. *Kvantifisere gjennom modellberegninger*: Kvantifisering, gjerne ved hjelp av formelle modellanalyser, fremtvinger tydelige og etterprøvbare antagelser om sammenhenger i systemet og gir større mulighet for å oppdage svikt i resonnementer. Analysen av et matproduksjonssystem favner komplekse leveringskjeder, og et mangfold av aktører innebærer antagelser om prisovervelting gjennom leveringskjeden, styring av varestrømmer, prisfølsomhet i tilbud og etterspørsel, tilpasninger i tollvernet, substitusjon i produksjon og forbruk, samt betalingsevne i ulike markedssegmenter og blant ulike forbrukergrupper. Modellanvendelse gir mulighet til å analysere tilpasninger under varierende forutsetninger systematisk, og til å peke på betydningen av modellens forutsetninger og begrensninger. Derfor utfyller modellanalysen de kvalitative resonnementene på mindre presise forutsetninger.

Disse sju punktene har ligget til grunn for analysen av klimarisiko og matsystemet. De har gitt et første skritt på veien mot en realistisk oppfatning av en risiko som allerede er en del av samfunnets og matnæringenes relevante planhorisont. For videreutviklingen av risikoforståelsen og grunnlaget for å bygge mer robust norsk forsyning og verdiskaping i matsektoren, vil styrking av alle elementene i prosessen være viktig, og ikke minst, kommunikasjonen med forvaltning og næring som del av selve risikoanalysen.

Matsystemet er komplekst og krysser mange forvaltningsgrenser. Sentrale direktorater med ansvar for deler av matsystemet er Landbruksdirektoratet, Fiskeridirektoratet, Helsedirektoratet og Mattilsynet. I forbindelse med pandemien fikk også Utlendingsdirektoratet en viktig rolle for å avklare innreiseregler for utenlandsk arbeidskraft i jordbruket. I et klimaperspektiv vil Norges vassdrags- og energidirektoratet og Miljødirektoratet inneha viktige roller, og i et beredskapsperspektiv er Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap en sentral aktør. Et viktig formål med klimarisikoanalyser vil derfor være å analysere og styrke muligheter for tydelig ansvars plassering og god koordinering på tvers av forvaltningsenheter i håndteringen av klimarisiko i matsystemet og samfunnet ellers.

1 Innledning

Innledningen består av en redegjørelse for utredningens bakgrunn, problemstillinger og innholdet i rapporten.

1.1 Bakgrunn

Klimaendringer er i stor grad irreversible, grenseoverskridende, har lang tidshorison og får stor betydning for produksjon i jordbruk, reindrift, akvakultur og fiskeri. Matsystemet har kritisk betydning for befolkningens velferd. Når formålet er å vurdere risiko i verdikjeder, er matsystemet derfor godt egnet blant annet fordi primærproduksjonen i dette systemet er direkte påvirket av klimaendringene. For å vurdere effektene på matsystemet er det derfor nødvendig både å beskrive klimaendringene, analysere hvordan disse påvirker primærproduksjon og hvilke konsekvenser dette skaper i verdikjedene for mat. Analysene av hvordan klimarisiko påvirker matsystemer, gir dermed godt grunnlag for å utvikle også mer generell metodikk for analyser av klimarisiko i verdikjeder.

Klimarisiko er et begrep som favner både grunnleggende usikkerhet og mer kalkulerbar risiko. Konsekvensen av mulige eller sannsynlige hendelser avhenger av systemenes sårbarhet. For å kunne forberede samfunn og samfunnssystemer på slike hendelser, må vi ha en metode som kan analysere alt fra mulige hendelser, såkalte «hazards», via eksponering til sårbarhet. Problemstillingen om klimarisiko og matsystemer er i denne utredningen grunnlaget for å drøfte og dokumentere en slik metodikk.

Det er vanlig å beskrive mulige uønskede hendelser ved hjelp av scenarioer eller beskrivelser av case/hendelser. Robuste matsystemer (eller systemer med høy resiliens) har stor evne til å mestre risiko og gjenopprette normaltilstand etter slike påkjenninger. Et systems robusthet (resiliens) beskriver dets evne til å tåle en påkjenning eller et sjokk og likevel opprettholde eller raskt gjenopprette strukturer og funksjoner. Ofte er påkjenningene et resultat av forhold som ligger utenfor aktørenes påvirkning, men aktøren kan redusere sin egen sårbarhet ved tilpasning.

Manglende kunnskapsgrunnlag og svakheter ved beslutningsprosesser kan skape økt klimarisiko. Oppmerksomheten kan bli for sterkt rettet mot noen utvalgte risikofaktorer, eller mot forventet utvikling, mens spredning i utfall og mindre åpenbare risikofaktorer blir oversett i samfunnets risikohåndtering. Klimarisiko er krevende å håndtere fordi det er mye vi ikke vet og det er krevende å avveie kort- og langsiktige behov for tilpasninger. Politiske og administrative beslutningsprosesser kan på sin side bygge på relativt kortsiktige perspektiver. Det er krevende å legge risikoperspektiv til grunn for å løse utfordringer på tvers av sektorer og fagområder. Manglende samsvar mellom hvem som tar beslutninger og hvem som bærer konsekvensene, kan føre til at det legges for lite vekt på risikohåndtering for samfunnet som helhet. I arbeidet med metoder for analyse av klimarisiko kan vi derfor ikke bare være opptatt av hendelser og scenarier, men også vår evne til å sikre at samfunnet får en best mulig overgang fra dagens situasjon til en fremtidig normalsituasjon med et annet og mer krevende klima.

Sårbarheten i matsystemet for både overgangsrisiko og uventede hendelser og gradvise endringer, avhenger av en rekke egenskaper ved matsystemet og av samspillet mellom matsystem og andre systemer nasjonalt og internasjonalt. I Norge er matsystemet formet av et samspill mellom politikk, marked og forhandling innenfor rammen av et sett internasjonale forpliktelser. I sårbarhetsanalysen i kapittel 7 vurderer vi bl.a. påvirkning på institusjonell kapasitet, helse, matsikkerhet, verdiskaping og forbrukertillit. Matsikkerhet har en sentral plass. Den norske landbruks- og matpolitikken legger til grunn at de tre viktigste forutsetningene for nasjonal matsikkerhet er kontinuerlig produksjon av mat, ivaretagelse av produksjonsgrunnlaget og velfungerende handelssystemer (Meld. St. 9 (2011–2012), Meld. St. 11 (2016–2017)). Denne analysen av klimarisiko i matsystemer vil derfor legge vekt på

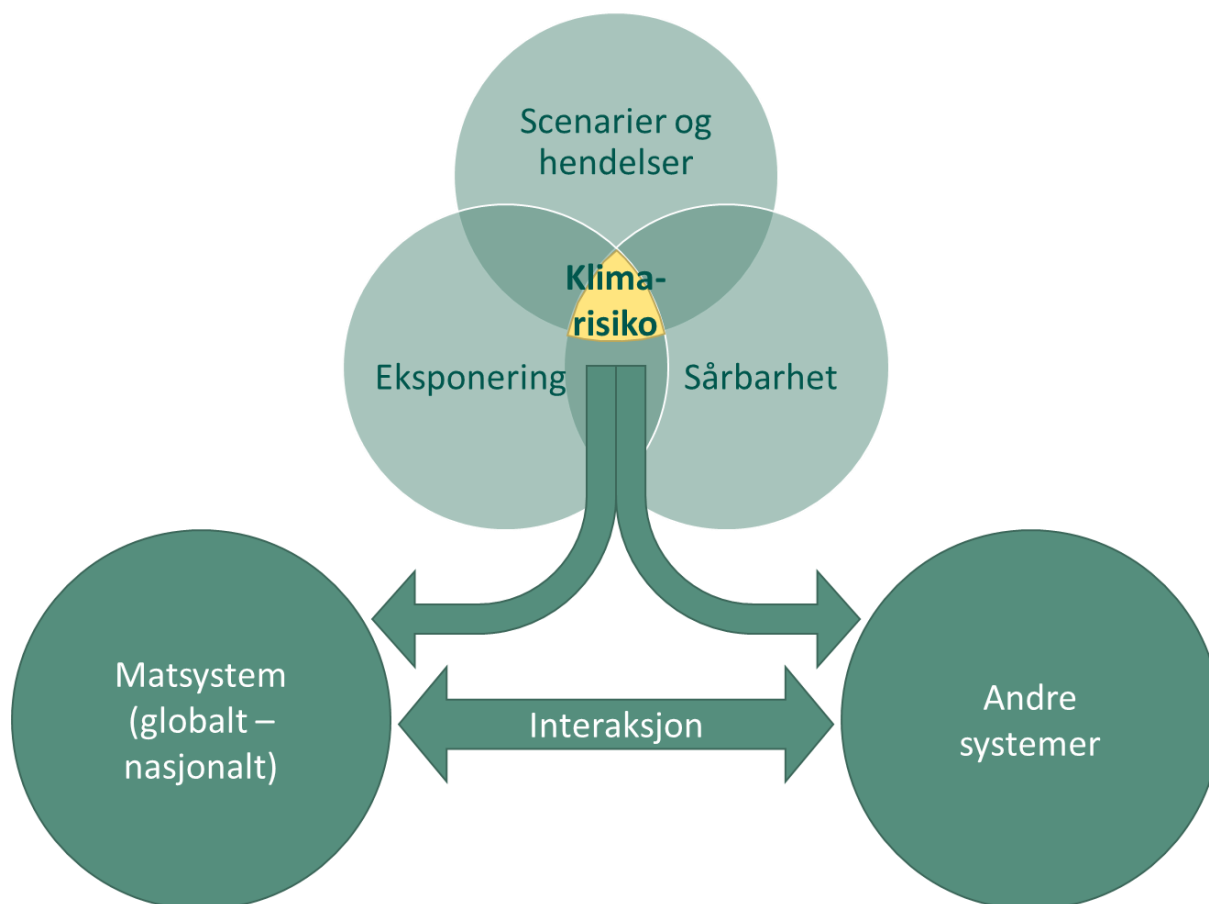
hvordan klimarelaterte hendelser og nødvendige omstillinger til endret klima påvirker disse hovedpilarene for norsk matsikkerhet.

1.2 Formål og problemstillinger

Bakgrunnen for denne rapporten er oppdrag gitt av Miljødirektoratet begrunnet i at det trengs mer kunnskap om Norges sårbarhet for konsekvenser av klimaendringer. Bakgrunnen for utlysningen kan, med utgangspunkt i prosjektbeskrivelsen i utlysningen, oppsummeres i fem punkter:

- Klimaendringene påvirker Norge på flere måter, innenfor en rekke sektorer og samfunnsområder, og gir både utfordringer og i noen tilfeller muligheter for Norge. Norge påvirkes både av endret klima i Norge og av klimaendringenes effekter i andre land.
- Norge skal være forberedt og tilpasset klimaendringer og klimarisiko (jf. St. meld. 33 (2012-2013) Klimatilpasning i Norge), og i dette arbeidet er kunnskapsgrunnlaget sentralt. Det er gjennomført flere utredninger om klimatilpasning i Norge og internasjonalt de siste årene.
- Det er behov for bedre innsikt i risikobildet knyttet til klimaendringene. Det trengs mer kunnskap om risiko og sårbarhet på tvers av geografiske, tematiske, tidsmessige og aktørspesifikke skillelinjer, og om sammenhenger, samspill, kaskadeeffekter og spillover-effekter mellom ulike risikofaktorer.
- I Miljødirektoratets beskrivelse av oppdraget er det lagt til grunn at det skal gjøres en utredning av konsekvenser av klimaendringer med utgangspunkt i matsystemet. Matsystemet er komplekst og godt egnet som case for analyser av klimarisiko i verdikjeder. Kunnskap om hvordan klimarisiko påvirker matsystemet og systemets verdikjeder er viktig i seg selv. Landbruk, havbruk og fiskeri er klimasensitive næringer som påvirkes både direkte og indirekte av klimaendringer, og en rekke andre sektorer, samfunnsområder og aktører berøres av klimaendringenes påvirkning på matsystemet. Internasjonalt har klimaendringenes påvirkning gjennom matsystemet blitt satt på agendaen i nyere forskning og utredninger. Risiko og sårbarhet forbundet med globale verdikjeder og spillovereffekter får økende oppmerksomhet, og har fått forsterket oppmerksomhet gjennom covid-19-pandemien, sterkt økende energi- og gjødselpriser samt effektene på verdens mat- og forvaremarkeder av krigen i Ukraina.
- I tillegg vil en studie av klimarisiko i matsystemet være godt egnet til metodeutvikling. Kunnskap om klimarelatert risiko i matsystemet har overføringsverdi til andre tema og sektorer, ikke minst på grunn av matsystemets store kompleksitet og mangfoldige dimensjoner. Vi bruker matsystemet som case til å utvikle og teste en metode som senere også kan brukes på andre sektorer.

Rapportens tilnærming til problemstillingene og løsningsforslaget tar utgangspunkt i Figur 1.1. Figuren illustrerer helheten i risikoenalysen. Våre vektlegginger og avgrensninger blir drøftet i kapittel 2.



Figur 1.1 Konseptuell modell av samlede problemstillinger i analyse av klimarisiko i det nasjonale matsystemet

Klimarisiko og klimatilpasningskapasitet handler om systemers evne til å tilpasse seg klimaendringer, inkludert naturlige klimavariasjoner og ekstremer, for å avgrense mulige skader, utnytte fordeler og muligheter som oppstår, eller håndtere konsekvenser. Dette er vårt utgangspunkt for å analysere klimarisiko. Klimarisiko avhenger av samspillet mellom tre faktorer (IPCC, 2014):

- Mulige scenarier og hendelser refererer til mulig, fremtidig forekomst av naturlige eller menneskeskapt fysiske vær- og klimahendelser, som for eksempel sviktende avlingsforhold, flom eller tørke, som kan ha ugunstige effekter på sårbare og utsatte elementer. I risikoanalyser betegnes dette gjerne som «farer» («harzards»), mens hendelser og scenarier her også beskriver skift mellom ulike normaltillstander som f.eks. overgang til et klima med høyere forventet temperatur og økt variasjon i væreforhold.
- Utsatthet eller eksponering (exposure), som handler om mennesker, lokalsamfunn, arter og økosystemer, økosystemtjenester og ressurser, infrastruktur eller økonomiske, sosiale eller kulturelle eiendeler som kan bli negativt påvirket av en fare.
- Sårbarhet (vulnerability) refererer til hvordan mennesker, deres levebrød og eiendeler, samt naturlige økosystemer, utsettes for uønskede effekter ved påvirkning av farehendelser, herunder samfunnets evne til å mestre/håndtere ugunstige klimaeffekter, inkludert klimavariabilitet og ekstremer.

Samspillet mellom de tre faktorene beskriver klimarisikoen i et system eller en sektor. Andre systemer/sektorer blir påvirket av klimarisiko på tilsvarende måte. I tillegg vil det være interaksjon med andre systemer (f.eks. mellom matsystemet, logistikksystemer og energisystemet).

1.3 Oversikt over rapporten

Kapittel 2 omhandler metoder, avgrensninger og definisjoner som er lagt til grunn i denne rapporten, i tråd med oppdragsbeskrivelse og kontrakt.

Kapittel 3 beskriver klimautvikling og forventede klimaendringer, med vekt på de endringer som representerer størst påvirkning på primærproduksjonen i matsystemet.

Kapittel 4 inneholder omtale av klimaendringenes effekter på primærproduksjonen av mat fra jordbruk, akvakultur og fiskeri både globalt og nasjonalt, samt hvordan effekter på primærproduksjonen kan utløse kaskadeeffekter og grenseoverskridende klimarisiko.

Kapittel 5 oppsummerer en bred matsystemanalyse som er vedlagt rapporten (vedlegg 1). I tillegg retter kapitlet oppmerksomhet mot det norske kornsystemet som har stor betydning for drøftingen av klimarelaterte hendelser og scenarier (kap. 6 og 7). Systemanalysen drøfter elementer som både er utsatt for klimarisiko og andre samfunnsmessige risikofaktorer.

Med beskrivelsen av klimaendringenes effekter på primærproduksjon og systembeskrivelsen, skisserer kapittel 6 et scenario for perioden 2041-2060 med økt sannsynlighet for bestemte hendelser. Scenariet med de skisserte hendelsene skal illustrere mulige sammenhenger mellom klimarisiko og påvirkning på matsystemet.

Kapittel 7, sårbarhetsanalysen, gir en samlet beskrivelse av hvilke samfunnsområder, sektorer og aktører som er mest berørt av klimarelatert risiko knyttet til matsystemet. Det vil si at vi drøfter hvordan scenariet og hendelsene påvirker tilpasning i matsystemet og verdier matsystemet leverer til samfunnet.

Kapittel 8 beskriver metode for analyse av klimarisiko i verdikjeder, med matsystemet som case, og med drøfting av hvordan anvendt metode kan overføres og anvendes innenfor andre sektorer. Kapitlet omtaler også kort EUs tilnærming til prioritering, organisering og metodikk for arbeidet med matsikkerhetsrisiko.

2 Metode, avgrensninger og definisjoner

Klimarisiko for verdikjeder er et stort og bredt tema som vi i denne rapporten tilnærmer oss bredt, gjennom flere ulike delanalyser og metoder. Disse beskrives i dette kapittelet. Vi redegjør også for noen praktiske avgrensninger av systemet og analysen, samt noen sentrale begrepsdefinisjoner.

2.1 Samfunnsrisiko: Kriser, risiko og omstillingsbehov

Når man vurderer klimarisiko, er det nyttig å skille mellom risiko knyttet til tre typer endringer i omgivelsene. De to første dreier seg om overgang til en ny normaltilstand, det tredje dreier seg om kriser:

- Overgang til ny normaltilstand. Klimaendring fører til både økt forventet temperatur, endret nedbør og større variasjon i de værforholdene. Endring i forventning og variasjon, forårsaker risiko i matsystemet på ulike måter.
 - Endret forventet temperatur og værforhold vil si *gradvise endringer i «normalvær»*, som langsiktig økende gjennomsnittstemperaturer, endret mengde og fordeling av nedbør og stigende havnivå. Gradvis endring medfører risiko for misforhold mellom nødvendige og gjennomførte tilpasninger i matsystemet med endret klima. Dette omtales som overgangsrisiko som dreier seg om misforhold mellom endringer i omgivelsene og tilpasninger i f.eks. matsystemet. Overgangsrisiko kan dermed både dreie seg om mangelfull tilpasning til klimaendring eller til krav om globale utslippskutt.
 - *Økende variasjon* i værforhold betyr større fluktuasjoner, mer ekstremvær og også mindre forutsigbarhet om værforhold. Hyppigere forekomst av ekstremvær og større variasjon i værforhold innenfor og mellom vekstsesonger medfører økt risiko når det gjelder priser og varetilgang for matsystemet.
 - En tredje effekt av klimaendringer er *økt kriserisiko*, det vil si *økt sannsynlighet for hendelser som kan medføre samfunnskriser*. I dette tilfellet dreier det seg om hendelser med særlig lav sannsynlighet vurdert ut fra dagens situasjon, og samtidig stor evne til å true sentrale samfunnsfunksjoner (såkalt «High impact, low probability»).

De to første typene av endringer s krever samfunnsmessig tilpasning til både endret normalvær og til økt hyppighet av ekstremvær. Manglende eller utilstrekkelig tilpasning både i matsystemet og andre systemer gir økt sannsynlighet for velferdstap. Hendelser som kan skape kriser krever krisehåndtering, slik dette forstås for eksempel i norske myndigheters systematiske analyser av nasjonale risikobilder.

Grensen mellom risiko som følge av gradvis endring og økt variasjon på den ene siden og økt sannsynlighet for samfunnskriser, er uklar. Når hendelser som i dag kan utløse samfunnskriser får høy sannsynlighet, blir også disse å regne som en del av normaltilstanden. Vi vil derfor i drøftingen av scenario og sårbarhet være konkrete når det gjelder hendelsers forekomst og varighet, og ikke være særlig opptatt av å ha et presist skille mellom samfunnskriser og håndtering av store variasjoner som en del av en ny normaltilstand.

Vår beskrivelse av klimarelatert risiko er noe forskjellig fra risikoforståelsen hos klimarisikoutvalget (NOU 2018: 17). Klimarisikoutvalget definerer to typer klimarelatert risiko: fysisk klimarisiko som er negative og positive konsekvenser for Norge av klimaendringer i seg selv, og overgangsrisiko som i NOU-en er knyttet til omstillingen til et lavutslippssamfunn (se avsnitt 5.3.4). Utvalget la hovedvekten på en vurdering av mulige langsiktige virkninger av klimarisiko på den såkalte nasjonalformuen. Misforhold mellom norsk økonomisk tilpasning (som er et mulig «overgangsscenario») og endringene

i de grunnleggende økonomiske forhold som følge av for eksempel spesielt sterk klimaendring (som er et mulig «fysisk klimascenario») kan gi vesentlig tap av nasjonalformue.

Samme risikoforståelse ligger også til grunn for analysen her. Vektleggingen ligger imidlertid på fysiske forhold, primært på leveringsevne, altså evne til å levere matvarer som tilfredsstiller krav til matsikkerhet og velferd i vid forstand. Slik dette omtales i kapitlene om selve klimaendringens påvirkning på matsystemene, dreier risikoen seg først og fremst om konsekvensene av ulik grad av klimaendring, det vil si den fysiske klimarisikoen knyttet til de tre endringene; gradvis endring i forventede temperatur- og værforhold, økende og mindre forutsigbar variasjon i temperatur og værforhold (både innen og mellom sesonger), samt økt sannsynlighet for hendelser som kan gi samfunnskriser.

Det er begrenset kunnskap om sannsynlighet for noen av disse typer endringer, men ny forskning gir forbedret innsikt om sannsynligheter for alle tre typer. IPCCs siste rapport gir oversikt over den mest oppdaterte kunnskapen (se Boks 2.1 nedenfor). Den risikoen vi her omtaler er derfor en grunnleggende usikkerhet. Usikkerheten gjelder ikke minst hendelser med lav sannsynlighet, men høy påvirkning og risiko for vippepunkter. Fortsatt klimaendring kan være selvforsterkende, og endring utover visse terskelverdier eller vippepunkter kan gi en ganske annen endringstakt og irreversible endringer. Kriser kan i dag utløses av ekstreme værhendelser. Enda mer alvorlige kriser kan tenkes å oppstå i et framtidig klima som har passert vippepunkter, med irreversible endringer. Et vippepunkt er en kritisk terskel der en liten endring i et naturlig system kan få det til å utvikle seg kraftig og irreversibelt (IPCC, 2021).

Boks 2.1 Funn fra IPCCs sjette hovedrapport

IPCCs sjette hovedrapport – del 1: Sju hovedfunn

- Global gjennomsnittstemperatur har allerede økt med 1,1 grader, og oppvarmingen skyldes menneskeskapte klimagassutslipp
- Ekstremvær som hetebølger og ekstremnedbør blir vanligere.
- Klimaendringene vil øke i alle verdens regioner.
- Netto null CO₂-utslipp er nødvendig.
- Med mindre vi har umiddelbare, raske, omfattende og vedvarende utslippskutt vil vi ikke kunne begrense oppvarmingen til 1,5.
- Vi vil passere 1,5 i løpet av de neste 20 årene med dagens utslippstakt.
- Mange av endringene, som ismeltingen på Grønland og i Antarktis, havnivåstigning, forsuring og oppvarming av dyphavet og tining av permafrost, regnes som irreversible de neste århundrene.

Kilde: Miljødirektoratet, bygger på IPCC (2021)

Begrepet «risiko» er, jf. definisjonen i avsnitt 2.7, knyttet til usikkerhet om hendelser som gir avvik fra et planlagt eller tenkt forløp og hvilke konsekvenser avviket kan få. Avvik kan gå i negativ eller positiv retning og opptre både som en gradvis endring og plutselige hendelser. Et viktig mål for risikohåndtering er å tåle avvik i negativ retning, og å dra nytte av muligheter som åpner seg ved positive avvik.

Oppmerksomheten vil oftest være på negative avvik, fordi det gjennomgående er mindre krevende å tilpasse seg til positive enn til negative forløp og overraskelser. Tilpasning for å utnytte positive avvik

vil normalt også være mer autonom, det vil si at tilpasning skjer uten behov for særskilte virkemidler. Størrelsen på risikoen avhenger av hvor store de mulige konsekvensene er, sannsynligheten for at det vil inntreffe, og hvor sterk kunnskap analysen er basert på.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til klimautviklingen, til konsekvensene av klimaendringer, klimapolitikk og klimarelatert teknologisk utvikling. Samfunnet står derfor overfor betydelig klimarisiko.²

2.2 Matsystem, systemanalyse og -avgrensning

Systemanalyse krever systemavgrensning og forståelse av interaksjon mellom ulike systemer. Risikoen skal vurderes mot både økonomiske verdier som grunnlag for velferd og sysselsetting, men også mot økosystemer og sosial bærekraft. Perspektivet vil gå fra det sektororienterte til det helhetlige systemet i en nasjonal kontekst. Vi ser både på direkte og indirekte effekter. Direkte effekter er først og fremst endringer i produksjon av råvarer fra jordbruk, akvakultur og fiskeri. Indirekte effekter kan være konsekvenser av hvordan internasjonale eller nasjonale verdikjeder tilpasser seg endringer i priser og mengder i råvaremarkedet.

Et *matsystem* er definert som et system som omfatter alle faktorer, som f.eks. aktører, prosesser og aktiviteter, knyttet til ulike matverdikjeder, se fullstendig definisjon i avsnitt 2.7. Det vil si både produksjon, bearbeiding, distribusjon, handel, forbruk og avfall. Matsystemer knytter derfor faktorer som klima, miljø, infrastruktur, institusjoner sammen med verdikjeden for mat som ender hos forbruker. Klimarisiko for matsystemet omfatter dermed også risiko for andre systemer og omgivelsene generelt, inkludert styring, sosioøkonomiske forhold og miljøeffekter.

Systemanalysen skal være bred. Klimarelaterte hendelser og langsiktige klimaendringer vil kunne utløse systemendring på en rekke områder. Erfaringen fra koronapandemien viser at utfordringene i et forsyningssystem dreier seg om en rekke forhold som ligger utenfor det som ivaretas av helsesektoren. Eksempler på dette er tilgang på arbeidskraft, omstilling i matvareforsyning med redusert grensehandel og serveringstjenester, som gir økt omsetning i butikker. En bred, helhetlig systembeskrivelse er viktig fordi samfunnsrisiko også dreier seg om sammenfall av hendelser. Spesielt når klimaendringer kan gi utfordrende hendelser av betydelig varighet, som tørke eller ekstrem nedbør, øker sannsynligheten for sammenfall av hendelser som endrer alvorsgraden.

2.3 Påvirkning fra klimaendringer

Et sentralt premiss for analysen i denne rapporten er valg av forutsetninger om hva som kan forventes av påvirkning fra klimaendringer, og hvordan risikobildet vil kunne se ut i fremtiden. Her er det gjort en del prinsipielle og metodiske valg av forutsetninger.

Den direkte påvirkningen på matsystemet dreier seg om hvordan klimaendringene og økt klimarisiko endrer vilkårene for å produsere mat. Klimapanelets rapporter vil være sentrale for å beskrive påvirkning på matproduksjonen. Omtalen av globale og regionale klimaendringer i denne rapporten bygger på rapporten fra Klimapanelets første delrapport i sjette hovedrapport, The Physical Science Basis (IPCC, 2021), og tidligere rapporter i sjette hovedsyklus, Special Report on Climate Change and Land (Landrapporten) (IPCC, 2019c), Special Report on Ocean and Cryosphere (Havrapporten) (IPCC, 2019b) og Special report on Global Warming of 1,5°C (1,5 graders rapporten) (IPCC, 2018). Første delrapport til Klimapanelets sjette hovedrapport (IPCC, 2021), som kom etter land- og havrapportene, gir den mest oppdaterte informasjonen om globale klimaendringer. Andre og tredje delrapport til Klimapanelets sjette hovedrapport (WG2 og WG3) ble publisert etter at arbeidet med

² <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2018-17/id2622043/sec2?q=#kap1>

denne rapporten i all hovedsak var fullført, men det er likevel tatt inn noen referanser til disse rapportene under den siste gjennomgangen av rapporten.

Klimaframskrivninger for Norge ble sist oppdatert i 2015. Disse er også grunnlaget for de regionale klimaprofilene som i rapporten er brukt for å vurdere regionale forskjeller i klimaendringer og påvirkning på jordbruk og havbruk i Norge.

Analyse av hvordan gradvise klimaendringer og ekstremværhendelser påvirker globale matsystemer og nasjonale forutsetninger for matproduksjon, gir grunnlag for å beskrive klimarelaterte endringer og hendelser i form av scenarier. Hendelsene som i vårt tilfelle er et helhetlig scenario som kan sammenlignes med en referansetilstand, skal være et konkret utgangspunkt for å vurdere matsystemets motstandskraft mot hendelser med stort skadepotensial. Når vi bruker begrepet hendelser, må det understrekes at framtidige hendelser vil opptre i et endret normalklima som i seg selv, og uten ekstreme hendelser, kan medføre store utfordringer for produksjonen i matsystemene.

2.4 Kvalitativ sårbarhetsanalyse for matsystemet

I utredningen benytter vi både kvalitative og kvantitative, dels modellbaserte analyser. Vi tar utgangspunkt i at sårbarheten i et endret normalklima er en funksjon av hendelsene (hazard) og systemets egenskaper (jf. Figur 1.1). Sårbarheten for matsystemet drøftes kvalitativt, mens vi bruker kryssløpstabell og modellsimuleringer for å belyse det økonomiske samspillet mellom næringer kvantitativt.

I den kvalitative analysen av sårbarheten i matsystemet har vi først skissert en modell med de viktigste institusjonelle rammebetingelsene og verdikjeden for matvarer i kapittel 5. Vi har også valgt et sett med konkrete egenskaper ved klimarelaterte hendelser under et scenario med kraftige endringer i klimasystemet, dvs. svært høy utslippsbane. Deretter drøfter vi påvirkninger av matsystemet ut fra tolv parametere som identifiseres innledningsvis i kapittel 7.

2.5 Kvantifisering ved kryssløpsanalyse og modellsimulering

Kvantitative, gjerne modellbaserte analyser gir mulighet for å analysere sammenhenger i klart definerte systemer med tydelige systemforutsetninger og -avgrensninger. Slike analyser vil være preget av forutsetningene bak systembeskrivelsen, og må derfor tolkes og brukes med forsiktighet. Fordelen, sammenlignet med kvalitative resonnementer, er imidlertid at det er enklere å overskue sammenhenger, og man kan skille mellom forutsetningene og den logikken som ligger til grunn for resultatene og selve resultatene. Dermed er også de kvantitative analysene nyttige bidrag til økt innsikt i matsystemets utvikling.

Vi bruker to ulike modeller i den kvantitative analysen: en enkel modell basert på kryssløpstabellen og den generelle likevektsmodellen NOREG 2. Begge inneholder informasjon om hvor mye ulike næringer handler av hverandre og er dermed godt egnet for verdikjedefor analyser.

Kryssløpstabellene brukes i siste del av systemanalysen i kapittel 5.

Nedenfor omtales og drøftes de to metodene nærmere, mens resultatene dels er vist i kapittel 5 (kryssløpsmodellen) og i kapittel 7 (NOREG 2).

2.5.1 Kvantifisering av sektorsamspill: kryssløpstabell over alle norske næringer

Vi tar utgangspunkt i kryssløpstabellene fra SSB.³ Kryssløpstabellen er en matrise som viser leveranser mellom alle næringer i hele økonomien, fra produksjon til sluttanvendelse. Med andre ord: hvordan produksjonen i hver næring brukes videre som innsatsfaktor i alle de andre næringene, hvor mye som eksporteres og hvor mye går til sluttforbruk. I tillegg til innenlandske leveranser finnes en tilsvarende tabell for import, som viser hvordan importvarer inngår i produksjonen.

Vi bruker en kryssløpstabell der den norske økonomien består av 64 næringer (pluss sluttforbruk hos husholdninger og offentlig sektor). Vi bruker den siste tilgjengelige tabellen, som er basert på 2018-tall.

Kryssløpstabellen gir faste koeffisienter for leveranser av varer og tjenester mellom alle næringer (tilbuds- og etterspørselskoeffisienter). Koeffisientene er statiske, og tar ikke hensyn til substitusjonsvirkninger. I virkeligheten vil det ofte være mulig å erstatte den innsatsvaren som blir dyrere med andre varer, enten innenlandske eller importerte. For matvarer under ett er det imidlertid svært begrenset substitusjon, siden matvarer ikke kan erstattes av andre varer (enn matvarer) for å tilfredsstille menneskets eksistensielle behov av næringsstoffer. Det vil dog være mulig å substituere mellom norske og importerte matvarer gitt åpen handel.

En ringvirkningsmodell, som VISTA-VIRKNING⁴ eller Panda⁵, kunne være alternative modeller til slike analyser.

2.5.2 Modellsimulering av økonomiske effekter ved den generelle likevektsmodellen NOREG 2

En *generell likevektsmodell* (slik som NOREG 2) gir oss informasjon om langsiktige virkninger når aktørene har hatt mulighet til å tilpasse seg til endrede forhold.⁶ NOREG 2 tar utgangspunkt i de samme kryssløpstabellene som beskrevet ovenfor, men inkluderer også muligheten til å tilpasse seg, enten gjennom endret bruk av innsatsvarer (substitusjon) eller gjennom endret produksjonsvolum. Priser og aktørenes respons på endrede priser er et nøkkelement i en slik modell.

NOREG 2 framstiller økonomien som bestående av husholdninger, bedrifter og offentlig sektor. Husholdningene og bedriftene er modellert som representative aktører. Husholdningen mottar alle inntekter fra primærfaktorene arbeidskraft og kapital.⁷ Offentlig sektor mottar alle skatteinntektene og betaler ut subsidier til bedrifter og overføringer til husholdninger. Likevektsmodellen modellerer samspillet mellom disse aktørene i økonomien. Økonomien er liten og åpen med omfattende handel med utlandet.

Vi antar vi at det er én representativ produsent i hver næring og hver region, med andre ord at bedriftene i samme næring og samme region har den samme produksjonsteknologien. Modellen bygger på de samme 64 næringene som i SSBs kryssløpstabeller (såkalt A64-næringer). For å gjøre

³ Supply and Use and Input-Output tables - SSB. <https://www.ssb.no/en/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/metoder-og-dokumentasjon/supply-and-use-and-input-output-tables>

⁴ <https://vista-analyse.no/no/tjenester/modeller-og-databaser/vista-analyses-ringvirkningsmodell/>

⁵ Panda (plan- og analyseverktøy for næring, demografi og arbeidsmarked), <https://www.pandaanalyse.no/pandamodellen/>

⁶ NOREG 2 (Norsk Regionalmodell) er beskrevet og tidligere analyser basert på modellen er tilgjengelige på <https://vista-analyse.no/no/tjenester/modeller-og-databaser/noreg-2/>. Modellen finnes i flere versjoner; i denne analysen brukes NOREG 2.1.

⁷ Modellen inneholder bare primærfaktorene arbeidskraft og kapital. Med andre ord er andre kapasitetsbegrensninger – for eksempel tilgang på areal – ikke modellert.

analysen mer oversiktlig har vi aggregert de 64-næringene til 24 næringer i denne analysen, se Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Næringer i NOREG 2

Næring	Inneholder:
Landbruk	Jordbruk, jakt og viltstell, skogbruk; tilknyttede tjenester
Bygg- og boligjenester	Bygg- og boligjenester: boligjenester, egen bolig, borettslag og sameie. Omsetning og drift av fast eiendom; utleie og leasing; vaktjenester
Bygg og anlegg	Bygg og anlegg; Oppføringer av bygninger; utvikling av byggeprosjekter
Undervisning	Undervisning
Elektrisitet	Elektrisitet, damp- og varmtvannsforsyning
Finans	Bankvirksomhet, finansiell tjenesteyting; forsikring; tilknyttede tjenester
Havbruk og fiske	Fiske og fangst, aquakultur
Næringsmiddelindustri	Produksjon av matvarer
Helse og omsorg	Helsetjenester; omsorgstjenester; barnehager, SFO
Kraftkrevende industri	Kraftkrevende industri: trevarer, papir, gummi- og plastprodukter, glass, keramikk, sement og metaller
Teknologisk industri	Teknologisk industri: datamaskiner, elektroniske og optiske produkter og elektrisk utstyr
Annen industri	Tradisjonell industri: metallvarer og konstruksjoner, motorvogner, skip og oljeplattformer; møbler; klær, lær, sko
Petroleumsnæringen	Utvinning av råolje og naturgass, bergdrift
Offentlig administrasjon og forsvar	Offentlig administrasjon og forvaltning; Forsvaret
Kjemisk industri og raffinerier	Kjemisk og farmasøytisk industri; raffinerier
Andre tjenester	Andre tjenester
Kunnskapsintensive tjenester	Kunnskapsintensive tjenester: konsulentvirksomhet, forskning, juridisk og regnskapsmessig tjenesteyting, arkitekter og underholdning)
Varehandel	Varehandel
Lufttransport	Lufttransport
Landtransport	Passasjer- og godstransport på land (jernbane, drosje, annen på vei), rørtransport
Transportjenester	Tjenester knyttet til transport; Post og distribusjonsvirksomhet
Sjøfart	Sjøfart, supplyvirksomhet
Reiseliv	Reiseliv (reisebyrå, overnatting; servering)
Vann og avløp	Vannforsyning, avløp, avfall

Kilde: Vista Analyse (2020)

NOREG 2 knytter næringene i økonomien sammen gjennom kryssløpet, faktormarkedene og budsjettbetingelsene. Et sentralt trekk er full ressursutnyttelse, dvs. ingen arbeidsløshet eller andre ledige ressurser. En forutsetning for full ressursutnyttelse er fleksible priser, som dermed er et annet sentralt trekk ved modellen.

Sparing og investering knytter økonomien i ett år sammen med det neste. Sparebeslutningen blir tatt på grunnlag av årets inntekt, ikke framoverskuende forventninger, og dermed sier vi at modellen er rekursiv. Det betyr at økonomien i et år kan bestemmes når økonomien året før er bestemt. Over tid angir sparing og investering en tidsutvikling for realkapital, som sammen med forutsetninger om

sysselsettingsutviklingen og forutsetninger om teknologisk fremgang bestemmer økonomisk vekst på makronivå.

NOREG 2 kombinerer den tradisjonelle anvendte generelle likevektsmodellen, som har vært brukt i norsk økonomisk planlegging siden 1960-tallet, med fleksibel regional modellering helt ned til kommunenivå. Som andre anvendte generelle likevektsmodeller er den egnet til å drøfte problemstillinger knyttet til demografi, klimapolitikk, utenriksbalanse, oljepris, innvandring, teknologisk utvikling og en rekke andre tema. Modellen kan også studere de regionale implikasjonene av nasjonale trender og politikkområder, og dermed også virkningsfulle distriktpolitiske (mot)tiltak.

NOREG 2 er særlig egnet til å studere langsiktige økonomiske problemstillinger siden den forutsetter full mobilitet av både arbeidskraft og kapital. Siden denne modellversjonen forutsetter full sysselsetting, er den mindre egnet til å studere arbeidsløshetsproblemer og kortsiktige ubalanser.

I virkeligheten skjer ikke tilpasningen så fort som NOREG 2 legger til grunn. Dette skyldes at det tar tid å investere i ny kapital, arbeidskraft med riktig utdannelse og kompetanse er ikke umiddelbart tilgjengelig med mer. NOREG 2 ser bort fra slike begrensninger. Derfor må modellresultatene, spesielt på kort sikt, tolkes med varsomhet.

Virkemåten til NOREG 2 kan kontrasteres med virkemåten til kryssløpsmodellen og ringvirkningsmodeller. I en slik etterspørselsdrevet modell vil økt aktivitet i en sektor føre til ringvirkninger i næringer som leverer til denne sektoren. Økte inntekter til sektoren og til underleverandører vil så sette i gang ringvirkninger når inntektene blir brukt på varer og tjenester. Samlet kan en etterspørselsstimulans lede til et betydelig antall arbeidsplasser i form av ringvirkninger. NOREG 2 har alle de samme egenskapene som en etterspørselsdrevet modell, men i tillegg har modellen en realøkonomisk ramme som reflekterer at ressursene som strømmer til regionen som opplever etterspørselsstimulans, må flytte ut av andre sektorer og regioner. Denne effekten skyldes forutsetningen om full ressursutnyttelse og bidrar til å dempe, og av og til fjerne, ringvirkningene av en etterspørselsimpuls. I NOREG 2 møtes etterspørsels- og tilbudssiden i økonomien i likevekt.

Hvilken modell som modellerer virkeligheten best, avhenger av på om det faktisk er ledige ressurser eller full ressursutnyttelse i økonomien. En aktuell mulighet er at det finnes ledige ressurser på kort sikt, men ikke på lengre sikt. De fleste er enige om at arbeidsløsheten på lang sikt styres av makroøkonomiske omstendigheter, ikke av etterspørselsimpulser på regionalt nivå. På kort sikt kan det være annerledes. I et slikt bilde kan man si at NOREG 2 modellerer omstendighetene på lengre sikt, mens en etterspørselsdrevet modell modellerer på kort sikt.

2.6 Avgrensninger

Analysen av samfunnsrisiko er avhengig av klare avgrensninger. Forståelsen av hva som er sentralt i den enkelte analysen og analysens avgrensninger, er viktig for at ikke analysen i seg selv skal bidra til innsnevret risikoforståelse og økt samfunnsrisiko. I dette avsnittet omtaler vi avgrensninger generelt, mens mer detaljerte prioriteringer og avgrensninger drøftes i det enkelte kapittel, spesielt i drøftingen av scenarier og hendelser (avsnitt 6.1) og matsystemets sårbarhet (kapittel 7).

Det foretas avgrensninger på alle tre leddene i analyse av risiko (direkte og indirekte klimahendelser, sannsynligheter og sårbarhet). Vi bretter ut et bredt bakteppe av mulige konsekvenser av klimaendringer (kapittel 3 og 4). I kapittel 7 beskriver vi kun et lite antall, enkelt formulerte hendelser innenfor et helhetlig fremtidsbilde med rask klimaendring, det vil si svært høy utslippsbane som fører til stor temperaturendring og høy frekvens av ekstremvær. Formuleringen av bestemte scenarier er i seg selv en avgjørende avgrensning. Her er prioriteringen dels en følge av at det er nødvendig å legge vekt på metode så vel som en uttømmende drøfting.

Sannsynligheter eller eksponering for visse hendelser blir ikke drøftet. Vi legger til grunn at de hendelsene vi drøfter (prissjokk, kvantumsbegrenset import og norske tørkesommer) er mulige og tilstrekkelig sannsynlige langs en høy utslippsbane. Det gjør metoden forskjellig fra arbeid med nasjonale risikobilder, slik det for eksempel gjøres i regi av Direktoratet for samfunnsberedskap, som retter oppmerksomheten spesielt mot hendelser med særlig stort skadepotensial og lav sannsynlighet (DSB, 2019), Mens vi er opptatt av hendelser som i et tiår kan opptre flere ganger, kan DSB være opptatt av hendelser som kan oppstå en eller to ganger i løpet av et hundreår.

Sårbarhetsanalysen innebærer en rekke avgrensninger. Vi har skissert en modell som angir et begrenset sett med institusjoner som agerer i en viss situasjon og dermed påvirker både skadepotensial, reparasjon og gjenoppretting ut fra systemet slik vi kjenner det og kan forvente at det vil være om omtrent tjue år i en situasjon med mer omfattende klimaendring enn det vi i dag forventer. Her ligger betydelige avgrensninger av hvilke institusjoner og virkemidler vi drøfter. Videre relaterer vi konkrete beskrivelser av hendelsene til spesifikke deler av matsystemet. Det betyr at analysen er avhengig av at vi dekker de sentrale og mest følsomme delene av matsystemet.

Driftsformer kan endres som følge av klimaendringene i seg selv, av politikk og virkemidler for å redusere klimagassutslipp, og på grunn av den generelle teknologi- og samfunnsutviklingen. Analyse av slike scenarier ligger utenfor rammen av denne utredningen. I denne rapporten omtaler vi klimarisiko og tilpasning ut fra dagens norske matsystem, se kapittel 5.

2.7 Begreper og definisjoner

I de følgende forklares en del sentrale begreper som er brukt i rapporten, eller som er nyttige som bidrag til helhetsforståelse av begrepskonteksten.

- **Klimarisiko** kan deles i tre kategorier (TCFD, 2017). Disse kategoriene er alle relevante i vurdering av landbrukets og matsystemenes klimarisiko:
 - (1) **Fysisk klimarisiko** er risiko knyttet til konsekvensene av fysiske endringer i klima og miljø.
 - (2) **Overgangsrisiko** er risiko knyttet til konsekvensene av klimapolitikken og den teknologiske utviklingen ved overgang til et lavutslippssamfunn. I rapporten bruker vi overgangsrisiko mer spesifikt om misforhold mellom den tilpasningen som best ivaretar samfunnets interesser og faktisk tilpasning. Slike misforhold kan f.eks. være utilstrekkelig omstilling til lavutslippssamfunnet (NOU 2018: 17, 2018) og utilstrekkelig tilpasning til endret klima.
 - (3) **Ansvarsrisiko** er et uttrykk for usikkerhet om hvem som i siste instans vil måtte bære tapene som oppstår, altså et spørsmål om omfordeling av de økonomiske byrdene som følger av klimaendringene. Dette begrepet brukes ikke direkte i analysen. Ansvar har imidlertid betydning for hva som kan forventes av respons og tilpasning i et system. Først og fremst spiller ansvar og ansvarsrisiko en vesentlig rolle for rasjonell risikohåndtering hvor det å plassere myndighet, ansvar og konsekvens slik at aktører motiveres for å håndtere risiko i tråd med samfunnets behov.
- **Risiko:** I Norsk Standard 5814:2021 er risiko definert som «usikkerhet knyttet til om en uønsket hendelse vil inntreffe og hvilke konsekvenser den kan få». Begrepet favner derved de tre elementene i figur 1.1; hendelse, sannsynlighet og sårbarhet eller konsekvens.
- **Risikoanalyse:** En risikoanalyse utføres for å avdekke risikoen knyttet til f.eks. et tiltak, en aktivitet eller et system. Analysen kan benyttes som grunnlag for beslutninger. En risikoanalyse innbefatter identifikasjon og analyse av initierende hendelser, årsaksanalyse og konsekvensanalyse. På bakgrunn av analysen vil en risikoevaluering gi grunnlag for å vurdere risikohåndteringen, som innebærer å se på ulike virkemidler for å modifisere risiko (Aven, 2007).

- **Resiliens:** Begrepets definisjon har ulike nyanser:
 - (1) Evnen til å forhindre katastrofer og kriser, samt å forutse, absorbere, imøtekomme eller komme seg fra dem på en rettidig, effektiv og bærekraftig måte. Dette inkluderer å beskytte, gjenopprette og forbedre matsystemer i møte med trusler som påvirke landbruk, ernæring, matsikkerhet og mattrygghet (FAO, 2022).
 - (2) Kapasiteten over tid for matsystemer, i møte med eventuelle forstyrrelser, til å sikre tilgang til tilstrekkelig, sikker og næringsrik mat for alle, og opprettholde levebrødet til aktørene i matsystemet (FAO, 2021a).
 - (3) Klimapanelet definerer resiliens som evnen til sosiale, økonomiske og økosystemer til å mestre en farlig hendelse, trend eller forstyrrelser, reagere eller omorganisere på måter som opprettholder deres essensielle funksjon, identitet og struktur, samt for økosystemer biologisk mangfold samtidig som kapasiteten for tilpasning, læring og transformasjon opprettholdes (IPCC, 2022).
- **Akutt risiko** er knyttet til stormer og ekstremvær, som vil inntreffe oftere. Mer styrtregn, flom, skred og tørke vil ikke bare forårsake akutte problemstillinger, men også kreve omstilling av beredskapsapparat og infrastruktur for å kunne tåle endring (Klimastiftelsen, 2018).
- **Kronisk risiko** kommer av de langsiktige virkningene av et endret klima, både lokalt og via globale bånd og verdikjeder. Eksempler på dette er at jordsmonn blir uegnet for produksjon, eller at oppvarming av havet eller havnivåstigning endrer næringsgrunlaget for kystindustrier (Klimastiftelsen, 2018).
- **Ekstremvær** er sjeldent vær som fører til stor fare for liv og verdier. Det kan for eksempel være sterk vind, uvanlig kraftig styrtregn eller en hetebølge (Kilde: Meteorologisk institutt, <https://www.met.no>).
- **Sjokk.** Kortsiktige avvik fra langsiktige trender som har betydelige negative effekter på et system, folks velvære, eiendeler, levebrød, sikkerhet og evne til å motstå fremtidige sjokk. Sjokk som påvirker matsystemer inkluderer katastrofer, ekstremt klimahendelser, biologiske og teknologiske hendelser, bølger av plante- og dyresykdommer og, sosioøkonomiske kriser og konflikter (FAO, 2021a).
- **Stress.** Langsiktige trender eller press som undergrave stabiliteten til et system og øker sårbarheten. Stress kan skyldes naturressursforringelse, urbanisering, demografisk press, klimavariabilitet, politisk ustabilitet eller økonomisk nedgang (FAO, 2021a).
- **Grenseoverskridende klimarisiko** er risikofaktorer som skyldes effekter av klimaendringer i andre land, men som indirekte kan få konsekvenser i Norge og i den enkelte bedrift, region eller kommune. Avlingssvikt i andre land kan for eksempel gi seg utslag i Norge gjennom begrenset tilgang og økte priser (Prytz, Storhaug, & Fadnes, 2019)
- **Matsystem.** Begrepet ble definert av The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE, 2014): «Matsystem omfatter alle elementer (miljø, mennesker, input, prosesser, infrastruktur, institusjoner etc.) og aktiviteter relatert til produksjon, bearbeiding, distribusjon, tilberedning og konsum av mat, og output fra disse aktivitetene, inkludert sosioøkonomiske og miljømessige effekter».
- **Bærekraftige matsystemer.** Systemer som leverer matsikkerhet og ernæring for alle, mens opprettholde levebrødet til aktørene i matsystemet, uten å svekke det økonomiske, sosiale og miljømessige grunnlaget for matsikkerhet og ernæring for fremtidige generasjoner (FAO, 2021a).
- **Matsikkerhet** er en menneskerett, nedfelt i FN-konvensjonen om økonomiske, sosiale og kulturelle rettigheter. Definisjonen av matsikkerhet ble utformet på World Food Summit i 1996, og

denne er brukt siden: «Matsikkerhet betyr at alle mennesker, til enhver tid, har fysisk og økonomisk tilgang til nok, trygg og næringsrik mat som dekker deres ernæringsmessige behov og matpreferanser slik at de kan leve et aktivt og sunt liv». Matsikkerhet kan imidlertid forstås ulikt avhengig av kontekst og alvorlighetsgrad. FAOs har derfor som et supplement til den generelle definisjonen, også utviklet en skala for «opplevelse» av matusikkerhet, Food Insecurity Experience Scale (FIES) (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2022). **FIES** er en erfaringsbasert matusikkerhetsskala for å etablere et mål for ulik alvorlighetsgrad for mangler ved tilgang til mat for sammenlikning på tvers av kontekst. Indeksen bygger på data innhentet ved å spørre personer, gjennom direkte i undersøkelser, om forekomsten av forhold og atferd som erfaringsmessig er uttrykk for og reflekterer begrensninger i tilgang til mat (ibid).

- (1) Moderat matusikkerhet defineres i FIES som en situasjon der folk møter usikkerhet om sin evne til å skaffe mat og har blitt tvunget til å redusere, til tider i løpet av året, kvaliteten og/eller kvantiteten på maten de forbruker på grunn av mangel på penger eller andre ressurser. Dette refererer dermed til mangel på stabil tilgang til mat, noe som reduserer kostholdets kvalitet, forstyrrer normale spisemønstre, og kan ha negative konsekvenser for ernæring, helse og velvære (ibid).
 - (2) Alvorlig matusikkerhet defineres i FIES som en situasjon der folk har gått tom for mat, opplevd sult og, på det mest ekstreme, går dager uten å spise, noe som setter deres helse og velvære i alvorlig fare (ibid).
- **Mattrygghet** innebærer at maten ikke inneholder mikroorganismer, miljøgifter eller fremmedelementer som gjør oss syke, dersom vi lager og nyter maten som tiltenkt (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021).
 - **Matvareberedskap** er uttrykk for evnen til å iverksette tiltak ved ubalanse eller kriser i matsystemet og verdikjedene for mat, og som gir seg utslag i produksjons- og tilbudssvikt, etterspørselssjokk eller svikt i logistikksystemene (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021).
 - **Risikoreduksjon**, Sendai Framework (FN, 2015) har formulert en definisjon for begrepet risikoreduksjon knyttet til katastrofer: «Forhindre ny og redusere eksisterende katastroferisiko gjennom implementering av integrert og inkluderende økonomiske, strukturelle, juridiske, sosiale, helsemessige, kulturelle, pedagogiske, miljømessige, teknologiske, politiske og institusjonelle tiltak som forhindrer og reduserer fareeksponering og sårbarhet for katastrofer, øker beredskapen for respons og gjenoppretting, og dermed styrker motstandskraft» (FN, 2015).
 - **Selvforsyningsgrad og dekningsgrad** sier noe om forholdet mellom produksjon og konsum i et land. I Norge definerer vi disse uttrykkene på følgende måte (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021) hentet fra www.nibio.no.
 - (1) **Selvforsyningsgraden** er andelen av matforbruket (som oftest målt i kalorier) som er produsert i Norge. En brøk der all norsk matproduksjon minus eksportert mat blir delt på totalt matvareforbruk
 - (2) **Selvforsyningsgraden uten fisk** er som om over, men sjømat er tatt ut av regnestykket for å vise selvforsyning med jordbruksprodukter
 - (3) **Selvforsyningsgrad korrigert for fôrimport** tar utgangspunkt i selvforsyningsgraden, men for kraftfôrbaserte jordbruksprodukter produsert i Norge trekker man fra en andel av energien som tilsvarer importert kraftfôr (regner med at hvis kua får 30 % av energien fra importert kraftfôr, så er det 30 % av energien i kjøtt og melk som tilskrives import)
 - (4) **Dekningsgraden** er andelen norsk mat vi kunne ha konsumert dersom mat produsert for eksport var en del av forbruket innenlands. Det vil si en brøk med produksjon dividert med

produksjon pluss import minus eksport. Internasjonalt er det ofte dette målet som brukes som standard for selvforsyning (self-sufficiency ratio). I Norge kan det i mange tilfeller være hensiktsmessig å bruke noen av de andre målene for å uttrykke graden av selvforsyning, i hvert fall når vi snakker om jordbruk, siden det er den høye eksporten av sjømat som gjør at dekningsgraden i Norge er høy.

3 Klimaendringer

Dette kapitlet inneholder omtale av globale og regionale klimaendringer basert på første delrapport til Klimapanelets sjette hovedrapport (AR6 WG1), The Physical Science Basis (IPCC, 2021), og tidligere rapporter i sjette hovedsyklus, Special Report on Climate Change and Land (Landrapporten) (IPCC, 2019c), Special Report on Ocean and Cryosphere (Havrapporten) (IPCC, 2019b) og Special report on Global Warming of 1,5°C (1,5-gradersrapporten) (IPCC, 2018).

AR6 WG1 gir den mest oppdaterte kunnskapen om det naturvitenskapelige grunnlaget og de fysiske klimaendringene. Det er hevet over enhver tvil at klimaendringene er menneskeskapte. Rapporten gir mer innsikt i hvordan utslippene vil påvirke både den globale temperaturøkningen og ulike ekstremværhendelser. Med denne delrapporten er kunnskapsgrunnlaget om de globale, langsiktige klimaendringene sikrere. Kunnskapen om regional variasjon i klimaendringene er forbedret i delrapporten, som ble lansert sammen med et regionalt, interaktivt klimaatlas.⁸ Det er likevel fortsatt betydelig usikkerhet når det gjelder klimaendringenes tempo, omfang og geografiske variasjon.

Risikoen for klimarelaterte konsekvenser avhenger av komplekse interaksjoner mellom klimarelaterte farer og sårbarhet, eksponering og adaptiv kapasitet i menneskelige og naturlige systemer. Med nåværende takt for globale klimagassutslipp er verden fortsatt på vei til å overstige Parisavtalens formål om å holde den globale temperaturøkningen godt under 2°C sammenliknet med førindustrielt nivå og tilstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5°C, noe som vil øke risiko for at gjennomgripende klimaendringer vil påvirke utover det som allerede er observert (World Meteorological Organization, 2021).

Klimaendringer og klimaprojeksjoner for Norge ble sist beskrevet helhetlig i rapporten Klima i Norge 2100 fra Norsk klimaservicesenter (Hansen Bauer & al, 2015). Det er opplyst at denne vil bli oppdatert i 2024 på grunnlag av den nye kunnskapen i sjette hovedrapport fra FNs klimapanel (ifølge Miljødirektoratet). Her må vi legge rapporten fra 2015 til grunn. Der de nyeste rapportene fra Klimapanelet indikerer endringer i virkningene for Norge i forhold til Klima i Norge 2100, vil vi kommentere dette med forbehold om usikkerhet.

3.1 Utslipp og global gjennomsnittstemperatur

Mengden klimagasser i atmosfæren øker fortsatt sterkt. I 2020 nådde klimagasskonsentrasjonene nye høyder for karbondioksid (CO₂) med 413 parts per million (ppm), metan (CH₄) med 1889 parts per milliard (ppb) og lystgass (N₂O) 333,2 ppb, eller henholdsvis 149 prosent, 262 prosent og 123 prosent av førindustrielle (1750) nivåer (World Meteorological Organization, 2021). WMO opererer med to ulike tidsperioder for førindustriell tid: 1750 for klimagasser og 1850-1900 for temperatur.

Menneskelig aktivitet har siden førindustriell tid (1850-1900) ført til en global oppvarming på omtrent 1,1°C. Temperaturen har økt mer over land (1,6°C) enn over havoverflaten (0,9°C). I tillegg opptrer hendelser med ekstremvær som hetebølger, ekstremnedbør og tropiske sykloner oftere og med større intensitet enn tidligere (IPCC, 2021).

FNs klimapanel bruker fem illustrative klimascenarier i sjette hovedrapports delrapport 1. Disse varierer med utvikling i klimagassutslipp (RCP1.9–8.5; omtalt som utslippsbaner) og sosioøkonomiske trender (SSP1–SSP5; omtalt som utviklingsbaner). Tabell 3.1 viser estimert økning i global gjennomsnittstemperatur på kort, mellomlang og lang sikt sammenliknet med perioden 1850–1900 for disse fem scenarioene (IPCC, 2021).

⁸ IPCC WGI Interactive Atlas, hentet 10.12.21 fra <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Med utgangspunkt i de politiske føringene omtalt foran, vurderes klimarisiko i matsystemet, i tråd med et føre-var prinsipp, ut fra et høyt utslippsscenario. Både SSP3–7.0 og SSP5–8.5 kan karakteriseres som høye klimascenarioer. Her har vi valgt å benytte det høyeste av disse, SSP5–8.5, der økningen i global gjennomsnittstemperatur i perioden 2041–2060 (de to tiårene rundt 2050) ventes å falle innen intervallet 1,9–3,0°C. Dette må i imidlertid også vurderes i lys av hvordan samfunnsutviklingen, herunder befolkningsutvikling og økonomisk utvikling, kan ta ulike utviklingsforløp utover i århundret. Også utforutsette, dramatiske hendelser som svekket globalt globalt samarbeid og krig, kan svekke den felles gjennomføringsevnen i internasjonal klimapolitikk.

De såkalte SSP-ene (Shared socioeconomic pathways) representerer ulike sosioøkonomiske utviklingsbaner. Disse varierer fra den bærekraftige utviklingsbanen (SSP1), med små utfordringer for klimatilpasning og -gassutslippskutt, til den regionalt rivaliserende utviklingsbanen (SSP3), med store utfordringer for klimatilpasning og -gassutslippskutt. Dette må det tas hensyn til når konsekvenser av ulike utslippsbaner og tilhørende scenarier for økning i global gjennomsnittstemperatur skal vurderes.

Forskere har benyttet seks ulike integrerte vurderingsmodeller (Integrated Assessment Models - IAM) for å oversette de sosioøkonomiske utviklingsbanene til estimater av fremtidige energibrukssystem og klimagassutslipp. IAM inkluderer ulike forløp for samfunnsutviklingen i en energisystemmodell, simulerer hvordan befolkning, økonomisk vekst og energibruk påvirker – og samhandler med – det fysiske klimaet. Dette er grunnlaget for å lage scenarier for hvordan klimagassutslippene kan variere i fremtiden, basert på underliggende sosioøkonomiske faktorer – og hvordan energibruk, produksjon og økonomisk aktivitet kan endres og dermed bidra til å oppnå reduserte utslipp.

Tabell 3.1 Endringer i global overflatetemperatur siden førindustriell tid, vurdert for utvalgte 20-årsintervall og de fem scenarioene brukt for å illustrere spenn i utfallsrom som grunnlag for drøftingene i rapporten. Referanseperioden er 1850-1900.

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

Kilde: (IPCC, 2021)

Ifølge en rapport fra FNs klimakonvensjon (UNFCCC) er planeten på vei til å varmes opp med 3,2 grader celsius over førindustrielle nivåer hvis det ikke blir gjort snarlige, forsterkede utslippsbegrensende tiltak utover det som var politikken i 2020 (UNFCCC, 2021). I scenariet fra IPCC med de høyeste utslippene vurderes det som svært sannsynlig at 4°C vil passeres i perioden 2081-2100, mens en økning på inntil 3°C utelukkes ikke som er verste utfall med det høyeste klimascenarioet i perioden 2041–2060. Temperaturøkningen er særlig sterk på høye breddegrader (IPCC, 2021).

De forpliktelser som hittil er innmeldt (NDC, Nationally Determined Contributions), indikerer en noe lavere gjennomsnittlig global temperaturøkning enn hva som forventes ved det høyeste utslippsscenariet, men langt over 1,5-gradersmålet. Hvorvidt dette skal få betydning for valg av forutsetninger for klimatilpasning og risikoanalyser, må vurderes på myndighetsnivå. Inntil det gis endrede styringssignaler, legges fortsatt det høyeste utslippsscenariet til grunn for vurderinger av klimarisiko og klimatilpasning. Usikkerheten både i utslippsreduksjoner og modellerte klimaendringer taler også for å beholde den høyeste utviklingsbanen som forutsetning for risikoanalyser inntil utslippsbanene samsvarer med en utvikling som er forenelig med 1,5-gradersmålet.

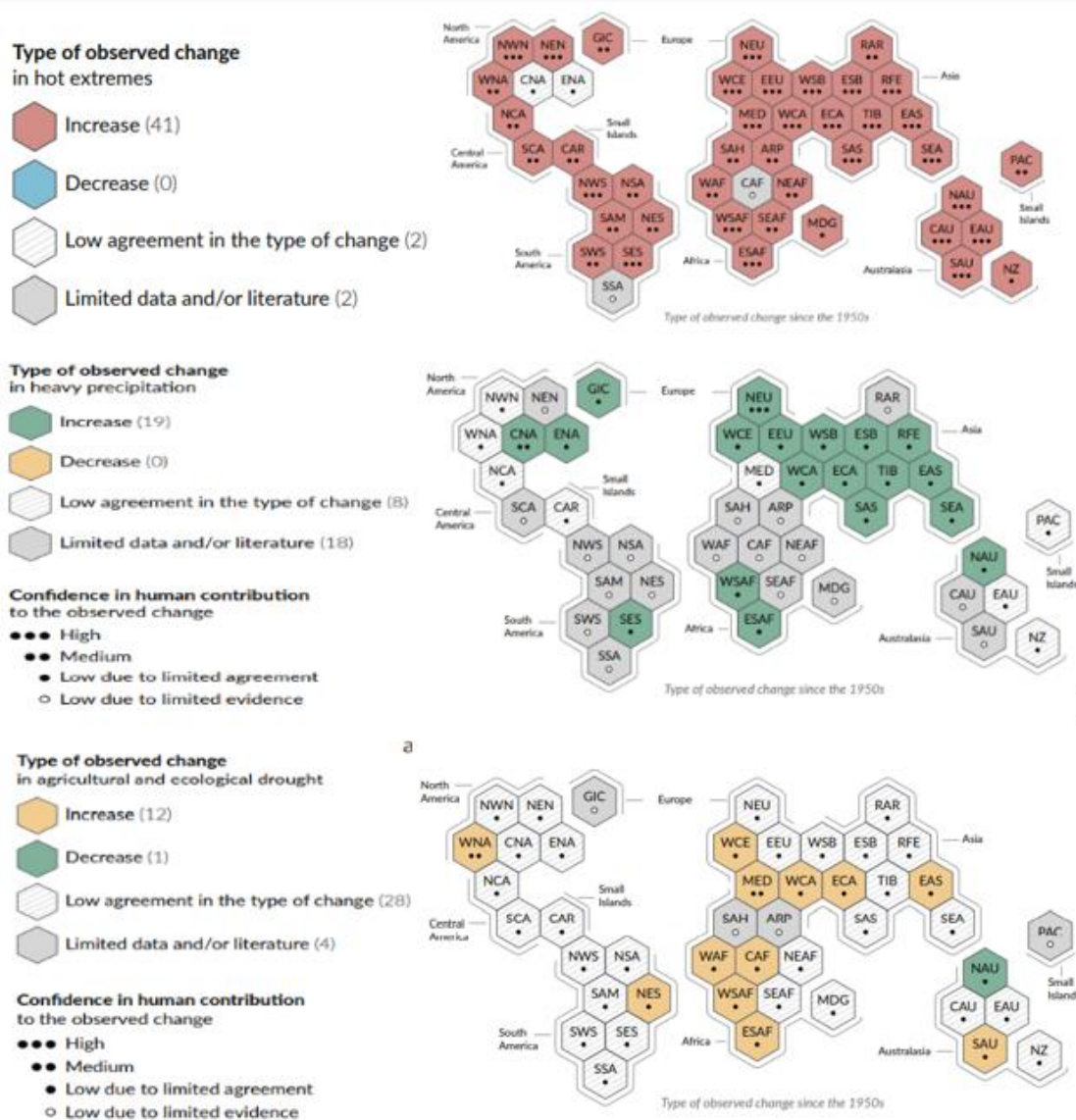
3.2 Globalt klima er endret

Endringer i global gjennomsnittstemperatur er det overordnede resultatet av de menneskeskapte klimaendringene. For risikovurderinger av matsystemet, både i global og nasjonal kontekst, er det imidlertid regionale nedskaleringer av de globale gjennomsnittsendringer som er av størst interesse.

Klimapanelet har i rapporten om det fysiske klimasystemet dokumentert at alle verdens regioner allerede har opplevd flere konsekvenser av klimaendringene, men også at utslagene varierer mellom regioner (IPCC, 2021). I vurdering av matsystemets klimarisiko er det av særlig interesse hvordan klimaendringer vil endre produksjonsforhold og avkastning i regioner som er viktige for verdens matvarehandel og dermed stabiliteten i matvaremarkedene og den globale matsikkerheten. Også effekter på matproduksjonen i regioner hvor matsikkerheten i stor grad er basert på egen produksjon eller omfattende import, kan imidlertid ha alvorlige direkte og indirekte konsekvenser for matsikkerhet, økonomi og sosiale forhold i andre land.

De viktigste parametere for vurderinger av klimaets påvirkning på matsystemer er variablene temperatur (i form av både ekstreme hetebølger og vedvarende høye temperaturer over noe tid) og nedbør (i form av ekstreme nedbørsepisoder, våte sesonger eller langvarig jordbruktørke).

Klimapanelet har illustrert endringer siden 1950 for disse klimaparameterne i ulike regioner på kloden, se Figur 3.1. Illustrasjonene viser at så godt som alle regioner er påvirket av klimaendringer som i de fleste tilfeller, men i varierende grad, er påvist å være menneskeskapte. I tillegg er det dokumentert at endringene innebærer økende omfang av ekstremer både for temperaturer, nedbør og tropiske sykloner. Dette er nøkkelenringer som har stor betydning for produktivitet og operativ virksomhet både på land og i marine og akvatiske systemer.

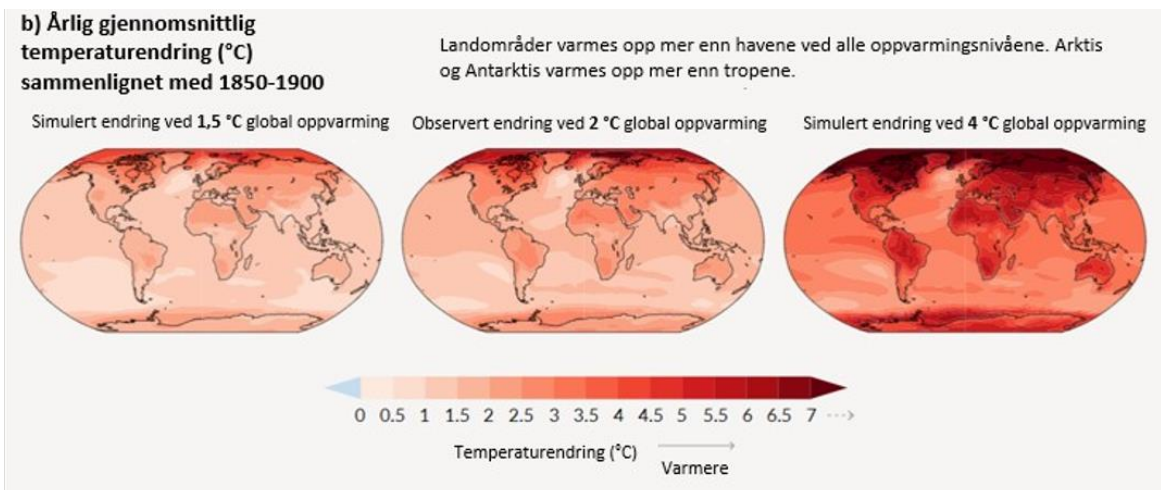


Figur 3.1 Syntese av vurdering av observert endring i ekstrem varme (øverst), ekstrem nedbør (midten) og tørke (nederst) fra 1950 til i dag, ut fra observerte endringer i verdens regioner. Fargene i sekskantene graden av endringer. Tre prikker i figuren indikerer høyt tillit til at endringen er resultat av menneskeskapt klimaendring, en prikk indikerer at det er begrenset enighet om dette. Illustrasjon hentet fra IPCC (2021)

3.3 Gradvise globale klimaendringer og regionale variasjoner

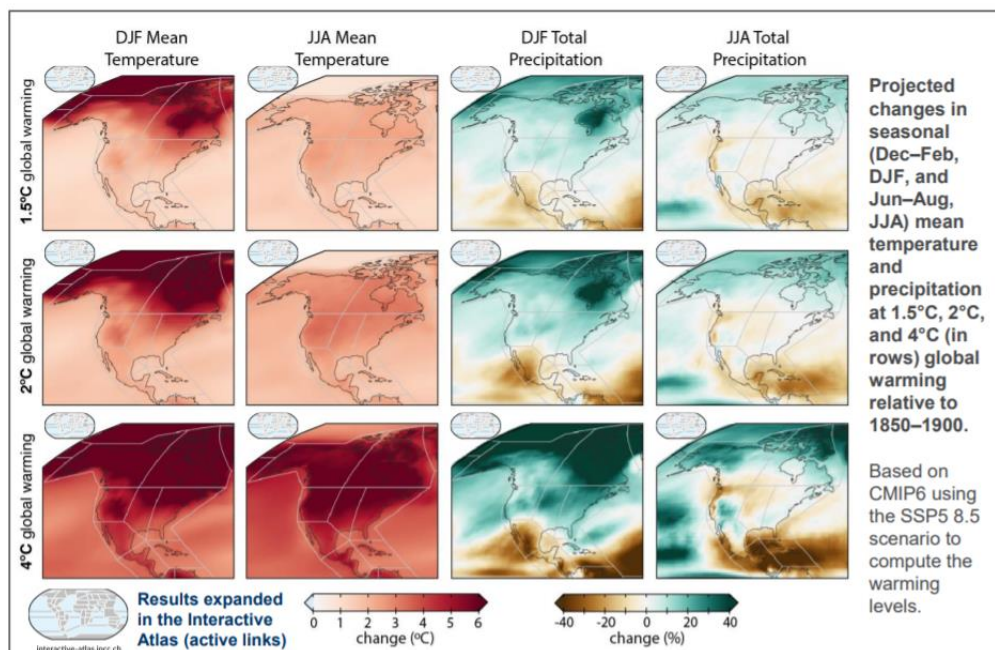
3.3.1 Temperatur

Global gjennomsnittstemperatur vil med stor grad av sikkerhet fortsette å øke utover i dette århundret (IPCC, 2021). I alle scenariene vil beste estimat for temperaturøkning relativt til 1850-1900 ha passert 1,5°C i løpet av 2041–2060 (se Tabell 3.1). I det høyeste scenariet vurderes det som svært sannsynlig at 4°C vil passeres i perioden 2081-2100. En økning på inntil 3°C utelukkes ikke som er verste utfall med det høyeste klimascenariet i perioden 2041–2060. Temperaturøkningen er særlig sterk på høye breddegrader, jf. Figur 3.2.



Figur 3.2 Geografisk fordeling av temperaturøkning for ulike globale oppvarmingsnivå. Illustrasjon hentet fra IPCC WG1/6 (IPCC, 2021). Når konsekvensene av klimaendringer for matsystemet skal vurderes, er det de faktiske værforholdene i den enkelte region og i ulike faser av produksjonssesonger som er av størst relevans. Økningen i global gjennomsnittstemperatur er derfor nedskalert og viser da store variasjoner mellom regioner og mellom årstider.

Figur 3.3 illustrerer store forskjeller i nedbør og temperatur i Nord-Amerika under ulike nivåer for global oppvarming. USA og Canada er i likhet med blant andre Brasil store eksportland for kornvarer. Klimaendringenes påvirkning i disse landene er derfor av kritisk betydning for stabiliteten i verdens kornhandel og prisvolatiliteten i matvaremarkedene. Se også kapittel 4.10 om grenseoverskridende klimarisiko.

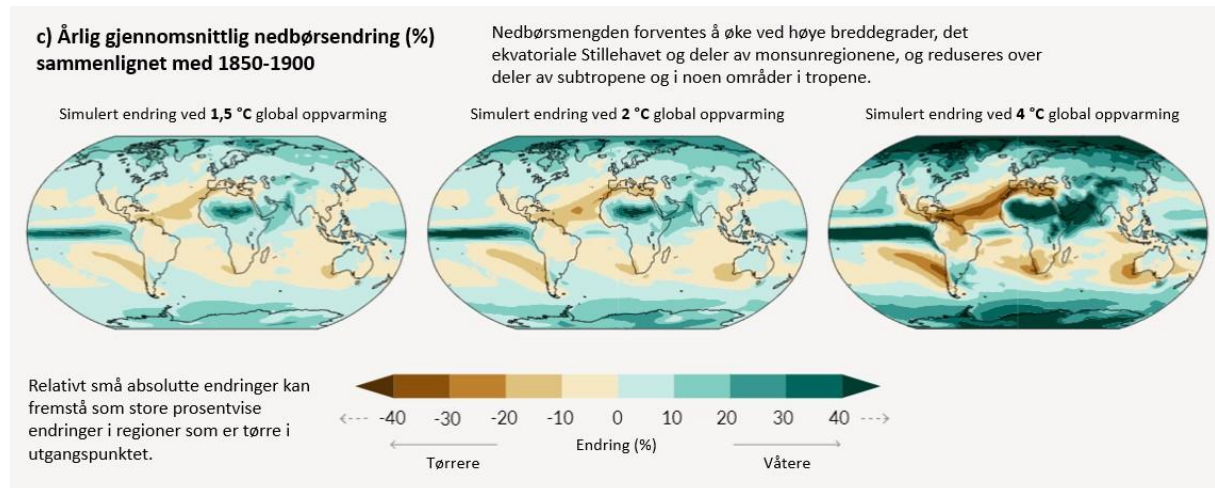


Figur 3.3 Eksempel Nord- og Sentral-Amerika. Projisert endringer i sesongmessig (desember-feb., DJF, og jun.–aug., JJA) gjennomsnitt temperatur og nedbør ved 1,5°C, 2°C, og 4°C globale oppvarming i forhold til 1850–1900. Basert på CMIP6 ved bruk av SSP5 8.5 scenario for å beregne oppvarmingsnivåer. Illustrasjonen er hentet fra IPCCs regionale, interaktive klimaAtlas⁹

⁹ IPCC WGI Interactive Atlas. <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

3.3.2 Nedbør

Økt energitilførsel til atmosfæren øker fordampingen og dermed innholdet av vanddamp i atmosfæren. Dette fører til både økt total nedbør og mer intense nedbørsepisoder, men med til dels endret regional fordeling og endret nedbørsmønster gjennom året. Ved en oppvarming på 1,5°C vil et lite antall regioner oppleve endringer i den gjennomsnittlige nedbørsmengden, mens ved 2°C oppvarming forventes det med høyere sikkerhet større økninger i alle polarområdene, Nord-Europa, Nord-Amerika, de fleste asiatiske regioner og to regioner i Sør-Amerika. Ved 4°C oppvarming forsterkes endringene i alle regioner. Forenklet sagt betyr det at de tørre regionene blir tørrere og de våte blir våtere. Dette er vist i Figur 3.4.



Figur 3.4 Geografisk fordeling av nedbørsendring for ulike oppvarmingsnivåer. Illustrasjonen er hentet fra IPCC (2021).

3.3.3 Klimaendringer og hav

Klimapanelets spesialrapport om hav og kryosfære (IPCC, 2019b) og rapporten om det fysiske klimasystemet (IPCC, 2021) beskriver konsekvensene av økte CO₂- utslipp på havet og havøkosystemene. Menneskeskapte CO₂- utslipp og global oppvarming forårsaker stigende havtemperatur, havforsuring, redusert oksygeninnhold i vannmassene og endringer i næringsstoffkretsløpene. Oppvarmingen av havene nådde nye rekordhøyder i 2019 og dette fortsatte i 2020. Oppvarmingen viser en særlig sterk økning i de siste to tiårene (World Meteorological Organization, 2021). Effektene av menneskeskapte CO₂-utslipp og global oppvarming på havet er skjematisk illustrert i Figur 3.5.

En stor del av CO₂- utslippene hittil er tatt opp i havet og har resultert i forsuring. Både havnivåstigningen og forsuringen av havene vil fortsette i svært lang tid selv om utslippene reduseres eller når netto null. Global oppvarming medfører endret havtemperatur, med regionale forskjeller avhengig av hvordan de store havstrømmene påvirkes og av økt avsmelting av isbreer og iskapper. Oppvarmingen fører også til økt frekvens av marine hetebølger, til oppvarming av havet i dypere lag og påvirker lagdelingen i vannmassene (IPCC, 2019b). Også i nordlige havområder, antas det at frekvens, intensitet og varighet av marine hetebølger vil fortsette å øke med ytterligere temperaturøkning. Dette inkluderer Polhavet hvor de relative temperaturendringene kan ha større effekter, og kystnære områder der tæreøkosystemene er spesielt sårbare. Det nordlige Barentsområdet varmes dermed opp fem til syv ganger det globale gjennomsnittet. Temperaturøkningen ser ut til å være enda sterkere koblet til den store reduksjonen av havis i forhold til hva tidligere studier har vist (Borgman, Foldager Pedersen, & Upadhyay Stæhr, 2022).

Isaksen & al (2022) har funnet at oppvarmingen over det nordlige Barentshavet er opp mot dobbelt så stor som hittil kjent. Temperaturøkningen målt ved lokale værstasjoner nord og øst på Svalbard er

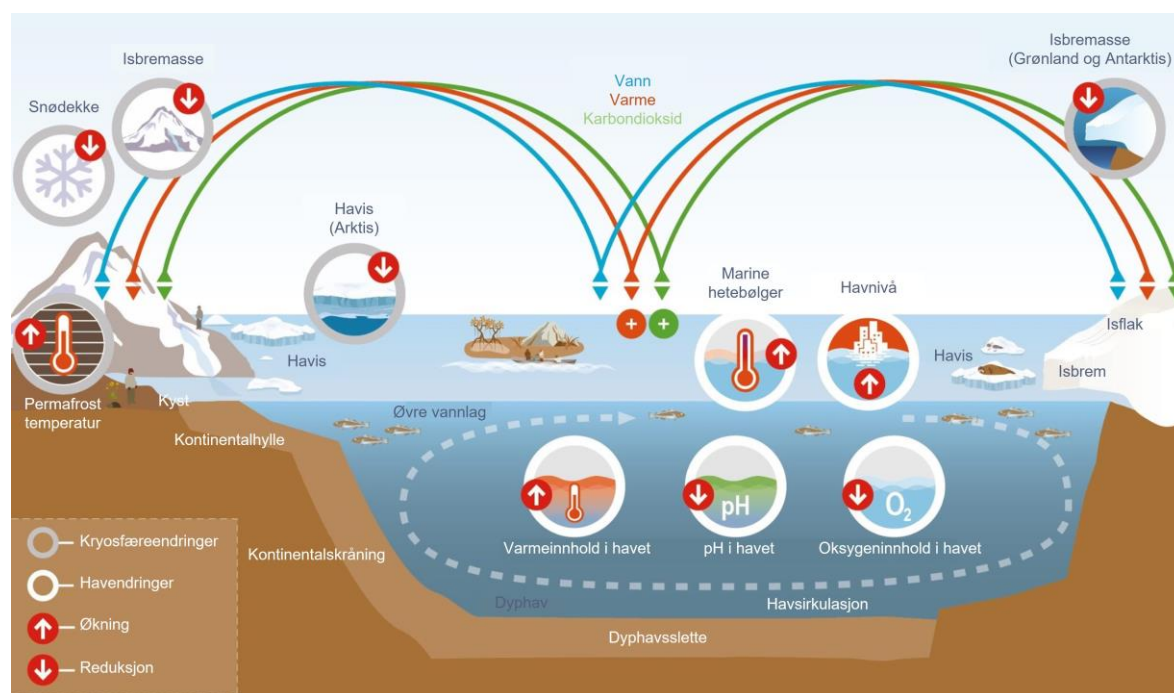
opptil 2,7 °C per tiår. Oppvarmingen der er dobbelt så stor i forhold til hva som er registrert på Svalbard hittil, altså fra de vestlige og sørlige delene (Isaksen, Nordli, Ivanov, & al, 2022).

Selv om den gjennomsnittlige økningen i havområdenes temperatur vil jevnt og gradvis, er det ingen garanti for at ikke ekstremhendelser og vippepunkter, kan føre til umiddelbare endringer av hele økosystemer langs kysten ifølge en kommentar fra Havforskningsdirektør Nils Gunnar Kvamstø (Hommedal, 2022).

Havøkosystemene påvirkes i tillegg til av klimaendringer også av en rekke andre naturlige og menneskeskapt faktorer. Havforskningsinstituttet har nå for første gang gjort en systematisk kartlegging av alle faktorer som kan sette norskekysten under press, illustrert med et «Risikokart for kysten». Det gir en oversikt over den totale, samlede belastningen kysten blir utsatt for og viser at klimaendringer i samspill med andre påvirkninger, kan ha gjensidig forsterkende effekter (Hommedal, 2022).

Det er flere faktorer, herunder tilførsel av næringsstoffer og forurensning til kystnære havområder, som fører til at til havet får dårligere evne til å holde på oksygenet og at oksygenivået i havet derfor synker. Fordeling av oksygen nedover i vannsøylen kan reduseres, særlig hvis vannets strømming stagnerer ved sterk lagdeling. Dette kan føre til at det dannes områder med oksygenfattig eller oksygenfritt hav. Oksygen i havet er nødvendig for å opprettholde det meste av marint liv. Siden tidlig på 1980-tallet har forekomsten av skadelige algeoppblomstringer og patogene organismer økt i kystområder som resultat av oppvarming, redusert oksygeninnhold og eutrofiering (IPCC, 2019b).

Havforskningsinstituttet rapporterer at tap av oksygen nå pågår i åpne havområder, i kystvann, lukkede sjøer og i fjorder. Det som skjer i terskelfjorder langs norskekysten er at vannet i Nord-Atlanteren er blitt varmere og dette gjør vannet lettere. For å få skiftet ut vannet i fjordbassenget, må vannet ved terskelen være tyngre slik at det kan strømme inn i fjorden. Når vannet fra kysten blir lettere, kan det gå lengre tid mellom hver gang man får tungt nok vann som kan renne over terskelen, inn i fjordbassenget og dermed erstatte det oksygenfattede bunnvannet.



Figur 3.5 Skjematisert illustrasjon av viktige komponenter og endringer i havet og kryosfæren, og deres forbindelser i jordsystemet gjennom den globale utvekslingen av varme, vann og karbon. Klimaendningsrelaterte effekter (økning/reduksjon angitt med piler i piktogrammer) i havet inkluderer havnivåstigning, økende havoppvarming og marine varmebølger, økende oksygentap og forsuring av havet.

Kilde: IPCC (2019b)

Det er høyst sannsynlig at de øvre nivåene i havet har blitt mer lagdelt siden 1970. Både oppvarming og redusert saltinnhold gjør seg gjeldende på høye breddegrader fordi overflatevannet som følge av smelting av is får lavere tetthet over tid i forhold til dypere hav, noe som hemmer utvekslingen mellom vann i øvre vannlag og dypere sjikt.

3.4 Ekstremvær

Selv om det er viktig å forstå store endringer i klimaet, er de mest akutte virkningene av vær og klima ofte ekstreme meteorologiske hendelser som kraftig regn og snø, tørke, hetebølger, kuldebølger og stormer, inkludert tropiske stormer og sykloner (World Meteorological Organization, 2021). Klimapanelet vurderer at menneskeskapte klimaendringer allerede påvirker frekvens og intensitet av ekstremhendelser over hele verden.

Rapporten fra Klimapanelet om det fysiske klimasystemet melder om sterkere bevis for både økt forekomst og økt intensitet av ekstremhendelser som hetebølger, ekstremnedbør, tørke og tropiske sykloner (IPCC, 2021). Enhver økning i global oppvarming tilfører atmosfæren og det hydrologiske kretsløpet energi. Med økende temperatur øker også energien i atmosfæren og havene, noe som forsterker de biofysiske prosessene og fører til ytterligere økt frekvens og intensitet av ekstremhendelser. Én grad høyere global gjennomsnittstemperatur kan øke intensiteten av ekstremnedbør med 7 prosent (IPCC, 2021). Disse forholdene vil øke risiko for sjokk i matsystemet. Når systemene allerede er stresset som følge av de gradvise klimaendringene, vil virkningene av de ekstreme værhendelsene kunne bli mer dramatiske.

La Niña er ikke ekstremvær, men en relativt vanlig tilstand (som opptrer med 2-7 års mellomrom) med uvanlig kjølig overflatevann i ekvatoriale deler av sentrale og østlige Stillehavet. Denne tilstanden kan imidlertid føre med seg ekstremvær. Da La Niña inntraff i løpet av 2020/21, ble det observert endringer i nedbørssesongene og forstyrrelser i landbruksproduksjon over hele verden. Ekstreme værhendelser i nedbørssesongen 2021 forsterket effektene av sjokk fra året før, noe som gjør det stadig vanskeligere å kvantifisere påvirkninger som følge av én enkelt hendelse. Påfølgende tørke over store deler av Afrika, Asia og Latin-Amerika har sammenfalt med alvorlige stormer, sykloner og orkaner, som i betydelig grad påvirker befolkningens levekår og evnen til å komme seg etter tilbakevendende værsjokk (World Meteorological Organization, 2021). Dette kan uttrykke noe av utfordringene som følger av at gradvise klimaendringer bringer verden over i en mer kronisk situasjon med hyppigere forekomst av det som hittil har vært sjeldne ekstremhendelser.

3.5 Hendelser med lav sannsynlighet, men høy påvirkning

Noen hendelser kan ha lav sannsynlighet eller være lite kjent, men ha store virkninger for natur og samfunn. Slike hendelser omtales som hendelser med lav sannsynlighet, men høy påvirkning (IPCC, 2021; IPCC, 2022). Eksempler på dette kan være kollaps av innlandsis, brå endringer i havsirkulasjon, oppvarming som er høyere enn det som regnes som svært sannsynlig, lange tørkeperioder og i tillegg sammenfallende ekstremhendelser. Noen av disse vil også kunne utgjøre vippepunkter, hvilket beskriver den kritiske terskelen klimasystemet kan overgå, med ofte brå og/eller irreversible klimaendringer som konsekvens (omtalt mer i avsnitt 3.7).

En stor andel av den del av global matproduksjon som er grunnlag for verdenshandelen, er konsentrert til noen deler av kloden (også kalt breadbaskets). Dette er svært viktige regioner i verden fordi de i stor grad bidrar til den globale matforsyningen. Ekstremvær og langvarig tørke i disse regionene vil derfor ha stor innvirkning på global matproduksjon, matvarehandel og stabiliteten i markedene. Det vil særlig kunne svekke matvarehandelens utjevne effekt som bidrag til forsyningssikkerheten, dersom det inntreffer samtidige ekstremværhendelser med avlingssvikt som konsekvens i to eller flere av disse regionene. Slike sammenfall omtales som samtidige klimasjokk

(Simultaneous extreme weather events) (Bailey, 2015). Kunnskapen om risiko for slike hendelser er begrenset, men risikoen for samtidige ekstremhendelser med klimasjokkeffekt på matproduksjonen vurderes av Klimapanelet å være økende (IPCC, 2021).

Hendelser med lav sannsynlighet, men høy påvirkning kan opptre på globale og regionale nivåer selv om oppvarmingen holder seg innenfor intervallet regnet som "svært sannsynlig" i hvert scenario. Det vurderes av Klimapanelet å være høy faglig sikkerhet for at sannsynligheten for slike utfall øker med høyere global oppvarming (IPCC, 2021). Brå endringer og vippepunkter i klimasystemet, som sterk økt issmelting i Antarktis og omfattende skogdød, kan altså ikke utelukkes og er en del av bakteppet for utvikling av scenarier for risikovurdering.

3.6 Sammenfall av klimarelaterte hendelser

Klimapanelet viser til at siden 1950-tallet har menneskelig innvirkning sannsynligvis økt sannsynligheten for sammenfallende ekstremhendelser. Sammenfallende ekstremhendelser er kombinasjonen av flere klimarelaterte hendelser som utgjør en risiko for samfunn eller natur. Dette kan for eksempel være at hetebølger og tørke skjer på samme tid, at kombinasjonen av stormflo og kraftig nedbør fører til flommer, eller en kombinasjon av varme, tørke og vind som gir stor skogbrannfare. Med økende global oppvarming øker sannsynligheten for sammenfallende ekstremhendelser som kan føre til samtidige klimasjokk i viktige globale matproduksjonsregioner.

Klimapanelet vurderer det som spesielt sannsynlig at sammenfallende hetebølger og tørke i flere regioner vil skje oftere (IPCC, 2021). Et annet eksempel kan være forekomst av ekstremt, varig høytrykk og tørke i en region samtidig med vedvarende ekstremt lavtrykk og nedbør, i en annen.

Samtidige avkastningstap på tvers av store produserende regioner kan være en trussel mot matsikkerheten, men dette var ikke kvantifisert i IPCC AR5-rapporten. I AR6WG2 rapporten pekes på at sammenfallende hendelser på flere steder, som for eksempel kan ramme flere av verdens viktigste kornområder samtidig), antagelig vil skje hyppigere ved 2°C oppvarming sammenlignet med 1,5°C. Med økende global oppvarming vil noen sammenfallende ekstremhendelser som hittil har hatt lav sannsynlighet skje hyppigere, og det er en høyere sannsynlighet for at det vil opptre hendelser med intensiteter, varigheter og/eller utbredelse som ikke tidligere er observert (IPCC, 2022). Bevisene for at faren for samtidig avlingssvikt øker med de pågående klimaendringen er fortsatt begrenset.

Forskere ved Oxford University har imidlertid funnet at jetstrømmønstre kan påvirke værforhold med stor effekt for opptil en fjerdedel av den globale matproduksjonen. I en artikkel som er publisert i Nature Climate Change (Kornhuber & al, 2019) vises hvordan spesifikke mønstre i jetstrømmene øker sannsynligheten for samtidige hetebølger i store matproduserende regioner. Vest- og Nord-Amerika, Vest-Europa og Den kaspiske havregionen er spesielt utsatt for disse atmosfæriske mønstrene som fører til samtidige varmebølger og tørke. Denne forskningen finner at samtidige hetebølge og tørke kan svekke jordbruksproduksjonen betydelig på tvers av disse regionene. Resultatet er avlingssvikt, som igjen kan ha vidtrekkende samfunnsmessige konsekvenser, inkludert sosial uro (Kornhuber & al, 2019).

3.7 Vippepunkter og kaskadeeffekter

Vippepunkter beskriver endringer i et systems respons på klimaendringer som avviker sterkt fra en gradvis, i hovedsak lineær endring i systemer. Det kan være forårsaket av en forstyrrelse som forårsaker en uforholdsmessig stor endring i systemet. Med vippepunkter introduseres en ikke-lineær dynamikk. Vippepunkter forekommer i ikke-lineære dynamiske systemer når en trinnvis endring i en bestemt variabel fører til en plutselig endring til en ny likevektstilstand (Ditlevsen, 2017). IPCC omtaler et vippepunkt som "a critical threshold beyond which a system reorganizes, often abruptly and/or irreversibly" (IPCC, 2021). Norsk klimastiftelse definerer det slik: "En kritisk terskel der en liten endring i et naturlig system kan få det til å utvikle seg kraftig og irreversibelt» (Bjartnes, 2021).

Når et vippepunkt passeres utløses endringer som innebærer rask overgang i et system fra en tilstand til en annen. Dette er særlig kritisk hvis endringene er umulig å reversere. Denne plutselige endringen kan utløse en langt raskere utvikling mot det som kan være en katastrofal eller krisepreget tilstand. En global temperaturøkning begrenset til 1,5°C innebærer mindre fare for å passere alvorlige vippepunkter.

Effekten av at vippepunkter passeres og som har særlig relevans for landbruksproduksjon, er økt tørke. Selv om tørke gradvis kan utvikle seg over mange måneder, kan tørke også fungere som en plutselig, dramatisk utløser for svikt i matproduksjon og ødeleggelse av avlinger. Tørke kan derfor ha ikke-lineære effekter på matsystemet. Mens en gradvis mer alvorlig global matvaresituasjon kan føre til risiko for omfattende migrasjon, vil en plutselig effekt utløst av at vippepunkter passeres, kunne føre til brå endring. I samfunn med svak responskapasitet kan brå endringer med kort varslingsstid medføre hungersnød og utløse sosial og politisk uro.

Kaskadeeffekter (eller kjedereaksjoner) oppstår når ett element overskrider sin kritiske terskel, og konsekvensen er at dette fører til at det samme skjer med et annet element i samme system eller i andre systemer, se mer om dette i kapittel 4.11 Konsekvensene av en utvikling der ett eller flere elementer passerer vippepunkter, kan altså være at det skapes selvforsterkende drivkrefter for akselerert endring i klimasystemet.

Gjennomgripende hendelser og tilbakemeldingsløyper kan f.eks. være tørke som kan fungere som utløsende for kaskadehendelser og tilbakekoblingsmekanismer (feedbackreaksjoner) som ytterligere forverrer den opprinnelige faren. Spesielt er det gjensidig avhengighet mellom farer som hetebølger og langvarig tørke, som kan utløse ulike kjeder av hendelser. Hvis responsene forsterkes av systemsårbarheter, kan disse kjedene forårsake skade på utsatte funksjoner som landbruksproduksjon, kritisk infrastruktur eller servicetjenester (logistikk). Eksempelvis kan det gjelde for et matsystem som har begrensede lagre eller svakheter i logistikksystemene som forsterker effektene av produksjonssvikt, særlig i land med svak økonomi og svake sosiale sikkerhetsnett.

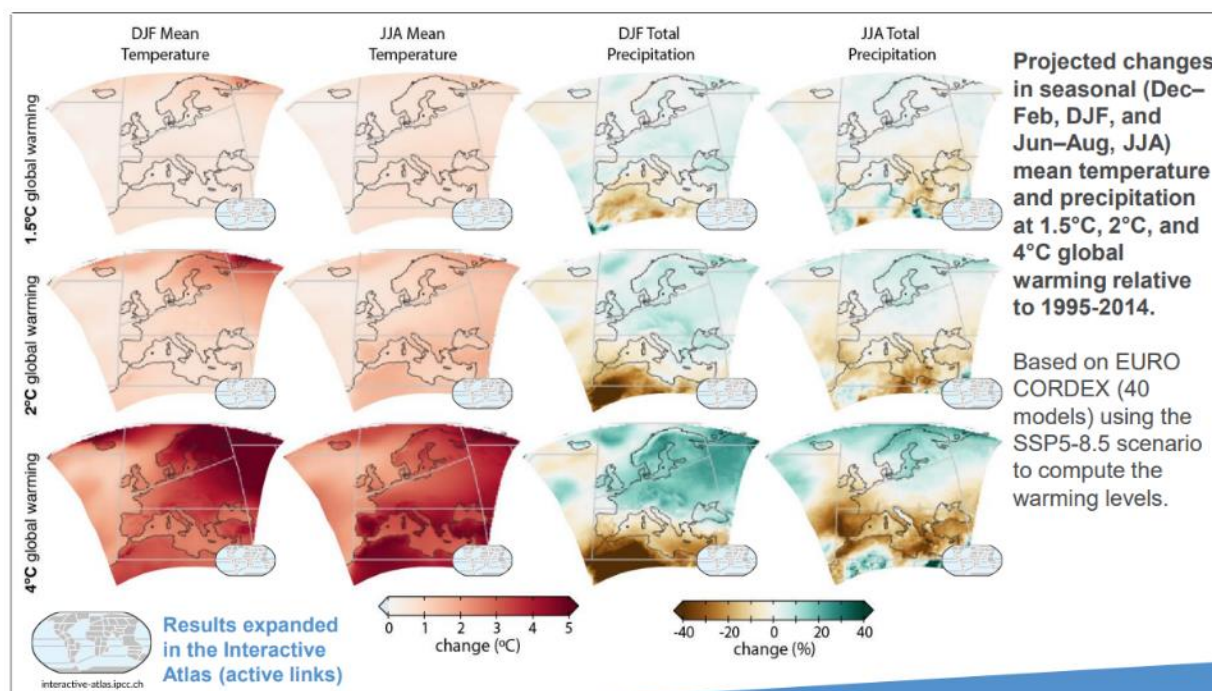
3.8 Klimaendringer i Europa

Norge har betydelig import av mat- og fôrvarer fra Nord- og Sør-Amerika og Asia. Men fordi en stor del av Norges handel med matvarer er med europeiske land og klimaet i Europa i større grad kan variere i takt med klimaendringer og vær i Norge, omtales klimaendringer i Europa særskilt nedenfor.

Både EU-landene, Russland og Ukraina er i normalår store korneksportører. Det er derfor av særlig betydning for klimarisiko i det norske matsystemet å forstå hvordan klimaendringene vil påvirke forutsetningene for matproduksjon i Europa, fordi klimaendringer og klimasjokk som rammer Nord-Europa vil kunne ramme innenlandsk norsk produksjon samtidig.

Klimapanelet viser at deler av Europa vil oppleve høyere nivåer av oppvarming enn det globale gjennomsnittet, men også at det er forventet betydelige forskjeller mellom europeiske regioner. Illustrasjonene i Figur 3.6 viser også store forskjeller mellom ulike deler av Europa til ulike årstider (IPCC, 2021).

Temperaturøkningen er sterkest i nordlige områder i vintersesongen, mens det er størst temperaturøkning i områdene rundt Middelhavet i sommersesongen. Reduksjonen i nedbør er størst i sør i sommersesongen mens økningen i nedbør er størst i Mellom- og Nord-Europa i vintersesongen. Samlet er bildet at økt temperatur og redusert nedbør opptrer i begge sesonger i Sør-Europa, mens bildet er noe mindre tydelig i Nord-Europa selv om det også her er økende temperatur i begge sesonger, men også samtidig noe økt nedbør. Dette indikerer at konsekvensene for mat- og biomasseproduksjon i Europa vil større i Middelhavsområdet enn Mellom- og Nord-Europa (EEA, 2019).



Figur 3.6 Beregnede endringer sesongbasert (desember–februar, DJF, og juni–august JJA) for gjennomsnittlig temperatur og nedbør ved 1,5 °C, 2 °C og 4 °C globalt relativ oppvarming til 1995-2014 for Europa. Basert på EURO CORDEX (40 modeller) ved hjelp av SSP5-8.5-scenario for å beregne oppvarmingsnivåer.

Kilde: IPCC (2021)

Det Europeiske miljøbyrået (EEA) har vurdert klimaendringene for landbrukssektoren for de viktigste biogeografiske regionene i Europa, se Figur 3.7. Utslagene for jordbruket samsvarer med utviklingen av temperatur, nedbør og dermed både tørke og varmetress i Sør-Europa og mer moderat økning av nedbør og sterk økning i temperatur i Nord-Europa, se Figur 3.6 (EEA, 2019). EEA peker på at endringer i temperatur og nedbør så vel som ekstreme værforhold allerede har påvirket avlinger og husdyrenes produktivitet i Europa. Været og klimaforholdene påvirker tilgang på vann for vanning, vann til husdyr, vann til industri, samt transport og lagringsforhold. EEA peker videre på at selv om nordlige regioner i Europa vil få lengre vekstsesong, vil økt frekvens av ekstremhendelser virke negativt på jordbruket. I tillegg beskriver EEA at en kaskade av effekter av klimaendringer på produksjoner utenfor Europa vil påvirke priser, produktmengde og -kvalitet, handelssystemer og som en konsekvens av dette også økonomien i europeisk jordbruk.



Figur 3.7 Effekter av klimaendringene for landbrukssektoren for de viktigste biogeografiske regionene i Europa.

Kilde: EEA (2019)

3.9 Klima i Norge

3.9.1 Historisk

Rapporten «Klima i Norge 2100» dokumenterer at klimaet i Norge er betydelig endret over de siste vel hundre årene. Årsmiddeltemperaturen i Norge har økt med ca. én grad fra 1900 til 2014. I dette tidsrommet har det vært perioder med både stigende og synkende temperatur, men de siste 40 år har økningen vært markant. Årsnedbøren har økt siden 1900, og for landet som helhet er økningen i gjennomsnitt på ca. 18 prosent (Hansen Bauer & al, 2015).

Både analyser av temperaturdata, bruk av en vegetasjonsindekser og fenologiske data bekrefter bildet av at vekstsesongens lengde har økt over store deler av landet siden 1970. I perioden 1971-2000 hadde ca. 37 000 km² av Norges areal en vekstsesong på over 180 dager. Dette har økt til over 45 000 km² i 30-årsperioden 1985-2014.

3.9.2 Klimaendringer under ulike utslippsbaner

Rapporten Klima i Norge 2100 gir en helhetlig oversikt over projeksjoner for klimautviklingen i Norge mot 2100 (Hansen Bauer & al, 2015). Hovedbudskapet er at ved fortsatt økte menneskeskapte

klimagassutslipp vil Norge bli varmere, få mer årsnedbør, oftere og kraftigere intens nedbør, mindre snø, isbreene vil bli mindre, endret flommønster, mindre smeltevannsflokker, men større og flere regnflokker, havnivået vil stige, men det kan også forekomme nedbørfattige perioder med mer tørke og skogbrannfare.

Rapportens klimaframskrivninger tok utgangspunkt i klimamodellene referert til i Klimapanelets femte hovedrapport og benyttet deres utslippsbaner RCP2.6 (kun temperatur), RCP4.5 og RCP8.5 (alle variabler), hvilket representerer hhv. en lav, midlere og høy utslippsbane. Vi finner ikke informasjon i Klimapanelets rapport av august 2021 (The Physical Science Basis) som forandrer hovedbildet av fremtidige klimaendringer i Norge under de ulike utslippsbanene. Forskjellen er at grunnlaget er sikrere, blant annet når det gjelder hva den siste rapporten viser gjennom regionale nedskaleringer. Det er også vist til at endringene skjer raskere enn hva som ble lagt til grunn i femte hovedrapport.¹⁰

Episodene med styrtregn vil komme oftere og bli kraftigere, nedbørsmengden på dager med kraftig nedbør vil øke med 18 prosent og intens nedbør med kortere varighet enn ett døgn vil øke med ca. 30 prosent.

Frem til perioden 2071–2100 forventes årstemperaturen for Norge å øke med 4,5 grader i den høye utslippsbanen, sammenlignet med årene 1971–2000. Størst oppvarming vil komme om vinteren og minst om sommeren (Hansen Bauer & al, 2015).

Vekstsesongen er beregnet å øke betydelig fra perioden 1971–2000 til 2031–2060, særlig langs kysten. I et bredt belte fra kysten og innover i landet beregnes sesongen å øke med 1–2 måneder under høy utslippsbane. Fram mot slutten av århundret beregnes ytterligere cirka én måneds økning av vekstsesongen. Arealet med vekstsesong lengre enn 6 måneder beregnes å ha økt til ca. 105 000 og 165 000 km² under henholdsvis middels (RCP4.5) og veldig høy (RCP8.5) utslippsbane fram mot midten av århundret (Hansen Bauer & al, 2015).

For samfunnet i sin helhet skaper økt og mer intens nedbør størst konsekvenser i form av flom og overvann. For landbruket vil ekstremnedbør skade avlinger og i tillegg kunne føre til utvasking av jordsmonn og dermed tap av framtidig produksjonsareal. Behovet for investeringer i løsninger som kan håndtere nedbørsvariasjoner vil øke. Temperatur- og nedbørsendringer vil virke inn på økosystemenes produktivitet, landbrukets primærproduksjon og driftsforholdene, og blir dermed en mer direkte utfordring for landbruket enn for andre næringer (Hohle & al, 2016).

3.9.3 Regionale forskjeller i Norge

Klimaservicesenteret har utarbeidet regionale klimaprofiler for fylkene. Disse viser sammendrag av dagens klima, forventede klimaendringer og beskriver klimautfordringer. Klimaprofilene illustrerer endringer fra dagens klima (1971–2000) til slutten av århundret (2071–2100) og beskriver, i tråd med Regjeringens føringer, forventede klimaendringer med høy utviklingsbane for klimagassutslipp.

Nedbørsmønsteret vil endre seg med klimaendringene. Et varmere klima fører til mer fordamping, som vil gi mer tørke noen steder, mens den økte nedbøren kan også kompensere for økt fordamping.

For vurdering av hvordan klimaendringer kan påvirke matproduksjon i regionene er klimaprofilene for fylkene det beste tilgjengelige grunnlaget. For mer detaljerte vurderinger av konsekvenser for landbruket, må klimaprofilene suppleres med lokalkunnskap, ikke minst fordi klimaet i mange norske fylker inkluderer gradientene kyst-innland og lavland-fjellbygder. Fylkenes klima- og væreforhold vil derfor kunne variere mye innen relativt korte avstander grunnet store forskjeller; - fra mildt og fuktig klima langs kysten, til kontinentalt og tørt klima i innover i landet (Søgaard, et al., 2021).

¹⁰ Se [EEAs rapport om trender i klimaindikatorer for Europa](#) for mer detaljer om utviklingen i Europa

Forskjeller mellom landsdeler kan f.eks. indikere om det er sannsynlig at flere regioner eller fylker vil rammes samtidig av de samme værhendelser. Det meste av kornproduksjonen i Norge foregår på Østlandet og i Trøndelag, mens Vestlandet og Nord-Norge er særlig avhengige av grasproduksjon. Det er derfor interessant å se om endringene i disse regionene antas å bli ulike. Med midlere utslippsbane (RCP4.5) vil årsnedbøren for Norge i gjennomsnitt øke med 8 prosent innen slutten av århundret, men med variasjon mellom landsdeler og årstider. Økningen fram til 2060 blir sannsynligvis ganske lik i Trøndelag (8 prosent) og på Østlandet (6 prosent). For Østlandet er det beregnet størst økning om vinteren (9 prosent) og om våren (14 prosent), mens i Trøndelag blir forandringen størst om sommeren (10 prosent) og høsten (14 prosent). Økningen i antall dager med kraftig nedbør varierer fra 26 prosent økning på Østlandet til om lag 40 prosent i Trøndelag. Det beregnes flest dager med kraftig nedbør om vinteren på Østlandet og om høsten i Trøndelag. Slike forskjeller har betydning for risiko knyttet til avlinger, forhold i våronn og under innhøsting og kan bidra til betydelige forskjeller mellom år (Søgaard, et al., 2021).

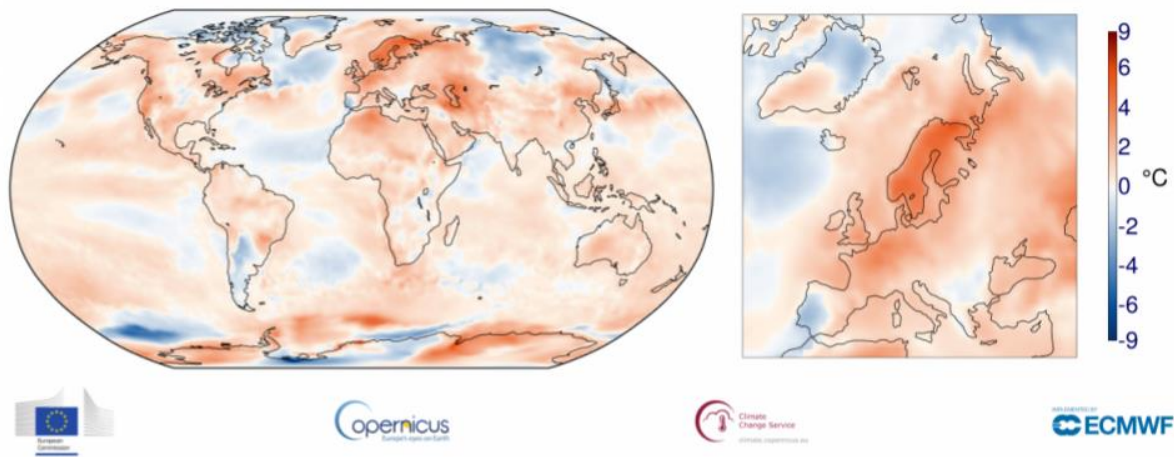
Eksempelvis er hovedbildet fra klimaprofilen for Trøndelag at klimarisiko i landbruket særlig er knyttet til konsekvensene av mer og kraftigere nedbør, dvs. økte problemer med overvann og endringer i flommer. Dette gjelder både om man legger midlere (RCP4.5) eller høy (RCP8.5) utslippsbane til grunn. Dette er også effekter som generelt er av særlig betydning for økonomisk skadepotensial og samfunnssikkerhet. Dette oppsummeres av Klimaservicesenteret med at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet, og det vil også føre til mer overvann. Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen. Faren for jord- og flomskred øker med økte nedbørmengder. Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred.

Når økt nedbør kommer som ekstremnedbør, som styrtregn, kan det ha så høy intensitet at jordsmonnet ikke klarer å absorbere alt vannet. Overflateavrenningen øker spesielt i bratt terreng og medfører økt risiko for flom og skred. Samtidig får man mindre infiltrasjon og etterfylling av mark- og grunnvannsmagasiner.

3.9.4 Tørkesommeren 2018 – en ekstremhendelse i Norge og Nord-Europa

Effekten av klimaendringer skyldes både gradvise endringer og økt forekomst, frekvens og intensitet av ekstremværhendelser. Ekstremvær kan være kortvarige, intense hendelser, men kan også strekke seg over lengre tid og påvirke en hel vekstsesong eller også forekomme to eller flere påfølgende vekstsesonger.

Meteorologisk institutt har oppsummert tørkesommeren 2018 (Skaland & al, 2019). Norge og Nord-Europa ble rammet av ekstrem varme og tørke som påvirket hele vekstsesongen i 2018. I store deler av Europa varte det uvanlig varme og tørre været i fem måneder. De store avvikene fra normaltemperatur er vist for juli måned i Figur 3.8. Ekstremsommeren 2018 gir erfaringer som utgangspunkt for å utforme scenarier for klimarisiko og klimasjokk i matsystemet.



Figur 3.8 Overflatetemperatur i juli 2018, avvik fra normal 1981-2010, høyre side viser særlig stort avvik i Skandinavia.

I Norge var mai måned i 2018 den varmeste noensinne. Gjennomsnittstemperaturen for hele landet i juni, juli og august var 1,8 grader over normalen. De største avvikene var på Østlandet, som lå 3–4 grader over normalen. Sommeren er den sjette varmeste i målinger tilbake til 1900. I mai og juni satte over 100 værstasjoner i Norge ny rekord for høy gjennomsnittstemperatur. Rundt 80 stasjoner satte ny rekord i maksimumstemperatur, og flere av disse lå over 30 grader (Skaland & al, 2019).

Høy temperatur og lite regn i mai-juli førte til markvannsunderskudd i jorda, svært lav grunnvannstand og svært liten vannføring i mange elver og bekker i Midt- og Sør-Norge. Tørken førte til skogbranner, dårlige avlinger for jordbruket, tomme brønner og drikkevannsmagasiner, og en anspent energisituasjon med høy strømpris (Skaland & al, 2019).

Enkelte værstasjoner i Nord-Norge hadde gjennomsnittstemperaturer nær normalen. Nedbøren i Nordland og Troms var på sin side 150–200 prosent høyere enn normalt. Samtidig hadde flere stasjoner i Østfold og Vestfold under 40 prosent av normal nedbør. Også de arktiske værstasjonene kunne vise til varmerekorder i 2018 (Skaland & al, 2019).

Konsekvenser av ekstrem sommeren 2018 er oppsummert slik (Skaland & al, 2019):

- *Det ble svært tørt i det meste av Sør-Norge i løpet av juni og den første synlige konsekvensen var stor skogbrannfare i store deler av Sør-Norge. Sommeren 2018 ble den mest ekstreme skogbrannperioden i Norge noensinne.*
- *Stort markvannsunderskudd av vann i jorda førte til svært dårlige gras- og kornavlinger. Allerede i begynnelsen av juli vurderte flere bønder å sende dyr til slaktning på grunn av manglende fôr. Tørken førte generelt til avlingsvikt og store økonomiske tap for mange bønder i Midt- og Sør-Norge og påførte bøndene tap på anslagsvis 5-6 milliarder kroner.*
- *Flere brønner og drikkevannsmagasiner i Sør-Norge gikk tomme, eller nesten tomme, for vann. Flere kommuner måtte innføre sparetiltak i løpet av sommeren. På grunn av kombinasjonen tørke og stort vannforbruk ble det innført vanningsrestriksjoner allerede i juni. I juli ble det rapportert restriksjoner i flere kommuner.*
- *Lite vann i elver og vannkraftmagasiner, sammen med stort strømforbruk i Norge og Europa, bidro også til økt strømpris i Norge. Den hydrologiske balansen for Norge ble estimert til -23 TWh allerede ved utgangen av andre kvartal (starten av juli), noe som tilsvarer ca. en femdel av den normale vannkraftproduksjon til Norge. I løpet av september hadde de fleste vannkraftmagasiner fylt seg gradvis opp, og den hydrologiske balansen nærmet seg normalen i starten av november med et underskudd på 6 TWh.*

Meteorologisk institutt har oppsummert årsaken til den ekstreme tørkesommeren 2018 (Skaland & al, 2019):

- *En av hovedgrunnene til det langvarige varme og tørre været i Norge sommeren 2018, var et høytrykk som lå plassert over Skandinavia i lengre perioder, særlig i mai og juli. Dette høytrykket blokkerte for lavtrykkene som vanligvis bringer med seg nedbør fra vest innover våre områder. Hvor høytrykkene og lavtrykkene havner påvirkes av jetstrømmen, en svært kraftig vind i ca. 10 km høyde. Sommeren 2018 var jetstrømmen nokså svekket og tok en nordlig bane, noe som holdt lavtrykkene på avstand.*
- *Menneskeskapte klimagassutslipp gjør at verden stadig blir varmere. Den globale oppvarmingen kommer på toppen av de naturlige temperaturvariasjonene og gir stadig flere hetebølger og varmere rekorder.*
- *Risikoen for å få en hetebølge som den vi hadde sommeren 2018 i Nord-Europa er funnet å være mer enn dobbelt så stor med klimaendringene som den ville vært uten. Stigende temperaturer kan gi økt risiko for tørkesommerer i Sør-Norge i framtida, selv om klimaendringene sannsynligvis bringer mer nedbør i Norge totalt gjennom året.*
- *Det er mulig at klimaendringene påvirker jetstrømmen direkte, og at det dermed kan bli mer vanlig med slike stabile vær-situasjoner i framtida, men mer forskning trengs for å bekrefte dette. Med klimaendringene beregnes det mange framtidige Oslo-sommerer som vil være varmere enn det tørkesommeren 2018 var, men ikke mange som vil være like nedbørfattige.*
- *Generelt vil nedbøren øke, og det beregnes flere ekstremnedbørhendelser. Men ettersom middel nedbøren om sommeren beregnes å endre seg lite, og nedbøren fordampes raskere når det er varmt, må vi likevel være forberedt på at det kan bli hyppigere og mer alvorlige tørkesommerer i Sør-Norge i framtida.*

4 Klimaendringer og påvirkning på matproduksjon

Mens forrige kapittel redegjorde for klimaendring globalt, regional og nasjonalt, skal vi her drøfte disse klimaendringenes påvirkning på global og nasjonal produksjon på landarealer, i akvakultur og i havøkosystemene. Klimaendringene vil påvirke en rekke parametere som avgjør både retning og omfang av endring og utvikling i primærproduksjonen. Endringer i produksjon har direkte effekter som påvirker verdikjedene for mat i form av blant annet kaskadeeffekter. Hvordan matsystemet som helhet kan håndtere variasjoner i jordbruksproduksjonen, drøftes i kapittel 7.

Klimapanelets Landrapport inneholder omfattende vurderinger av sammenhenger mellom arealbruk, klimaendringer og matproduksjon (IPCC, 2019c). Klimapanelets Havrapport har en tilsvarende gjennomgang av kunnskapsstatus for klimaendringenes påvirkning på akvakultur, havøkosystemenes produktivitet og effekter for bestander av høstbare fisk og andre marine organismer (IPCC, 2019b). Arbeidsgrupperapporten om det fysiske klimasystemet inkluderer omtale av de godt dokumenterte sammenhengene mellom klimaendringer, behov for utslippsreduksjoner, tap av biologisk mangfold, økende knapphet på vannressurser og svekket utvikling av matproduksjon (IPCC, 2021).

Klimaendringer påvirker matsikkerheten både gjennom klimaendringenes direkte betydning for avlingenes størrelse og kvalitet, og indirekte ved endret vanntilgang og vannkvalitet, økt forekomst av skadedyr, plante- og dyresykdommer og forstyrrelser i pollinering. En annen påvirkning skyldes CO₂ i atmosfæren direkte gjennom påvirkning på netto primærproduksjon (NPP) i form av biomassemengde og plantenes ernæringsmessige kvalitet. Svinn og kvalitetsforringelse av mat kan også forverres under transport og lagring som følge av endret klima (IPCC, 2019c).

Klimaendringer som svekker matproduksjonen i land som er store produsenter og eksportører av mat, kan ha bidra til å svekke matsikkerheten i land hvor matsikkerheten er avhengig av betydelig import. Slike sammenhenger illustrerer at klimarisiko i matsystemet er grenseoverskridende (Adams, Benizie, Croft, & Sadowski, 2021).

4.1 Jordbruksproduksjon globalt

Globalt utnytter jordbruket rundt 4 750 millioner hektar for planteproduksjon og husdyrhold. Åkervekster dyrkes på over 1500 millioner ha, mens permanente enger og beite omfatter nesten 3 300 millioner ha. FAOs rapport *The state of the world's land and water resources for food and agriculture* (SOLAW-report 2021) gir oppdatert informasjon om status for areal-, jord- og vannressurser, og dokumenterer alarmerende trender i ressursbruk på globalt nivå (FAO, 2021b). Usikkerheten om klimaendringer og de komplekse koblingene mellom klima og påvirkning på landarealer skaper forsterket risiko for svikt i matproduksjonen med påfølgende forstyrrelser i global mat- og fôrvarerhandel.

Det er dokumentert at klimarelaterte årsaker fører til at avlingstapene øker. Tørkerelatert avlingstap har forekommet på cirka 75% av de høstede jordbruksarealene og dette har økt de siste 7 år (IPCC, 2022). IPCC refererer videre til forskning som viser at de kombinerte effektene av varme og tørke har redusert de globale gjennomsnittlige avlingene av mais, soyabønner og hvete med 11,6, 12,4 og 9,2%. I Europa er avlingstap på grunn av tørke og varme tredoblet de siste fem tiårene.

Mengden mat produsert globalt ble mer enn tredoblet fra 1961 - 2011, med en vekst på i gjennomsnitt 2,30% per år. Siden 1961 har matforsyningen per innbygger på globalt nivå økt med mer enn 30 %. De primære årsakene til økningen i produktivitet og avlinger var den grønne revolusjonen. Dette er en betegnelse for den markante økning i jordbruksavkastningen som fulgte av introduksjon av foredlede kornsorter (særlig hvete og ris. Uttrykket er særlig knyttet til Nobelprisvinner Norman Borlaugs planteforedlingsvirksomhet i perioden 1970–1990, særlig i Asia. Avlingsøkningen var avhengig av en

intensivering i bruk av innsatsfaktorer som vann, drivstoff, gjødsel og plantevernmidler. Fra 1961 til 2002 økte den globale gjødselbruken med 353 %, med en årlig vekstrate på 3,75 % (Gladek & al, 2017).

Matsystemenes evne til å forsyne en voksende befolkning med mat er presset av både klimatiske og ikke-klimatiske faktorer. Observerte klimaendringer påvirker allerede matsikkerheten gjennom økende temperaturer, skiftende nedbørsmønstre og høyere frekvens av ekstreme værhendelser. Effektene av klimaets påvirkning på produksjonen er ulik i ulike deler av verden, og effektene forsterkes av fattigdom og andre sosioøkonomiske faktorer. Økt temperatur har bidratt til å øke avlingene i enkelte produksjoner som mais, bomull, hvete og sukkerroer på høyere breddegrader, mens det er observert synkende avlinger i regioner på lavere breddegrader (IPCC, 2019c). Vegetabilske proteinkilder dominerer proteinforsyningen globalt (57 %), mens kjøtt (18 %), meieriprodukter (10 %), fisk og skalldyr (6 %) og andre animalske produkter (9 %) utgjør resten (FAO, 2010).

De grunnleggende, generiske sammenhengene mellom endringer i klima og vær og påvirkning på primærproduksjonen i matsystemene er gyldige både globalt og under norske forhold. Sunn plantevekst og avlinger bestemmes av faktorer som vann, næringsstoffer, temperatur, jordstruktur og kjemi, og lys. Med dagens klima som endrer seg raskere enn planter kan tilpasse seg, utgjør dette et grunnleggende problem for jordbruket. Som et resultat blir avlingene mer usikre eller det blir større variasjon mellom år. Klimaendringer påvirker jordbruksproduksjonen hovedsakelig på to måter; enten gjennom direkte påvirkning som fører til endret avlingsvolum eller kvalitet, eller indirekte gjennom skade på infrastruktur, lagerbeholdninger og transportsystemer som igjen reduserer tilgangen til produsert mat (Bardalen, 2018).

Jordbrukets klimarisiko kan skyldes en plutselig, direkte fysisk påvirkning, eller være resultat av en langsom, gradvis endring over et lengre tidsrom. En plutselig fysisk påvirkning vil oftest være resultat av en økende klimavariabilitet (hyppigere episoder med mer ekstreme værhendelser). Den langsomme klimapåvirkningen er resultat av klimaendringer uttrykt i endret gjennomsnitt over normalperioder.

Produksjonen kan altså svekkes av både kortvarige og ekstreme værhendelser, men også gradvise endringer i klima over lengre tid. Indirekte svekkes produksjonen fordi klimaendringer og endret vær kan føre til skader på jord, plante- og dyresykdommer, problemer med jordarbeiding og innhøsting, tap av produktivt jordsmonn mv. Disse påvirkningene vil bidra til å svekke tilgangen på mat (IPCC, 2019c).

Endringer i gjennomsnittstemperatur og nedbør, så vel som vær- og klimaekstremer, har allerede påvirket avlinger og husdyrproduktivitet. Slike virkninger kan være enten positive eller negative, og varierer med plantearter og sorter, dyrearter og mellom geografiske regioner. Effektene er avhengig av en rekke faktorer, for eksempel fysiske påvirkninger bestemt av endringer i temperatur, nedbørsmønstre og atmosfærisk CO₂-konsentrasjon, endringer i agroøkosystemer i form av tap av pollinatorer og økt forekomst av skadedyr og sykdommer samt også adaptiv respons fra menneskeskapte systemer (EEA, 2017).

Ortiz publiserte i 2021 en artikkel hvor han beskriver det som omtales som en robust økonometrisk modell for væreffekter på det globale landbrukets totalfaktorproduktivitet (TFP). TFP må øke med gjennomsnittlig 1,73 prosent hvert år for å møte forbrukernes behov i 2050, men verden holder ikke tritt med dette målet. Ortiz har kombinert sin modell med kontrafaktiske klimascenarier for å evaluere virkningene av tidligere klimatrender på TFP. Han finner indikasjoner på at menneskeskapte klimaendringer har redusert det globale landbrukets TFP med omtrent 21 % siden 1961, en nedgang som tilsvarer å miste de siste 7 årenes produktivitetsvekst. Modelleringen finner at effekten er betydelig mer alvorlig (en reduksjon på ~26–34%) i varmere områder som Afrika og Latin-Amerika og Karibia enn det globale gjennomsnittet. De finner også at det globale jordbruket i den analyserte perioden har blitt mer sårbart for pågående klimaendringer (Ortiz-Bobea, Ault, Carrillo, & al., 2021).

4.2 Jordbruksproduksjon i Norge

Kunnskapsgrunnlaget gir ikke god nok dokumentasjon til å angi konkrete kvantitative effekter av klimaendringer på produksjonen i Norge. Det er imidlertid god kunnskap om hvilken retning utviklingen av jordbruksproduksjonen vil ta som følge av de gradvise klimaendringene.

Utfordringen med å kvantifisere konsekvenser av klimabetingende ekstremværhendelser som fører til sjokkpåvirkning på jordbrukssystemer er metodisk forskjellig fra å beskrive utvikling som følger av langsiktige og gradvise endringer. Usikkerhet gjelder særlig tidsperspektiver og at det er vanskeligere å forutse sannsynlighet for, og forløp av, ekstreme værhendelser enn konsekvensene av de gradvise endringene. I denne rapporten brukes derfor scenarier basert på valgte forutsetninger for analyse av effekter på matsystemet av klimasjokk, og avlings- og forsyningssvikt. En stor kilde til usikkerhet knytter seg imidlertid også til evnen til å tilpasse produksjonssystemene til endret klima, slik at råvareproduksjon tåler for eksempel hyppigere ekstremnedbør eller langvarig tørke.

Hovedtrekkene i klimaendringenes påvirkninger på jordbruket i Norge vil gjelde for hele landet, men vil virke med ulik styrke i ulike regioner. Vi beskriver derfor hvordan disse forholdene kan virke på jordbruksproduksjoner i landet som helhet, men synliggjør også noen regionale forskjeller. Dette er forskjeller vi er vel kjent med under dagens klima, men klimaendringer kan både forsterke og redusere regionale forskjeller (Uleberg & Dalmannsdottir, 2018; Hohle & al, 2016).

Under norske forhold vil vekstsesongens lengde øke betydelig, jf. avsnitt 3.9. Arealet med vekstsesong lengre enn 6 måneder beregnes å ha økt til henholdsvis ca. 105 000 og 165 000 km² under middels (RCP4.5) og svært høy utslippsbane (RCP8.5), noe som er stor økning fra dagens areal på 45 000 km².

Det er ikke gjort detaljerte analyser av hvilke vekster det økte arealet kan bli egnet for i endret klima. Molteberg og Vågen angir at det er behov for egnethetskart for ulike vekster i endret klima. Dette gjelder også endringer i muligheter for beite på innmark og i utmark når vekstsesong og mulig beiteperiode forlenges (Molteberg & Vågen, 2015).

I tillegg til effekten av økt temperatur og lengre vekstsesong, vil også den økende CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren påvirke fotosyntesens primærproduksjon. Dersom plantene har god tilgang på vann og næring, kan dette gi muligheter for økt planteproduksjon. Det forutsettes imidlertid mestring av de utfordringene som følger av klimaendringer og andre forhold som gjør produksjonen mer krevende.

Disse endringene kan utnyttes på ulike måter. Lenger vekstsesong og økt CO₂-konsentrasjon gir muligheter for å utvide dyrkingsområdet for eksisterende vekster, ta større avlinger og kan gi muligheter for å ta i bruk nye arter og sorter. Forlengt vekstsesong for korn gir muligheter for tidligere såing om våren, tidligere modning og innhøsting. Det gir også muligheter for å dyrke sorter /arter som modner seinere og har høyere avlingspotensial. Økt temperatur om høsten kan gi økt dyrkingsområde av høstkorn og større avling, men det er en rekke usikre faktorer knyttet til fremtidig høstkorndyrking.

Potet- og grønnsakproduksjon er i dag begrenset av vekstsesongens lengde og varmesum. Lenger og varmere vekstsesong kan gi produksjonsmuligheter for grønnsaker utover dagens hovedområder rundt Oslofjorden og Agder, både for eksisterende vekster og nye vekster/sorter. I de områdene som har høyest temperatur i dag kan imidlertid for høye temperaturer i fremtiden hindre blomsterutvikling for noen kålvekster (blomkål, brokkoli) eller redusere kvaliteten.

Frukt- og bær dyrking er følsom for endringer i sommer- og vintertemperatur og nedbørforhold. Økt middeltemperatur og lengre vekstsesong kan gi bedre vilkår for norsk frukt- og bærproduksjon og utvide dyrkingsområde nordover og i høyden. Det kan dyrkes mer kravfulle sorter og gi bedre muligheter enn i dag, for eksempel aprikos, fersken og druer.

For grovfordyrking må det høstes flere ganger per år for å utnytte at lengre vekstsesong kan gi økt avling. Simuleringer for 2050 viser (forutsatt at det ikke er for vått) 1–2 flere høstinger av eng og

utvidet beitesesong med 1 – 2 måneder i forhold til i dag. Simuleringer viser en økning på 10–30 prosent for engavlinger for perioder om våren og høsten som i dag er begrenset av lave temperaturer (Höglind, Persson, et al. 2015, i Hohle et al. (2016)). Høyere vintertemperaturer kan utvide dyrkingsområdet for flerårig raigras, som i dag er begrenset til Sør-Vestlandet og områder rundt Oslofjorden. Økt temperatur kan gi muligheter for nye fôrvekster som fôrmais og førsukkerbeter for de beste strøk rundt Oslofjorden.

For både korn og grønnsaker er det en overgang til andre sorter som kan gi økt avling fordi de kan utnytte lengre vekstsesong. For frukt vil økt sommertemperatur kunne gi større avlinger med bedre kvalitet.

Lengre vekstsesong kan gi muligheter for tidligere modning, tidligere innhøsting, innhøsting under gunstigere værforhold og dermed bedre kvalitet. Dette er angitt for grønnsaker, korn, frukt og bær, men det er også vurderinger av at for høye temperaturer kan gi dårligere kvalitet for noen grønnsaker. For grovfôrdyrking kan økt temperatur bidra til økt dyrking av belgvekster og dermed bidra til fôr med høyere proteininnhold.

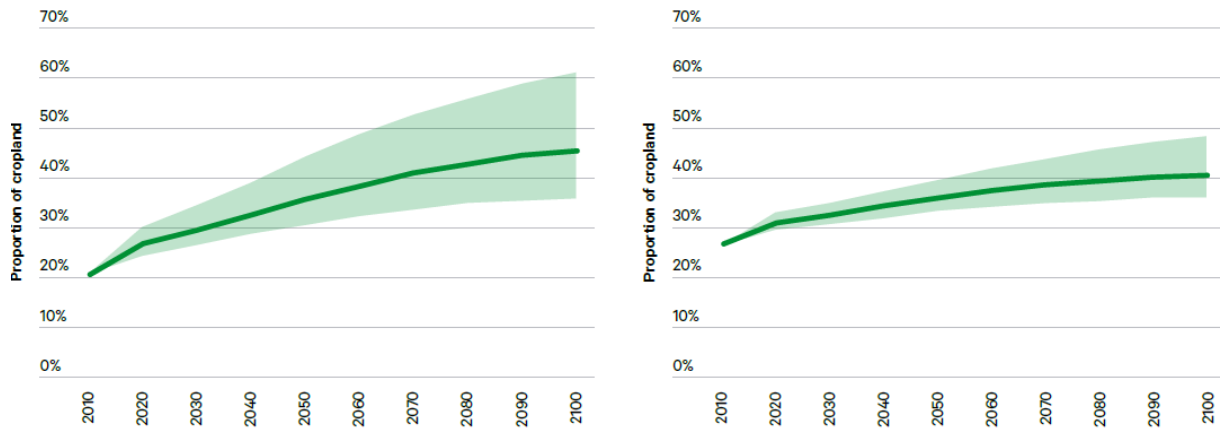
Endret klima kan i noen tilfelle gi bedret mulighet for plantevern. Dersom ikke hele forlengelsen av økt vekstsesong brukes til å dyrke arter og sorter med lengre veksttid, kan det bli bedre tid til ugrasbekjempelse om høsten.

4.3 Effekter av økt temperatur

4.3.1 Effekter av økt temperatur globalt

Endret temperatur påvirker primærproduksjonen på flere måter. I tempererte og nordlige områder vil økt temperatur bidra til å forlenge den termiske vekstsesongen. Lengre termisk vekstsesong gir mulighet for å dyrke planter (arter og sorter) som starter veksten tidligere om våren og avslutter veksten seinere på høsten. Klimaendringer påvirker også temperaturfølsomme planter og andre arter. Det er dokumentert at temperaturfølsomme planter setter blad og blomstrer tidligere på våren og slipper blader senere på høsten (UNEP, 2021). Dette gir normalt større avlinger hvis øvrige vekstfaktorer er godt balansert. I de nordligste områdene vil likevel effekten for planteveksten av dette være begrenset av fotoperioden (forenklet sagt daglengden).

Klimaframskrivningene viser at hetebølger vil få vesentlig økt frekvens og varighet globalt, men også i nordlige områder. Hetebølger av kun få dagers varighet vil bidra til redusert plantevekst. Dette skyldes blant annet at vekstperioden blir forkortet, f.eks. ved at kornet modnes så raskt at det ikke når optimal utvikling (kornvekt). I tørre og varme år har vi også slike effekter i norsk jordbruksproduksjon selv om været ikke betegnes som ekstrem hetebølge. Responsen på høyere gjennomsnittlig temperatur gjennom hele vekst perioden vil variere mellom plantearter og mellom ulike sorter av de enkelte kulturplantene og særlig med tilgangen på vann i ulike deler av vekstperioden.



Figur 4.1 Andel av verdens vinterhveteeareal (venstre) og risareal (høyre) som vil være utsatt for skadelige hetebølger under RCP4.5

Kilde: Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt (2021)

Hvis utslippene ikke reduseres drastisk før 2030, vil rundt 3,9 milliarder mennesker sannsynligvis oppleve store hetebølger innen 2040, 12 ganger mer enn det historiske gjennomsnittet. På 2030-tallet vil 400 millioner mennesker globalt hvert år sannsynligvis bli utsatt for temperaturer over grensen for hva som gjør det mulig å utføre utendørs arbeid. Siden jordbruksarbeid i all hovedsak foregår utendørs, vil jordbruksproduksjonen kunne bli rammet forholdsvis sterkere enn andre sektorer av ekstreme hetebølger.

Mens økt CO₂-innhold i atmosfære er gunstig for avlingsproduktiviteten ved moderate temperaturøkninger, er det dokumentert at avlingenes ernæringsmessige kvalitet kan bli redusert. For eksempel har hvete dyrket ved 546–586 ppm CO₂ 5,2–7,5 prosent mindre protein, 5,9–12,7 prosent mindre sink og 3,7–6,5 prosent mindre jern (IPCC, 2019c).

Frukt- og grønnsaksproduksjon, en nøkkelkomponent i sunt kosthold, er også sårbar for klimaendringer. Nedgang i avlinger og avlingskvalitet er en konsekvens av høyere temperaturer, spesielt i tropiske og subtropiske områder. Varmestress reduserer fruktavlinger og fremskynder utviklingen av grønnsaker, noe som resulterer i avlingstap, svekket produktkvalitet og matsvinn.

Hetebølger, særlig i kombinasjon med tørke skaper alvorlig stress, sykdom og død hos husdyr (IPCC, 2022). Dette er velkjent fra flere afrikanske land, særlig på Afrikas horn. Forsommeren 2022 har hetebølger i Sør-Europa og flere stater i USA først til omfattende lidelser og død for husdyr (kveg).

4.3.2 Effekter av økt og endret temperatur i Norge

Klimaendringene gir både høyere temperatur og lengre termisk vekstsesong i Norge. Dette gir muligheter for å dyrke flere typer jord- og hagebruksvekster og kan bidra til større avlinger. Noen kulturer trenger imidlertid også en kjøligere periode for å gi avling, og varmere vintre kan dermed utgjøre en risiko.

Ustabile vintre med veksling mellom frysing og tining kan påvirke overvintringsforholdene til planter. Høstperioden med herdingsmuligheter er viktig for overvintring og varmere høster kan gi problemer med avherding og frosttoleranse. Endringer i snødekke kan påvirke overvintring, isdekke og kuldestress for både gras og høstkorn. For frukt kan snødekke verne røtter og deler av plantene mot frost, men våt snø kan også føre til grenbrekking. Frukt er følsom for temperaturendringer og særlig blomsterknopper er følsomme for frost i blomstringstiden. Effekten for frukt er avhengig av tidspunkt for frost og utviklingsstadium for knopper og frukt.

Økt temperatur og lengre vekstsesong kan gi muligheter for tidligere såing om våren, samt tidligere modning og innhøsting, men dette er avhengig av nedbørforholdene. Korn kan da dyrkes lenger nord og oppover i høyden på arealer som i dag brukes til grovforvekster samt på en del arealer som i dag er ute av produksjon. Dette gir potensiale for utvidelse av kornarealet. Det kan gi mulighet for å dyrke arter og sorter som modner seinere og har høyere avlingspotensiale.

Dersom temperaturen blir for høy i løpet av vekstsesongen kan det gi kortere varighet av ulike vekstfaser og gi redusert avling. Det er viktig å vite i hvilken fase økt temperatur er forventet. I forsøk er det funnet at 3 grader økning i temperatur i kornfyllingsfasen, kan redusere avlingene med 7 prosent grunnet kortere kornfyllingsfase. Det er derfor en aktuell tilpasning å bruke kornsorter som har annen temperaturrespons.

Økt temperatur om høsten forventes i perioden for såing av høstkorn. Både kornarealet og total kornproduksjon er derfor forventet å øke, men det er flere usikre forhold. Varmere høst kan gi problemer for høstkorn med kortere avherdingsperiode og redusert frosttoleranse som igjen kan gi dårligere overvintring og svekket plantebestand til våren. Dersom beskyttende snødekke erstattes med isdekke, kan det øke risiko for at plantene kveles. Kort varighet av snødekke eller mangel på snødekke kan gjøre høstkorn mer utsatt for temperatursvingninger.

En lengre vekstsesong kan gi muligheter for mer vekstskifte. Dette er positivt både for avling, kvalitet og økonomi. For korn er det mest aktuelt med vekstskifter med oljevekster, erter og åkerbønner. Også flerårig eng, poteter og grønnsaker er gode vekstskifter, for kornprodusenter kan det være mulig med jordbytte med andre brukere.

4.4 Effekter på produksjonen av økt nedbør

Effekter på jordbruksproduksjon av økte nedbør og endret fordeling av nedbør gjennom året på globalt nivå er særlig knyttet til ekstremnedbør som fører til ødeleggelse av jordsmonn, erosjon og ødeleggelse av avlinger. Også endringer i nedbørens fordeling gjennom året og i forhold til de tradisjonelle dyrkingssesongene, vil medføre betydelige utfordringer for matproduksjonssystemer. Slike endringer kan til dels kompenseres med klimatilpasning, både i form av organisering av produksjonssystemer, planteforedling, vekstvalg og hydrotekniske tiltak for bedre drenering, og håndtering av overvann og flommer. Endret nedbør kan påvirke de enkelte produksjoner direkte, men også mulighetene for å utføre arbeid på arealene til rett tid.

Under norske forhold vil våte forhold på våren kunne føre til utsatt såtidspunkt og føre til kortere vekstsesong, og dermed lavere avlinger. Mye regn tidlig i veksttida fører også til utvasking av gjødsel og redusert avling dersom det på grunn av våte forhold ikke er mulig å gi tilleggsgjødsling. Våte forhold på høsten fører til både vanskelige innhøsting og redusert avlingskvalitet. Høsten 2017 i Norge var et eksempel på at våte forhold gjorde tresking vanskelig og andelen matkorn ble redusert på grunn av mye nedbør.

Ekstremnedbør i vekstsesongen vil også kunne føre til skader på avlinger. Særlig er grønnsaker frukt og bær utsatt for ødeleggelse eller alvorlig skade ved intenst regn eller haglbyger. Høy fuktighet øker risiko for soppangrep på jord- og hagebruksvekster.

Dersom arealene er normalt godt drenert, vil ikke grasproduksjonen hemmes sterkt av mye nedbør. Men siden grashøsting innebærer kjøring med tunge lass, vil våte forhold både hemme høstingen og i tillegg øke risiko for pakkingskader på jordene.

Endring i nedbørforhold kan direkte påvirke de enkelte produksjoner, men også mulighetene for praktisk jordbruksdrift på arealene. I alle framskrivningene er det forventet økt årlig nedbør, men ulik fordeling på landsdeler og sesonger. For jordbruksproduksjon er tidspunktet for nedbør avgjørende for såing, plantevekst og høsting. Tilgang på tilstrekkelig vann gjør at norsk matproduksjon har andre muligheter enn i mange andre områder på kloden – forutsatt at vi kan håndtere de våtere forholdene.

Det har stor betydning om økt nedbør kommer i form av regnvær eller snø, om den kommer på frosset eller tint jord og tidspunkt i vekstsesongen. Nedbør på delvis tint jord kan føre til stor overflateavrenning og erosjon. Ved mindre snødekke kan plantedekke bli mindre beskyttet mot utfrysing og få dårligere vinteroverlevelse.

Det er antatt at to tredeler av den dyrka jorda i Norge har grøftebehov for å brukes til jordbruksproduksjon. Dagens dreneringssystem er først og fremst anlagt for å kunne lede bort overflødig vann for å komme ut på arealer tidlig om våren. Drenering har også betydning for muligheter for å kunne ferdes på arealer, for jordarbeiding (vår og høst), innhøsting og miljøhensyn. Bortledning av overflatevann på høsten kan hindre vinterskader på eng.

Driftsmessige hensyn som bedre muligheter for å kjøre på arealer og dermed redusert risiko og sikrere innhøstingsforhold er ofte avgjørende for prioritering av grøfting. Økende nedbør kan gi behov for bedre drenering, men bedre drenering kan ikke løse alle behov. Etter at det frie vannet i jorda er drenert bort i grøftesystemene, er det behov for ytterligere opptørking før jorda har et akseptabelt vannivå som tillater transport uten pakkeskader. Derfor er det av stor betydning hvor lange opptørkingstørkeperioder man får før det kommer ny nedbør. Om våren vil opptørkingen gå fortere enn på høsten

Økt nedbør med våtere og fuktigere forhold kan påvirke innhøstingsmuligheter og dermed kvaliteten på produktene. Dette kan også påvirke lagringsevne og kvalitet av lagrede produkter som grønnsaker og potet. Våtere forhold kan påvirke forekomst og utvikling av plantesykdommer (sopp) som igjen har effekt på produktkvaliteten. Våte forhold i kornets blomstringsperiode kan særlig påvirke utvikling av sopp i kornavlinga (fusarium og mykotoksiner). Regn i modningstid f.eks. søtkirsebær kan føre til sprekking og redusert kvalitet.

4.5 Effekter på produksjonen av økt tørke

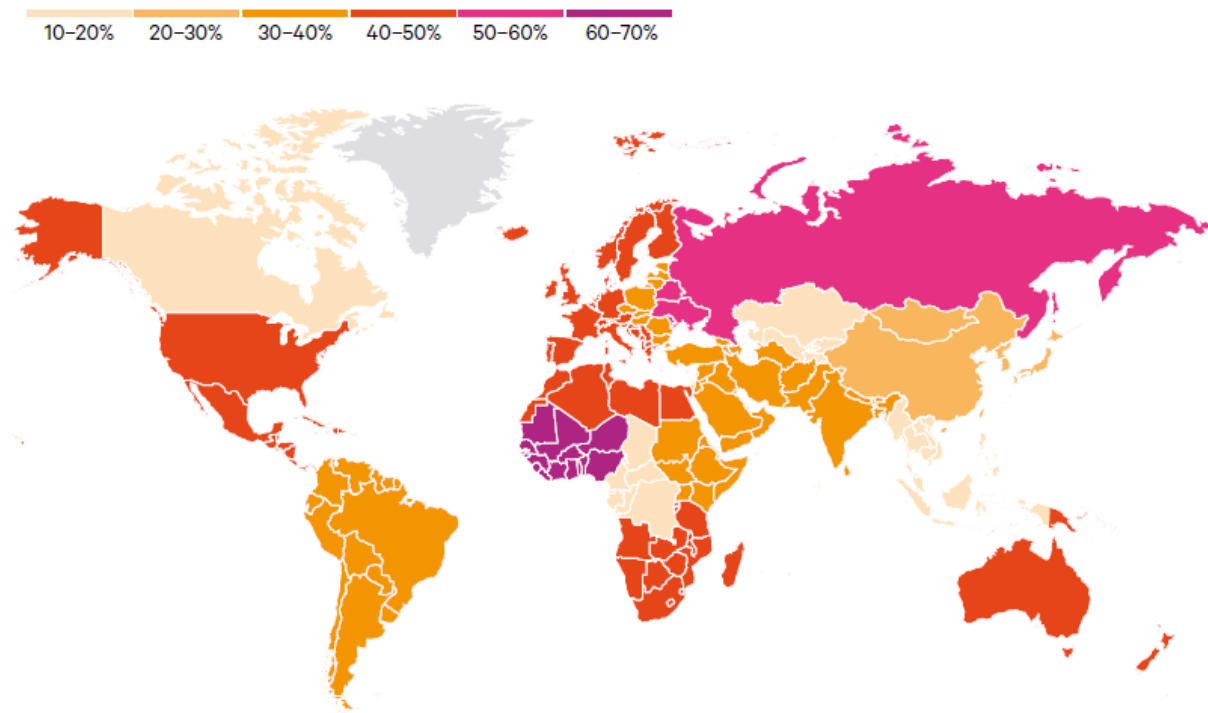
4.5.1 Effekter av økt tørke globalt

Tørke oppstår som resultat av samspillet mellom nedbør, temperatur og fordampning. Konsekvensene av tørke på jordbruksproduksjonen er avhengig av i hvilken del av vekstsesongen den oppstår og hvor sterk og varig den er. I Norge er ekstremåret 2018 illustrerende for konsekvenser av ekstrem tørke i kombinasjon med hetebølger. Klimaframskrivingene indikerer at slike hendelser kan bli hyppigere fram mot midten av århundret, og da særlig på Sørøstlandet.

Globalt vil økende tørke kunne ha store negative konsekvenser for avlinger i områder som er viktige for global handel med mat- og fôrvarer. I følge Global Drought Report 2021 er økningen i omfanget av tørke tydeligere i områder som er oppført nedenfor, og effektene blir større når det også tas hensyn til virkningen av høyere temperatur (UN Office for Disaster Risk Reduction, 2021).

De siste tiårene har flere områder som har vært spesielt ofte eller hardt rammet av tørke blitt identifisert (hentet fra Global Drought Report, henvisning til primærkilde i parentes). Dette er Middelhavsregionen (Hoerling et al., 2012), sørlige Australia (Van Dijk et al., 2013), Afrika sør for Sahara (Greve et al., 2014), sørlige Sør-Amerika (Penalba et al., 2014), Noen områder i Kina (Xu et al., 2015), sørvestlige USA (Diffenbaugh et al., 2015) og nordøstlige Brasil (Marengo et al., 2017).

Chatham House (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021) har sammenstilt data som viser hvor stor del av ulike lands jordbruksareal som vil være utsatt for alvorlig jordbrukstørke i 2050, under Klimapanelets utslippsbane RCP4.5. Rapporten beskriver at bønder i de verst rammede områdene, inkludert kritisk viktige kornregioner i Sør-Russland og USA, da sannsynligvis vil oppleve jordbrukstørke på 40 prosent eller mer av arealet hvert år.

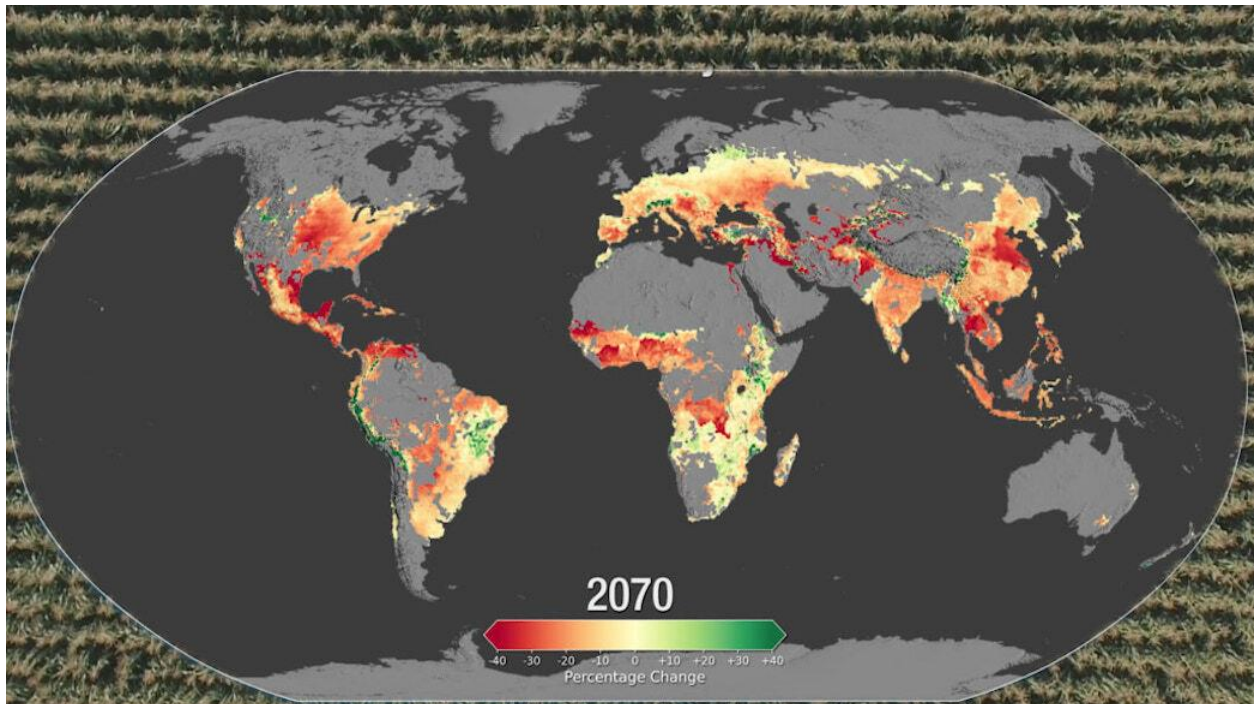


Figur 4.2 Andel av landenes åkerareal som vil være utsatt for alvorlig jordbrukstørke i 2050, under RCP4.5.

Kilde: Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt (2021)

Over 1,5 °C vil global oppvarming som fører til økt frekvens av samtidige klimaekstremer, øke risikoen for samtidig avlingstap av mais i store regioner, og denne risikoen øker ytterligere med høyere global oppvarming (IPCC, 2022). Sannsynlighet for en samtidig avlingssvikt (synchronous crop failure) på 10 prosent eller mer innenfor de fire største maisproduserende land (USA, Kina, Brasil og Argentina) vurderes nå å være nær null, men vil økt til 6,1 prosent årlig i 2040. Sannsynligheten for at en samtidig avlingssvikt av en slik størrelsesorden vil opptre i løpet av perioden 2040-2060 vurderes å være nær 50 prosent (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021). Disse landene står til sammen for om lag 87 prosent av verdens maiseksport.

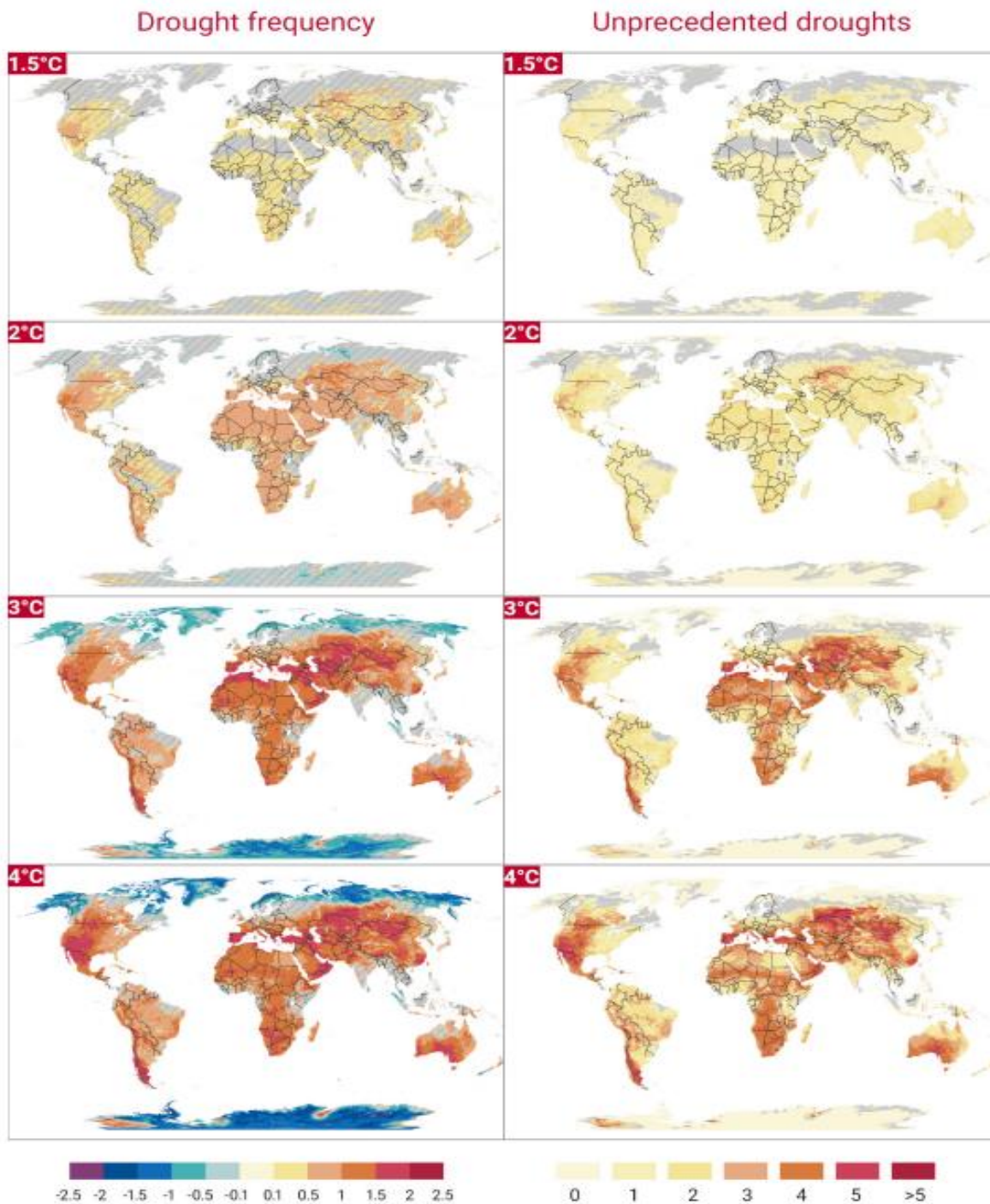
En nylig publisert studie fra NASA (Jägermeyr, Müller, Ruane, & al, 2021) viser at gjennomsnittlige globale avlinger av mais kan få en nedgang på 24 % i slutten av århundret, men nedgangene blir synlig allerede innen 2030, med fortsatt høye klimagassutslipp, se også Figur 4.3. Hvete kan derimot få se en økning i avlingsavlingene med omtrent 17 %. Endringen i avlinger skyldes de anslåtte økningene i temperatur, endringer i nedbørsmønstre og forhøyede karbondioksidkonsentrasjoner, noe som gjør det vanskeligere å dyrke mais i tropene og samtidige utvider hvetens dyrkingsområder på høyere breddegrader.



Figur 4.3 Endringer i globale maisavlinger som følge av endret klima under høye klimagassutslipp mot slutten av århundret.

Kilde: NASA og (Jägermeyr, Müller, Ruane, & al, 2021)

FNs organisasjon for Disaster Risk Reduction (UNDRR) har illustrert hvordan henholdsvis frekvens av tørke og antall episoder med mer alvorlig tørke enn i perioden 1981-2010 øker med økende global gjennomsnittstemperatur. Illustrasjonenes viktigste budskap er den dramatiske forskjellen fra global oppvarming på 1,5 grader sammenliknet 2 grader, men enda mer ekstreme økning av tørke ved oppvarming over 2 grader.



Figur 4.4 Endring i frekvens av meteorologisk tørke (hendelser/tiår) fra (1981–2010) til 2100 for fire nivåer av økning i global overflatelufttemperatur (venstre) og antall tørkehendelser med sterkere alvorlighetsgrad enn registrert i perioden 1981–2010 (høyre).

Kilde: UN Office for Disaster Risk Reduction (2021)

For å møte den økte globale etterspørselen må landbruket, dersom det ikke skjer vesentlige kostholdsendringer og betydelig reduksjon av matsvinn, produsere nesten 50 prosent mer mat innen 2050. Dagens globale jordbruksområder, både åker og beite vil i økende grad bli klimatiske uegnet under et høyt utslippsscenario (f.eks. 10 % innen 2050, over 30 % innen 2100 under SSP-8.5 mot 8 % innen 2100 under SSP1-2.6) (IPCC, 2022) .

Globale avlinger kan falle med 5–30 prosent i fravær av dramatiske utslippsreduksjoner og uten omfattende tilpasning til endret klima (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021). Innen 2050 vil den gjennomsnittlige andelen av globale jordbruksarealer som hvert år rammes av alvorlig tørke trolig stige til 40 prosent, mer enn tre ganger det historiske gjennomsnittet. Figur 4.4 illustrerer de store forskjellene i økt frekvens av tørkeperioder og tørkehendelser mer ekstreme enn vi har sett i løpet av de siste tiårene. Risiko for alvorlig avlingssvikt og hvor stor økningen er ved globale temperaturøkninger utover 1,5°C kan leses direkte ut av illustrasjonene i figurene 4.2 og 4.3.

4.5.2 Effekter på produksjonen av økt tørke -i Norge

Selv om årsnedbøren er forventet å øke, kan noen områder bli mer tørkeutsatt. Det er estimert at det kan bli 1–2 måneder med markvannsunderskudd om sommeren mot slutten av hundreåret. Slik tørke antas å ramme deler av indre Østlandet og indre fjordstrøk, men noen scenarioer inkluderer hele Sørøst-Norge (Hansen Bauer & al, 2015). Tørke i disse områdene er alvorlig fordi dette er samtidig de viktigste områdene for matkornproduksjon i Norge. Dette kan ha betydning for vekstvalg, endringer i vekstvalg og behov for vanningsanlegg. Økt markvannsunderskudd kombinert med uforutsette varmeperioder kan ha stor effekt på produksjonsmulighetene (Hohle & al, 2016). Se også omtale av tørkesommeren 2018 i avsnitt 3.9.4.

4.6 Effekter på plante- og dyrehelse

Klimaendringer har negative fysiologiske effekter på planter og husdyr. Høyere temperaturer reduserer vanntilgang og kombinasjonen av vannknapphet og høye temperaturer påfører kulturplanter og husdyr varmemstress, øker forekomst av dyresykdommer, parasitter og sykdommer hos både husdyr og på planter (Global Commission on Adaptation, 2019). De fremtidige konsekvensene av klimaendringer for plante- og dyrehelse i Norge, vil være resultater av et komplisert samspill mellom klimatiske faktorer, planteforedling, resistensutvikling, produksjonssystemer i husdyrholdet og tilstedeværelse eller introduksjon av smittestoffer.

Klimaendringer påvirker forekomst og spredning av planteskadegjørere og dyresykdommer, og øker risiko for økt forekomst av zoonoser som er sykdommer overført fra dyr til mennesker. Blant de viktigste biologiske faktorene som truer verdens matproduksjon finner vi smittsomme dyresykdommer og planteskadegjørere. Disse påvirker matsikkerhet og matforsyning direkte gjennom tap av avlinger og økt dødelighet hos dyr, og indirekte gjennom effekter på matkvalitet og mattrygghet, natur og miljø, økonomi og samfunn. Skadepotensialet er betydelig og henger sammen med en rekke forhold avhengig av plante- og dyrehelsestatus i samspill med naturgitte og menneskeskapte produksjonsforhold. Det er særlig de gradvise klimaendringene som endrer risikobildet knyttet til skadegjørere på planter og sykdommer hos produksjonsdyr.

Angrep av plantesykdommer koster den globale økonomien rundt \$ 220 mrd. årlig, mens invaderende insekter har en kostnad på rundt \$ 70 mrd. Det siste tiåret er de direkte kostnadene med zoonotiske dyresykdommer estimert til mer enn \$ 20 mrd., mens de indirekte kostnadene beløper seg til over \$ 200 mrd. (de fulle effektene av covid-19-pandemien ikke inkludert) (Stensland, 2020).

Klimaendringer og globalisering (økt handel og reisevirksomhet) er de to store driverne som utpeker seg spesielt i sin betydning for spredning av smittsomme dyre- og plantesykdommer over landegrensene. Introduksjon og spredning av skadegjørere samt økt potensiell overlevelse av disse pga. endringer i klimaet, skaper dermed stadig økt risiko og nye utfordringer for naturgrunnlag og matproduksjon.

Økt handel med matvarer innebærer også risiko for matkriminalitet. I situasjoner der klimaendringer fører til avlings- og forsyningssvikt, kan kontrollen med matvarenes opphav og kvalitet bli mer utfordrende, og bidra til å svekke mattryggheten. Matkriminalitet («Food fraud») er definert som «enhver antatt bevisst handling gjort av forretningsvirksomheter eller individer med det formål å

bedra kjøpere for derav å tilegne seg urettmessig fordeler gjennom å bryte reglene referert til i Artikkel 1(2) - Regulation (EU) 2017/625 (the agri-food chain legislation)». Disse overtredelsene av EUs regelverk kan potensielt være til hinder for et fungerende indre marked og kan utgjøre en risiko for folkehelse, dyrehelse eller plantehelse, i tillegg til risiko for dyrevelferd og miljø (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021).

Biologisk mangfold påvirkes negativt av klimaendringer, særlig tørke og varmestress. Dette har betydning for jordhelse, pollinering av planter, systemets motstandskraft mot klimatisk stress, og skade forårsaket av blant annet sykdomsangrep. Tap av biologisk mangfold påvirker dermed produksjonsgrunnlag og motstandskraft i negativ retning. En stor del av verdens matforsyning kommer fra noen få arter, og det genetiske mangfoldet er svært viktig for å opprettholde og utvikle landbruket. Kjemisk bekjempelse av skadegjørere i planteproduksjonen og bruk av medisiner og antibiotika i husdyrproduksjonen, kan i sin tur ha negative konsekvenser på andre arter med følger også for det biologiske mangfoldet.

Klimaendringer vil redusere effektiviteten til pollinatorer ettersom arter kan forsvinne eller dø ut i neon områder, eller koordinering av pollinatorenes livssyklus og blomstenes utvikling kan bli forstyrret (IPCC, 2022).

4.6.1 Effekter på plantehelse globalt

Global oppvarming vil gradvis svekke økosystemtjenester som pollinering, øke presset fra skadedyr og sykdommer og svekke produktiviteten matproduksjonen i mange regioner både på land og i havet (IPCC, 2022).

Det potensielle avlingstapet forårsaket av planteskadegjørere er beregnet til 60 prosent i Nordvest-Europa. På grunn av dagens plantehelsetiltak blir det faktiske tapet kun mellom 15 og 20 prosent (Stensland, 2020). Avlingstap som følge av angrep av sopp, bakterier, virus og insekter er på verdensbasis estimert til ca. 20 prosent for hvete, 30 prosent for ris, 22,5 prosent for mais, 22,5 prosent for soyabønner og 17 prosent for potet. Generelt kan avlingstapet i hvete være så høyt som 50 prosent som følge av ugras, patogene organismer og insekter, og ugras har høyest skadepotensial i denne kulturen. De nevnte matvekstene utgjør halvparten av menneskers kaloriinntak på verdensbasis. Listen over planteskadegjørere er lang, og inneholder en rekke ugras, skadedyr og sykdommer innen alle kulturer. Eksemplene nedenfor er kun valgt ut for å illustrere noen poenger av betydning for det totale risikobildet knyttet til effektene av endret klima.

I 2020 var det enorme svermer av gresshopper (de største på 70 år) som gjorde enorme skader blant annet i Etiopia. En sverm på 40 millioner insekter kan i løpet av en dag spise samme mengde mat som 35 000 mennesker. Dette illustrerer godt det fatale skadepotensialet en planteskadegjører kan ha for avlingene og dermed matsikkerheten. En rapport fra ICPAC (*The Intergovernmental Authority on Development Climate Prediction and Applications Centre, Nairobi*) beskriver at spesielle værforhold som antas å være følge av klimaendringer, la forholdene spesielt til rette for de enorme svermene i 2020, selv om det tas forbehold om at det er vanskelig å tilskrive en enkelt hendelse til klimaendringene (Abubakra, Baraibar, Kemucie Mwangi, & Artan, 2020). Deres konklusjon begrunnes med at klimatiske endringer som temperaturøkninger og nedbør over ørkenområder, og sterk vind forbundet med tropiske sykloner, gir endret miljø for reproduksjon, bestandsutvikling og migrasjon av gresshoppene. Dette antyder at global oppvarming spilte en rolle i å skape betingelsene som kreves for utvikling, utbrudd og overlevelse av gresshoppene. Gresshoppenes flyvemønster påvirkes av vindens retning og hastighet så vel som andre værparametere, og klimaendringer kan derfor også antas å påvirke framtidige migrasjonsruter til gresshoppene (FAO, IPCC. Sekretariat., 2020).

Det globale risikobildet knyttet til planteskadegjørere endrer seg både som følge av klimaendringer og fordi planteskadegjørere migrerer som konsekvens av økt handel. Når klimaet endres, øker faren for at introduserte arter etablerer levedyktige bestander med evne til å gjøre betydelig skade. I tillegg kan

også genetiske endringer/mutasjoner hos skadegjørerne i kombinasjon med klimaendringer, føre til alvorlige endringer i skadebildet og trusselbildet. Sopp kan eksempelvis opptre i en rekke ulike raser, som er spesialisert til vertplanten. Dette gjelder både endringer som øker skadegjøreres resistens mot kjemiske bekjempelsesmidler, men også endringer som gjør dem i stand til å overkomme plantenes resistens mot skadegjørerne. Et alvorlig eksempel her er svartrust som er regnet som den mest ødeleggende sjukdommen i hvete. Den har i tre tiår vært kontrollert ved at man har hatt resistent plantemateriale, men en rase av soppen funnet i Uganda i 1999 (Ug99) har overkommet flere resistensgener enn man har sett noen gang tidligere. Ug99 har spredd seg til Iran, og man frykter videre spredning i det man regner med at 80–90 % av hvetekultivarer globalt er mottakelige for varianten. Andre soppsjukdommer (som Fusarium) utgjør en trussel på grunn av tap av kvalitet og risiko for mattrygghet som følge av mykotoksinproduksjon (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021).

I en viktig kultur som potet, har soppsjukdommer hatt stor betydning for matsikkerhet i Europa historisk sett. Hungersnøden i 1845 illustrerer konsekvensene av avlingstap forårsaket av tørråte i potet, noe som medførte at én million mennesker omkom i Irland alene. Dagens potetproduksjon er fremdeles truet av tørråte, og på tross av mer resistent plantemateriale er man helt avhengig av kjemiske plantevernmidler for kontroll av sykdommen (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021).

4.6.2 Effekter på plantehelse i Norge

Aamlid et al. (2016) har i vedlegg til rapporten Landbruk og klimaendringer (Hohle & al, 2016) inndelt planteskadegjørere i fire kategorier og gir en detaljert omtale av ugras, skadedyr og plantesykdommer (sopp, bakterier, fytoplasma, virus og nematoder).

- Arter som gjør betydelig skade i Norge i dag, og som kan gi enda verre skader i framtiden. Disse kan vi kalle «verstingene».
- Arter som finnes i Norge i dag uten å gjøre betydelig skade, men som er alvorlige skadegjørere andre steder i Europa. Disse kan vi kalle «ulv i fåreklær».
- Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som er alvorlige skadegjørere lenger syd i Europa. Disse kan vi kalle «de tålmodige», siden det kan ta lang tid før disse artene vil skape problemer i Norge etter som deres habitater først må forflytte seg nordover.
- Arter som ikke finnes i Norge i dag, men som kan komme hit som blindpassasjerer med tømmerimport, plantehandel og annen handel med frø, planter og plantemateriale og trives i et fremtidig varmere klima. Disse kan vi kalle «jokerne», siden vi ikke nødvendigvis kan forutse hvilke arter dette vil være.

De fire kategoriene av skadegjørere illustrerer hvordan organismer kan skape økende problemer for landbruket ved gradvise endringer i klimaet og bli såkalte «klimavinnere». Graden av risiko er ulike avhengig av de ulike artenes evne til spredning og etablere levedyktige bestander med evne til spredning og til dermed å gjøre skade på norsk planteproduksjon.

4.6.3 Effekter på dyrehelse globalt

Endret klima kan svekke dyre- og husdyrhelse og føre til redusert produktivitet og svekket dyrevelferd i husdyrproduksjoner som resultat av varmestress, sykdommer og økt dødelighet. Økt forekomst av husdyrsykdommer kan også føre til restriksjoner på handel med husdyrprodukter og dermed svekke matsikkerhet i importavhengige land, samt føre til prisøkning og forsyningssvikt i internasjonal matvarehandel mer generelt.

Klimapanelet viser til at det er sannsynlig at høye temperaturer vil redusere husdyrenes fôrgrunnlag og tilvekst. Klimaendringene påvirker husdyr gjennom effekter på beiter og tilgang på fôr og direkte gjennom endringer i temperatur- og vanntilgjengelighet på dyrevelferd og dyrehelse, og indirekte via økt spredning av husdyrsykdommer. Økt forekomst og migrasjon av vektorer (organismer som spres sykdommer) som følge av klimaendringer (mest temperatur), bidrar til at husdyrsykdommer spres til nye områder. I endret klima kan introduserte skadegjørere på husdyr og i planteproduksjon få bedre forutsetninger for spredning og utvikling av levedyktige bestander (Hohle & al, 2016).

Dyrehelse kan også utfordres gjennom økt import av produkter, utbredt reising og bruk av utenlandsk arbeidskraft i husdyrnæringa. Når klimaet endres, kan både smitten i seg selv og organismer som overfører smitte (vektorer) lettere etablere seg f.eks. i Norge. Smittevern for å unngå utbrudd av dyresykdommer i besetninger blir dermed stadig viktigere. Alvorlige smittsomme dyresykdommer (Transboundary Animal Diseases, TAD) er av FAO og OIE (Verdens organisasjonen for dyrehelse) definert som «sykdommer med signifikant betydning for økonomi, handel eller matsikkerhet for et betydelig antall land; som lett kan spre seg til andre land og nå epidemisk utbredelse; og der kontroll/håndtering, inkludert ekskludering, krever samarbeid mellom flere land» (FAO, 2020b).

En gruppe smittsomme dyresykdommer er beskrevet å utgjøre spesiell trussel på grunn av høyt smittepotensial og spredningsevne både innen og over landegrensene. Eksempler på slike er munn- og klovsyke, småfe-pest (PPR), afrikansk svinepest (se *Boks 4.1*) og kvegepest. Klimaendringer kan indirekte påvirke spredning av slike sykdommer dersom endret klima fører til migrasjon av blant annet smittebærende ville dyrebestander. Utbrudd av slike dyresykdommer er økonomisk ødeleggende for gårdbrukere, og har signifikant betydning for pris og tilgjengelighet av mat. Utbrudd av afrikansk svinepest førte til vesentlige forstyrrelser og prisøkninger i verdensmarkedet for svinekjøtt. Kinas gjenoppbygging av svineholdet etter at sykdommen er brakt under kontroll, har bidratt til en sterk økning i landets kornimport, særlig mais i 2021 (opplyst i foredrag av Knut Røed, YARA, 11.11.2021).

Boks 4.1 Afrikansk svinepest

Markedet for kjøtt var i 2019 preget av utbruddet av afrikansk svinepest. Dette bidro til at verdens produksjon av svinekjøtt ble redusert med om lag 9 prosent i 2019, samtidig som det stimulerte til vekst i verdenshandelen med svinekjøtt. Det lave tilbudet og den økte etterspørselen på verdensmarkedet trakk samtidig de internasjonale prisene på svinekjøtt kraftig oppover. Lavere tilgjengelighet av svinekjøtt bidro også til en økning i produksjon og internasjonal handel av fjørfekjøtt, ettersom dette gjerne er den foretrukne erstatningen for svinekjøtt.

4.6.4 Effekter på dyrehelse i Norge

Norge har en god situasjon når det gjelder dyrehelse og dyrevelferd. Viktige årsaker til dette er landets geografiske plassering med klima og topografi, små og spredte enheter og liten import av levende dyr. Samarbeid mellom næring, veterinærmyndigheter og fagmiljøer er også en årsak til dette. Institusjonell kapasitet, forvaltning og regelverk spiller en viktig rolle, gjennom overvåkning, importkontroll, beredskap og bekjempelse av smittsomme dyresykdommer. Sett i lys av eksisterende trusler og drivere, er det imidlertid avgjørende å ivareta og utvikle kompetanse på nye og kjente skadegjørertusler og bekjempelsestiltak, i tillegg til kunnskapsbasert forvaltning og utvikling av regelverk. Varsling av angrep, risikoanalyser og beredskapsplaner er svært viktig både for Norge og andre land, og særlig de landene vi importerer mat- og forvarer fra når utfordringer på plante- og dyrehelseområdet vil øke som følge av klimaendringer.

Varmere og fuktigere klima kan føre til at nye og for våre breddegrader ukjente dyresykdommer introduseres. Særlig effekt vil endringene få for infeksjoner som overføres med insekter eller andre vektorer. «Vanlige» smittestoff kan få økt betydning, det kan oppstå større problemer med parasitter, og enkelte vektorbårne¹¹ sykdommer som også kan være zoonoser (smitte mellom dyr og mennesker).

Konsekvensene av klimaendringer for dyrehelse og dyrevelferd i Norge, vil blant annet være resultat av de kompliserte samspill mellom klimatiske faktorer, produksjonssystemer og smittetrykk. Metoder for høsting, konservering og lagring av fôr og mat ha en direkte betydning for mattryggheten og matsikkerheten. Demografiske og sosioøkonomiske forhold spiller også inn. Det er derfor viktig å presisere at det er stor usikkerhet knyttet til å vurdere årsak og fremtidig virkning i slike komplekse problemstillinger.

Det er likevel sannsynlig at det vil være en sammenheng mellom et varmere klima og dyrehelse og -velferd hos både husdyr og vilt. Temperatureffekten er stor og særlig vintertemperatur over en viss terskel kan gjøre det mulig at vektorene overlever. Økt fuktighet kan også fremme overlevelse. Både vektorbårne sykdommer og parasitter vil kunne gi større sykdomsproblem i norsk landbruk. Disse sykdommene er vanskelige å bekjempe og kontrollere på grunn av smittebærernes utbredelse i naturen. Ville dyr kan bli infisert og bidra til at en eventuell epidemi tiltar. Disse kan virke sammen med andre endringer som gjengroing og andre miljørelaterte forhold. Strukturendringer i landbruket som fører til økt konsentrasjon av husdyrmiljøene og større enheter kan forsterke effektene. Flere husdyrsykdommer overføres av vektorer som ved varmere klima kan etablere levedyktige populasjoner i Norge.

Varmere temperaturer gjennom året kan gi muligheter for at husdyr kan være mer ute i vintermånedene. Dette er i utgangspunktet positivt for dyrevelferden, selv om høyer temperatur i kombinasjon med mye nedbør kan øke risiko for parasitter, tråkkskader, økt erosjon og avrenning av partikler og næringsstoffer.

4.7 Effekter på reindrift

Reindrift utnytter om lag 40 prosent av Norges arealer. Samisk reindrift drives i Finnmark, Troms, Nordland, Trøndelag og annen reindrift drives i konsesjonsområder i nordlige deler av Innlandet. Beiteressursene er grunnlaget for reindriften og minimumsfaktoren i flere områder er kapasiteten på vinterbeitene. Sommerbeitene ved kysten er i områder hvor det er frodigere vekst og mer næringsrike beiteplanter.

Reindrift er utviklet i nært samspill med naturgrunnlag og klima gjennom svært lang tid. Reindriften er avhengig av økosystemenes og værforholdenes utvikling til alle årstider, og står i en helt spesiell situasjon når klimaet endres. Klimaendringens påvirkninger på reindriften er allerede omfattende, og basert på klimaframskrivningene vil reindriften utfordringer tilta sterkt med endret klima fram mot år 2100, som resultat av blant annet temperaturstigning, mer nedbør, endringer i snø- og isdekke, og lengre vekstsesong. De mest framtreddende effektene på beiteområdene er gjengroing, heving av skoggrensene og mer usikre vintre. Det kan medføre redusert beitekapasitet/tilgjengelighet, redusert framkommelighet/sikkerhet og behov for endringer i flytte- og arealbruksmønsteret.

Klimautfordringene kommer i tillegg til andre omfattende inngrep og forstyrrelser som påvirker reindriften arealer (Riseth & Tømmervik, 2017).

Gravedrift, skogsdrift, veier, vindkraft og økt turisme bidrar til å begrense reindriften arealer og tilpasningsmuligheter. Også kun planer om slike tiltak bidrar til usikkerhet om hvordan reindriften bruk av arealer kan bli begrenset i framtida. Innskrenkingen av beiteområdene får konsekvenser for hvor tilpasningsdyktig reinsdyrnæringa er og kommer i tillegg til konsekvensene av klimaendringer.

¹¹ Vektor betyr i denne sammenhengen en organisme, f.eks. mygg eller flått som overfører en sykdom

Klimaprofil Finnmark-rapporten viser at temperaturen i Finnmark kan øke så mye som 6 grader i et høyt utslippsscenario mot slutten av århundret. Temperatur og nedbør er begge faktorer som kan føre til høyere frekvens av ising og låste beiter, eller de kan gjøre at vekstsesongen starter tidligere. Det tradisjonelle tilpasningen mellom snødekkets kvalitet, reinens framkommelighet og tilgang på næringsrike beiteplanter som reindriften hver vår er så avhengig av, er et forhold som forventes å skape nye og uforutsigelige utfordringer for reindriften (Framsenteret, 2021). Ved mye isdannelse blir det vanskelig for reinen å grave frem beitevekster under snøen, og dersom slike perioder blir for hyppige og langvarige kan det bli behov for å gi reinen ekstra fôr. Dette kan være en utfordring hele vintersesongen, men tilgangen på mat blir ekstra viktig på de lange flyttingene siden det er vanskelig å transportere med fôr til hundrevis av dyr.

Flytting av reinen fra et årstidsbeite til et annet er mange steder en forutsetning for at samspillet mellom beiteressurser, produksjon og klima skal fungere. Mange flytteprosesser skjer over utsatte fjellområder og må derfor tilpasses værforholdene. Rabbene i vinterbeiteområdene har det tynneste snødekket, blir først fri for snø og gir reinen lett tilgang til beiteplanter under trekket. Men på rabbene finnes hardføre plantearter med eviggrønne blader, slik som krekling og greplyng. Disse er ikke spesielt næringsrike. Det er ikke før reinen kommer til beiteene ved kysten at de får tilgang på næringsrike beiteplanter. Det er viktig at overgangen fra næringsfattig til næringsrike planter skjer gradvis da reinen kan få fordøyelsesproblemer om den ikke spiller på lag med mikroorganismene i vomma og lar disse tilpasse seg endringene.

Klimaendringene har ført til hyppige fryse-tine-sykluser på vinterstid, som i sin tur fører til isbelagte beiter. Disse endringene utfordrer flytte- og beitestrategier som ble brukt tidligere. Mangel på beiteressurser har ført til økt bruk av tilleggsfôring, som gir høyere dyretetthet, utfordrende hygieniske forhold og stress. Alt dette bidrar til økt risiko for at dyrene kan pådra seg og overføre sykdom. Dette setter reindriftsutøverne i en vanskelig situasjon og utfordrer både den tradisjonelle kunnskapen og de kulturelle verdier og følelser knyttet til hva reindrift handler om (Riseth, Tømmervi, & Tryland, 2020).

Endret klima vil også påvirke sikkerheten under flytting og kan føre til at reieneierne ikke kan ta i bruk skutere i tide på høsten for effektiv samling av reinflokker til slaktingen. Tynnere is hindrer reinsdyrene å krysse elver og sjøer når de er på vei innover fra kysten om høsten. Isen bærer ikke flokkene og snøscooterne. Resultatet er at arbeidsplassen blir farligere og rein går tapt.

Bortsett fra at vær kan påvirke næringstilgangen, er reinen fysiologisk meget godt tilpasset ekstreme værforhold. Dyrene har flere spesialtilpassede mekanismer for å hindre varmetap under kuldeperioder. Høyere sommertemperaturer kan imidlertid føre til mer mygg, fluer og parasitter og færre snøflekker hvor reinen kan trekke på varme dager. Dette kan føre til redusert dyrevelferd, mindre tilvekst, dårligere slaktekvalitet, og svekket økonomi i reindriften.

4.8 Effekter av endret klima på arealene

FAOs framskrivninger indikerer et økende gap mellom matbehov og sannsynlig produksjonsvekst for de viktigste globale mathandelsvarene (High Level Experts Forum, 2009). En årsak til dette er økt konkurranse om produktive arealer grunnet økonomisk vekst, demografiske endringer, byvekst, behov for økt matproduksjon, økt produksjon av bioenergi, nye biomaterialer og skogbasert karbonopptak. En annen årsak er at arealer forringes og produktiviteten svekkes. Når arealene forringes sterkt, vil de kunne gå helt ut av produksjonen. Hovedbudskapet fra Klimapanelet og Naturpanelet er at matproduksjonen må øke uten ytterligere utvidelse av jordbruksområder som går på bekostning av skog, naturområder og våtmarker. Dette er en forutsetning for å beskytte økosystemenes produktivitet, naturmangfoldet og jordsmonnets potensial for opptak og lagring av karbon. Det er da tilsvarende viktig å unngå at produksjonsarealer går tapt eller forringes (IPCC, 2019c; IPBES, 2019).

Klimaendringer vil i flere regioner føre til økt og mer langvarig tørke. Sammen med ikke bærekraftige jordbrukspraksiser, kan dette føre til jordforringelse og ørkenspredning. Ifølge FAO er om lag en tredel

av verdens jordressurser sterkt eller noe forringet og utviklingen er negativ i flere regioner både i industrilandene og i fattige land, noe som i alvorlig grad kan svekke grunnlaget for stabil jordbruksproduksjon og forsterke effektene av endret klima. Generelt er slike effekter av klimaendringene større i sørlige og varme strøk enn tempererte og nordlige regioner (høye breddegrader). De parametere som er årsak til disse forskjellene vil i endret klima utvikle seg i en retning som forsterker forringelsen av produksjonsarealer i sør. Også vekslingen mellom tørke og ekstremnedbør vil medvirke til dette (FAO, 2015; FAO, 2021b; IPBES, 2019).

Jordhelse er et uttrykk for jordsmonnets tilstand, herunder egnethet for dyrking og evne til å levere økosystemtjenester. Den viktigste trusselen mot jordhelse er tapet av organisk materiale (SOC: Soil Organic Matter). Økning i jordtemperaturen vil ha negativ innvirkning på SOC, men først og fremst på høyere breddegrader. Klimaendringer vil ha betydelig negative konsekvenser for jordhelseindikatorer og ekstremnedbør kan skade jordas biologiske funksjoner, og øke overflateavrenning og tap av jordsmonn ved jorderosjon. Tørke øker faren for jordtap og jordforringelse ved vinderosjon (IPCC, 2022).

Økt temperatur vil føre til forlengede vekstsesonger i Norge, med fra en til tre måneder under det høyeste utslippsscenariet. Endret nedbør, og særlig økt frekvens og intensitet av hendelser med ekstremnedbør, øker samtidig risiko for flom, skred, erosjon og ukontrollert avrenning av overvann inn på jordbruksarealer. Slike hendelser kan føre til tap av produktivt jordsmonn og i verste fall irreversibel ødeleggelse av jordbruksarealer (Hohle & al, 2016).

Bekkelukking, ofte i forbindelse med bakkeplaneringer, har særlig i perioden 1960-1985 bidratt til økt jordbruksareal og mer effektiv drift i jordbruket, men har også hatt negative konsekvenser for miljøet, både mht. biologisk mangfold, hydrologisk funksjon som flomdemping, og tilbakeholdelse av næringsstoffer. Selve lukningsanleggene kan medføre risiko for erosjonsskader på arealene dersom de er skadet eller underdimensjonert. Etter ca. 1990 er det gjort flere undersøkelser av tilstand og tekniske utfordringer med de hydrotekniske anleggene i jordbruket. Flere rapporter dokumenterer at anleggene er i dårlig tilstand, beskriver skader, vurderer behov for tiltak og anslår kostander ved utbedring (Hauge & Haraldsen, 2017).

- Noen steder kollapser bekkelukkingen, fordi overflatevann trenger ned i utettheter
- Underdimensjonert samleledning medfører graving og stort tap av jordmasser.
- Dype bunnledninger kan ved sammenbrudd gi enorme erosjonsskader.

Klimaendringer kan øke risiko for skader knyttet til hydrotekniske anlegg i jordbruket, og økt overvann i områder som brukes til jordbruk. Slike hendelser kan, foruten å føre til tap av jordsmonn, også føre til redusert kvalitet, vesentlig skade eller fullstendig tap av avling. Gjenoppbygging av arealer etter slike hendelser medfører, i den grad det er fysisk mulig, ofte svært store kostnader. Klimaendringer som fører til økt frekvens av flommer i vekstsesongen, og i mindre vassdrag, øker sannsynligheten for denne type skader. Hydrotekniske anlegg som ikke er vedlikeholdt øker risiko for alvorlige skader på arealene og for uheldige konsekvenser for nedstrøms arealer og på vannkvalitet i resipienter (Hohle & al, 2016).

4.9 Effekter av endret klima på av fiskeri og akvakultur

Ivaretagelse av produksjonsgrunnlaget er én av tre forutsetninger for ivaretagelse av norsk matsikkerhet. Produksjonsgrunnlaget både for jordbruk, fiskeri og akvakultur er avgjørende for norsk matsikkerhet. Fiskeri og akvakultur er blant Norges største eksportnæringer. Eksporten var i 2021 3,1 millioner tonn sjømat til en verdi av 120,8 milliarder kroner etter en økning på 13,6 milliarder fra 2020. Det er rekord i både volum og verdi og tilsvarer 42 millioner måltider hver eneste dag – året rundt (Kilde: Norges sjømatråd, årskonferansen 2022). Fangsten gjort av norske fartøy i norsk

økonomisk sone er ifølge Fiskeridirektoratets statistikk på ca. 2,5 millioner tonn rundvekt årlig. Det tilsvarer i underkant av et halvt tonn per innbygger i Norge.

Mer enn 3,5 milliarder mennesker er avhengige av havet for matsikkerhet. Global fiskeri- og havbruksproduksjon i 2022 er ventet å øke med 1,5 prosent, til 184,6 millioner tonn. Veksten i havbruksnæringene har tatt seg opp i forhold til 2021 med 2,9 prosent, men fortsatt forsiktighet knyttet til lageroppbygging og bekymring for kostnader holder vekstraten lavere enn den langsiktige trenden (FAO, 2022b).

Marine fiskerier bidrar med cirka 80 % til europeisk akvatisk matproduksjon, mens marin akvakultur gir 18% og oppdrett i ferskvann gir 3%. Klimaendringer har påvirket europeisk marin matproduksjon. Ikke bærekraftig fiskeri har imidlertid fortsatt den største innvirkningen på kommersielt viktige fiskebestander i Europa, med 69% av bestandene som er overfisket og 51% er vurdert å være utenfor trygge biologiske bestandsgrenser (IPCC, 2022).

4.9.1 Fiskeri

Havområder dekker mer enn 70 prosent av jordas overflate, regulerer klimaet og huser et meget stort artsmangfold. Livet i havet er viktig for å opprettholde menneskers levebrød og matsikkerhet. Tre milliarder mennesker er avhengige av mat fra hav og ferskvann som viktigste proteinkilde, for mange er også fiske og akvakultur viktig grunnlag for inntekt (DNV, 2021). Likevel er det bare to prosent av maten (som matenergi målt i kalorier) vi mennesker spiser som kommer fra havet. Det antas at det er stort potensial for å øke denne andelen ved forbedret forvaltning og ved å utnytte flere arter som i dag i liten grad blir brukt til mat eller fôr.

Effektiv fiskeriforvaltning har bidratt til å gjenoppbygge bestander og øke fangstene innenfor økosystemenes grenser. Forbedret global fiskeriforvaltning er fortsatt avgjørende for å gjenopprette økosystemene til sunn og produktiv tilstand og for på lang sikt å beskytte tilførsel av akvatiske matvarer (FAO, 2022c). FAO anslår at verdens fiskefangster kan øke med 6 prosent fra 2020 til 96 millioner tonn i 2030, som følge av forbedret ressurs forvaltning, utnyttelse av underfiskede ressurser, og redusert kassering, avfall og tap (ibid).

Klimaendring kan forårsake omfordeling av marine fiskebestander, noe som øker risikoen for forvaltningskonflikter mellom land. Dette kan slå negativt ut for en rettferdig fordeling av sjømattilgangen etter hvert som fiskebestandene forflytter seg fra lavere til høyere breddegrader, og dermed øke behovet for å ta hensyn til klimaeffektene på fiskebestandene i grenseoverskridende forvaltningssamarbeid (IPCC, 2022).

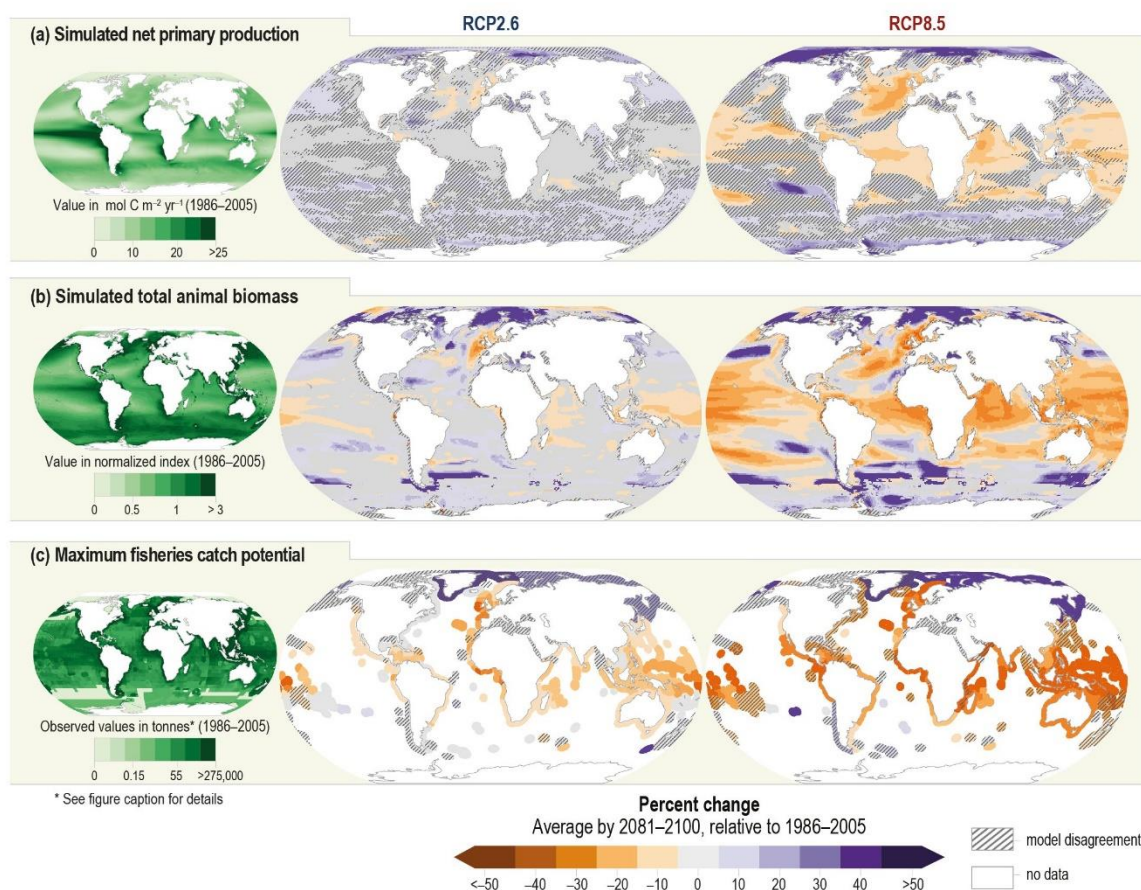
Oppvarming av havet påvirker marine organismer på flere nivåer i næringskjeden (trofinivåer), og påvirker fiskeriene med implikasjoner for matproduksjon og samfunn. Både volum og sammensetning av fiskefangstene er i mange regioner allerede påvirket av effektene av oppvarming og endring av primærproduksjon på vekst, reproduksjon og overlevelse av fiskebestander (IPCC, 2019b).

Ifølge Klimapanelets spesialrapport om hav og is er 34,2 prosent av globale fiskebestander overfisket, altså utnyttet og fisket utover bærekraftige grenser (IPCC, 2019b). Størrelsen på marine bestander har falt til nesten halvparten (49 prosent) fra 1970 til 2012. Sentrale faktorer er ulovlig fiske og svikt i forvaltningen av de ville fiskebestandene. Det handler ikke bare om tap av arter og økosystemer, problemet har også en alvorlig innvirkning på mange samfunn som er sterkt avhengig av marint protein (FAO, 2020a).

Endringer i temperatur, næringstilgang, stratifisering (lagdeling), oksygeninnhold og andre faktorer i havet fører til sviktende reproduksjon og at fiskestammer forflytter seg. Effektene av klimagassutslippene og økt CO₂ innhold i atmosfæren på de biofysiske forholdene i havrommet og havøkosystemene er illustrert i Figur 3.5 i forrige kapittel. Som respons på havoppvarming og økt stratifisering, er næringskretsløp i åpne havområder blir forstyrret, og Klimapanelet vurderer at dette

med stor sannsynlighet har en regionalt variabel innvirkning på marin primærproduksjon (IPCC, 2019b).

Klimapanelet har vist hvordan henholdsvis netto produksjonspotensial, total animalsk biomasse og maksimalt potensial for fiskefangster globalt kan utvikle seg under ulike utslippsscenarioer, se Figur 4-5.



Figur 4.5 Utvikling av NPP (netto biologisk primærproduksjon) (øverst), simulert total animalsk biomasse (midten) og maksimum fiskefangstpotensial (nederst) under henholdsvis RCP2.6 og RCP8.5, tidshorisont 2080-2100.

Kilde: IPCC (2019b)

Risikovurderinger i denne rapporten tar utgangspunkt i det meget høye utslippsscenariet (SSP5-RCP8.5). Klimamodeller projiserer at netto primærproduktivitet svært sannsynlig vil ha nedgang på 4–11 % for RCP8.5 innen 2081–2100, i forhold til 2006–2015. Nedgangen skyldes de kombinerte effektene av oppvarming, stratifisering, lys, næringsstoffer og predasjon, men viser også regionalt variasjoner mellom lave og høye breddegrader. Den globale biomassen av marine dyr, inkludert de som bidrar til fiskeriene, anslås å avta med høy sannsynlighet under henholdsvis RCP2.6 og RCP8.5 å være på $4,3 \pm 2,0$ % og $15,0 \pm 5,9$ %, innen 2080–2099 i forhold til 1986–2005. Det maksimale fangstpotensialet anslås å reduseres med 3,4 % til 6,4 % (RCP2.6) og 20,5 % til 24,1 % (RCP8.5) i det 21. århundre (IPCC, 2019b).

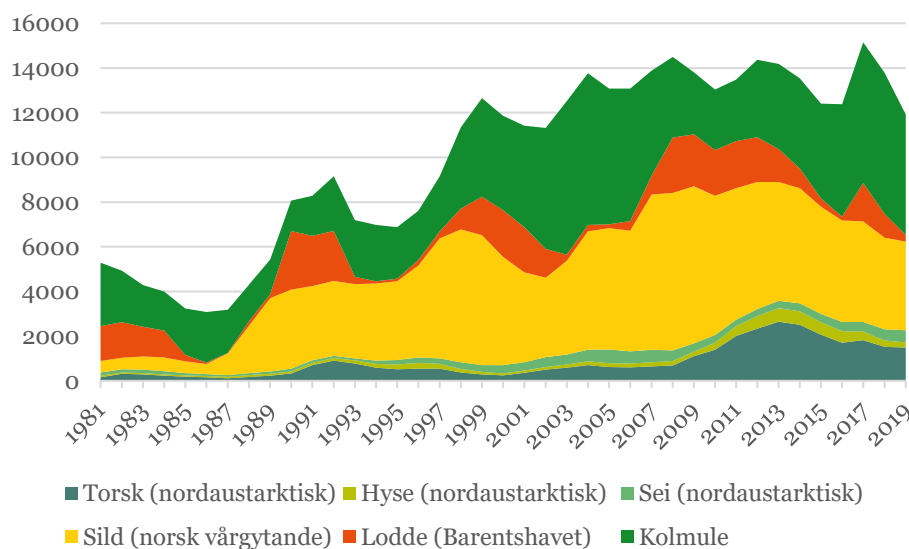
Klimapanelet dokumenterer at klimaendringene utover i århundret øker risiko for redusert fremtidig produktivitet i havøkosystemene. Dette innebærer at vurderingen av klimarisiko i matsystemet må ta

hensyn til, på globalt nivå og i siste del av dette århundre, en potensielt betydelig reduksjon i tilgangen på mat basert på fangst av villfisk og andre marine organismer.

For eksempel pekes det på at nedgangen i torskebestandene i Nordsjøen blant annet skyldes varmere vann og færre unge torsk som overlever, delvis på grunn av klimaendringer. Endringer i havdynamikken har også påvirket fordelingen av makrell i Nordøst-Atlanterhavet, ved at flere fisk trekker lenger nord til kjøligere vann, som igjen gir utfordringer med den felles forvaltningen av denne bestanden.

Arktiske marine økosystemer varmes opp dobbelt så raskt som det globale gjennomsnittet. Arktis forventes å ha den største endring i artssammensetning når det gjelder både invaderende og lokalt utdøende arter, med en modellert intensitet på fem ganger det globale gjennomsnittet (Fossheim, Primicerio, Johannesen, & al., 2015). Den anslåtte globale nedgangen i dyreplanktonbiomasse viser sterk forskjell mellom breddegrader, med den største nedgangen i tropiske områder og spesielt økning i polarområdene. Imidlertid vil økning i dyreplanktonbiomasse i polarområder bli påvirket av sesongvariasjonen i lys som på høye breddegrader som kan begrense primærproduksjonen (IPCC, 2019b).

Bestandenes størrelse avhenger også av forvaltningsregimene og fiskekvotene. De totale bestandene av ulike fiskeslag i norske farvann varierer over tid, men er høyere nå enn for noen tiår siden, se Figur 4.6. Overfiske var tidligere årsak til fallende bestander, men økt kunnskap om bærekraftig forvaltning av fiskebestander og internasjonale avtaler, har bidratt til mer balansert utvikling av ville fiskebestander i norske fiskerisoner. Oppvarming-induserte endringer i romlig fordeling og mengde av fiskebestandene har allerede utfordret forvaltningen av noen viktige fiskerier (IPCC, 2019b).



Figur 4.6. Gytebestander i Norge i 1000 tonn, 1981-2019.

Kilde: SSB tabell 08179

For Norskehavet ser det ikke ut til å være nok data til å konkludere at endringer i økosystemene skyldes klimaendringer: Slike markerte endringer (som endringer i økosystemene i Nordsjøen og Barentshavet) er ikke funnet i Norskehavet, men det er likevel observert noen endringer, som for dyreplankton kan knyttes til variasjon i klima. Etter en økning på 1980-tallet, har sjøtemperaturen stort sett ligget på et forhøyet nivå i Nordsjøen og Skagerrak. Det har ført til at sørlige arter har vandret inn og økt i mengde. Ikke minst gjelder dette dyreplankton, hvor skiftet til mer sørlige arter kan gi et mindre produktivt system med lav rekruttering i flere av de store kommersielle

fiskebestandene. Flere varmekjære fiskearter, som havabbor, sardiner og ansjos, har allerede etablert seg i Nordsjøen (Miljødirektoratet, 2022).

Det er registrert endringer i bestander av polartorsk i Barentshavet. Polartorsken er den eneste rent arktiske pelagiske fisken i Barentshavet og er tilpasset arktisk vann som typisk har temperaturer helt ned mot frysepunktet, og det kalde vannet vil definere det tilgjengelige habitatet. Polartorskmengden kan gi en indikasjon på de rådende levekårene for en arktisk bestand i Barentshavet. Utviklinga i polartorskmengde er målt akustisk i Barentshavet om høsten fra 1986 til 2020 og viser stor fluktuasjon i biomasse over tidsperioden. Det er ikke godt kjent hvorfor polartorskmengden stort sett har vist en nedadgående trend i Barentshavet gjennom det siste tiåret, men en forklaring kan være at polartorskhabitatet i toktdekningsområdet har blitt redusert som følge av temperaturøkning. I tillegg har predasjonspresset fra torsk og sjøpattedyr trolig vært høyt (Huserbråten, Eriksen, Gjørseter, & Vikebø, 2019). Polartorsken legger egg under dekke av isen i Arktis, og når isen blir borte, kan den få vansker med å formere seg (Kjesbu & al, 2021).

Europeiske land vurderes av IPCC å være globalt blant de minst sårbare for virkningene av klimaendringer på fiskerirelatert matsikkerhetsrisiko på grunn av lave eksponeringsnivåer for klimafarer, relativt lav økonomisk avhengighet av fiskeriøkonomi og høy tilpasningskapasitet. For havbrukssektoren er IPCCs vurdering at Norge er svært sårbare fordi lakseoppdrett har høy følsomhet for oppvarming og fordi produksjon per innbygger er høy næringen dermed har stor økonomisk betydning for Norge (IPCC, 2022).

Oppsummert vil klimaendringene globalt svekke matsikkerheten i mange kystsamfunn, særlig på lavere breddegrader. Dette er samfunn som allerede er sårbare for redusert tilgang på sjømat, og hvor sjømat samtidig spiller en viktig ernæringsmessig rolle i diettene. I nordlige og arktiske havområder vil klimaendringene også føre til at fiskefangstenes artssammensetning og bestandenes utbredelse endres. I norske fiskerisoner antas effektene av klimaendringene på havøkosystemene være mindre negative for biomasseproduksjonen, eller også positiv sammenliknet med havområder på lavere breddegrader (FAO, 2018a).

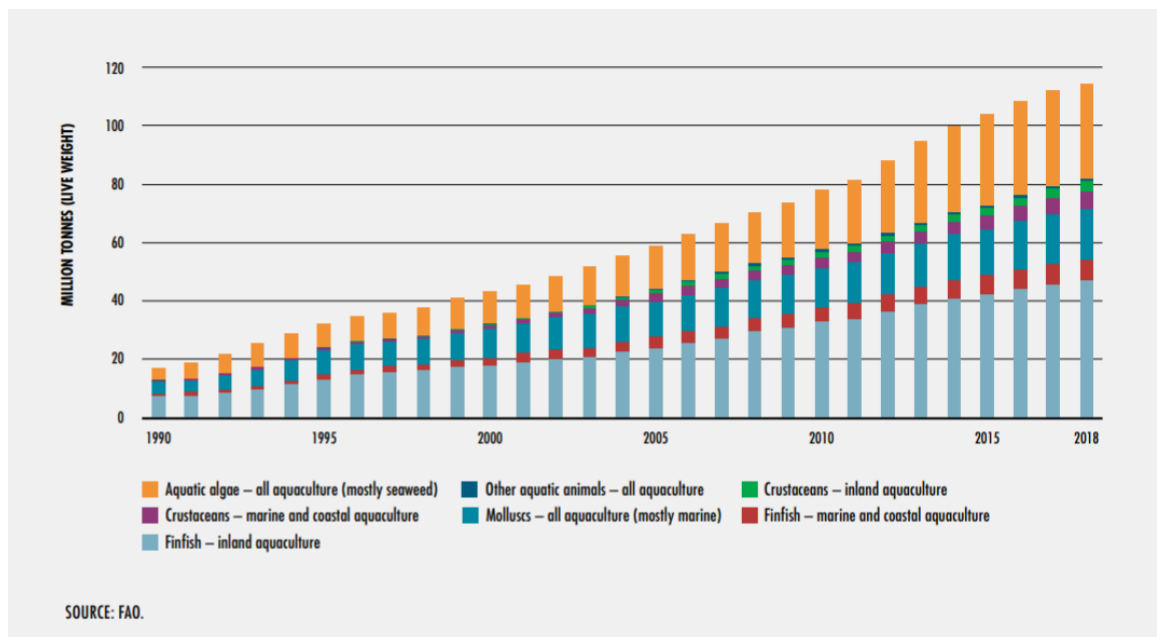
4.9.2 Akvakultur

Akvakultur inkluderer oppdrett og dyrking av alle slags organismer i vann. Havbruk er akvakultur som drives i havvann langs norskekysten. Det pågår også utvikling av større havbaserte oppdrettsanlegg, basert på ulike teknologiske løsninger. Akvakultur i ferskvann har begrenset omfang i Norge. Det er imidlertid flere landbaserte oppdrettsanlegg basert på saltvann under etablering, primært med oppdrett av laksefisk som formål, men i mindre omfang også andre arter. Både havbaserte og landbaserte anlegg for akvakultur (fiskeoppdrett) vil endre næringens utsatthet for både direkte og indirekte effekter av klimaendringer.

Verdens akvakulturproduksjon er dominert av Asia, med ca. 89 prosent andel av produksjonen målt i tonn de siste to tiårene. Kinas årlige produksjon i akvatisk oppdrett har vært større enn resten av verden til sammen siden 1991 (58 prosent i 2018). Veksten i global akvakulturproduksjon var i gjennomsnitt 5,3 prosent pr. år i perioden 2001–2018, men bare 4 prosent i 2017 og 3,2 prosent i 2018, se Figur 4.7 (FAO, 2020a). Den lave veksten disse årene var forårsaket av nedgangen i Kina, som er verdens største akvakulturprodusent. Økningen i Kina var bare 2,2 prosent i 2017 og 1,6 prosent i 2018, mens kombinert produksjon i resten av verden fortsatte vekst på 6,7 prosent og 5,5 prosent, i de samme to år (FAO, 2020a).

Bidraget fra akvakultur til verdens tilgang på fisk og annen sjømat har hele tiden økt og nådde 46,0 prosent i 2016–18, opp fra 25,7 prosent i 2000 (FAO, 2020a). I 2018 var den globale produksjonen i innlands akvakultur 51,3 millioner som tilsvarer 62,5 prosent av verdens produksjon av oppdrettsmatfisk. Bidraget fra ikke-fôret akvakulturproduksjon av den totale oppdrettsproduksjonen

av akvatiske dyr har gått ned fra 43,9 prosent i 2000 til 30,5 prosent i 2018. Det betyr at akvakulturproduksjon i økende grad er avhengig av tilført fôr (FAO, 2020a).



Figur 4.7 Global akvakulturproduksjon 1990-2018, fordelt på hovedgruppene havalger – tang, andre vannlevende dyr, krepsdyr i hav og kystområder, bløtdyr, fiskeoppdrett i ferskvann, fiskeoppdrett i hav og kystområder.

Kilde: FAO (2020a)

Oppdrettsnæringen i Norge produserte 1,348 millioner tonn i 2021, til en verdi av 85,4 milliarder kroner som tilsvarer 71 prosent av den samlede eksportverdien av sjømat på 120,8 milliarder kroner (tall fra Norges sjømatråd).

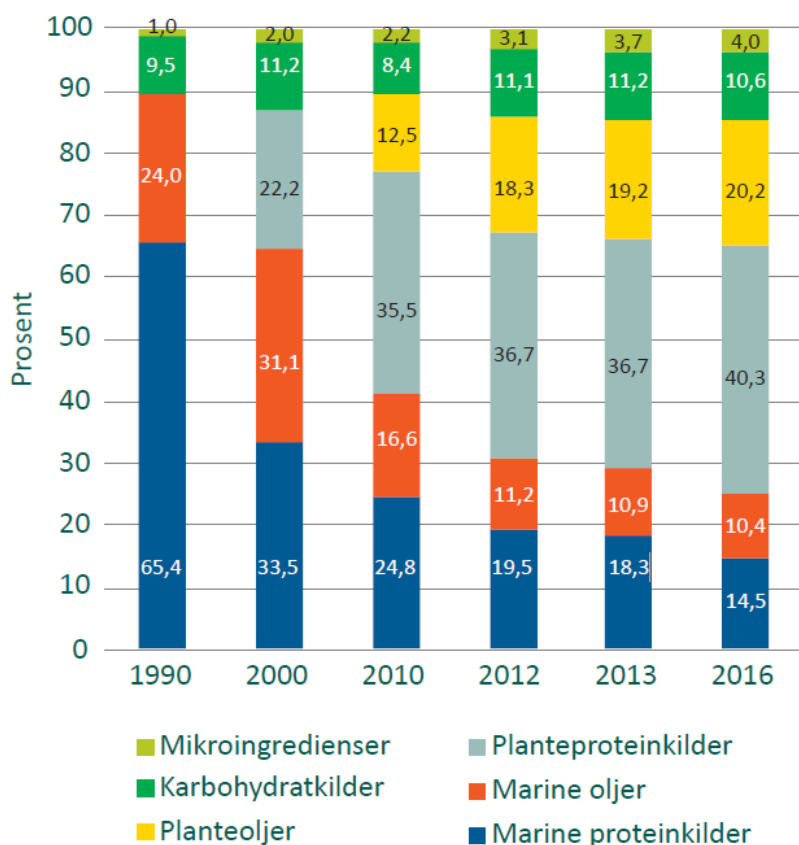
IFFO (The Marine Ingredients Organization) er en internasjonal handelsorganisasjon som representerer den marine ingrediensindustrien, som fiskemel, fiskeolje og andre relaterte industrier. De viser til at produksjon av ingredienser til fiskefôr krever land, vann, råvarer og energi, og vil både være utsatt for effekter av klimaendringer og ha miljøpåvirkninger. På grunn av variasjon i tilgang på fiskemel og fiskeolje og tilhørende prisvariasjoner, søker næringene etter alternative kilder til blant annet langkjedede flerumettede fettsyrer. Dette inkluderer økt fangst basert på store bestander av marint dyreplankton. IFFO viser imidlertid også til bekymringer for virkningene av slik fangst på marine næringskjeder.

Globalt vil for eksempel redusert fluks av organisk materiale fra øvre vannlag til dypere nivåer med stor sannsynlighet reduseres med 9–16 % for RCP8.5 som resultat av økt stratifisering og redusert næringstilførsel, spesielt i tropiske områder. Dette vil redusere tilførsel av organisk karbon til dyphavets økosystemer. Denne reduksjonen i næringsforsyningen til dyphavets økosystemer anslås å føre til en 5–6 % reduksjon i biomasse av bunnlevende organismer over mer enn 97 % av dype havbunnsområder innen 2100 (IPCC, 2019b).

Oppdrettsfisker i Norge spiser både animalske (marine) og vegetabiliske fôrvarer, og det meste av de vegetabiliske råvarene importeres. Andelen vegetabiliske fôrvarer har økt de siste årene, se Figur 4.8. Dette er i stor grad soya og skyldes at det ikke er bærekraftig for fiskebestandene og økosystemene i havet å øke uttaket av marint fôr i takt med ekspansjonen i akvakulturnæringen. Tilgang til protein til fiskeforet fra marin fiskefangst dekker ikke behovene og en økende andel av fôrgrunnlaget for akvakulturnæringen blir derfor dyrket på landarealer (protein fra soya og vegetabiliske oljer, samt også karbohydrater). Denne produksjonen er utsatt for samme klimarisiko og konkurrerer om de samme arealene som jordbruksproduksjon for mat og husdyrfôr.

Det pågår betydelig forskning og innovasjon for å utvikle alternative og mer bærekraftige kilder for protein til fiskefôr, for eksempel produksjon av innsektbasert protein og produksjon basert på utvikling av gjærprotein med cellulose som råstoff. Disse teknologiene er i en tidlig fase, og bidraget til forgrunnlaget for oppdrettsnæringen er foreløpig svært marginalt.

Med bakgrunn i Klimapanelets dokumentasjon av risiko for framtidig redusert produktivitet i havøkosystemene og fortsatt økning i akvakulturnæringens behov for proteinrikt fôr, forventes landarealenes betydning for akvakulturnæringens forgrunnlag derfor fortsatt å øke. Arter på lavt trofisk nivå står for mer enn 30 % av den globale fiskeriproduksjonen og bidrar vesentlig til global matsikkerhet. Mer enn 30 % av globale fiskefangster ble i 2011 brukt til fôr for husdyr og akvakultur. I en studie av fem godt dokumenterte marine økosystemer fant Smith (Smith & al, 2011) at fiske av disse artene ved konvensjonelt maksimum bærekraftig uttak, kan ha stor innvirkning på andre deler av økosystemet, spesielt når artene utgjør en høy andel av biomassen i økosystemet eller er sterkt knyttet til hverandre næringskjedene. Det er derfor en viss usikkerhet knyttet til hvor mye fangst av marine organismer på lavere trofinivåer i havøkosystemenes næringskjeder kan bidra som forgrunnlag for oppdrettsnæringen når klimaendringene svekker havøkosystemenes produksjon. Disse ressurser kan ha større verdi blant annet for produksjon av produkter rike på protein eller umettede fettsyrer for human ernæring. En mulig fremtidig mangel på fôr kan være en betydelig barriere for utvikling av den norske havbruksnæringen på litt lengre sikt (Almås & Aursand, 2019).



Figur 4.8. Råvaresammensetning i norsk laksefôr over tid.

Kilde: Aas, Ytrestøyl, & Åsgård (2019)

Havforskningsinstituttet (HI) har siden 2011 gitt ut en årlig risikovurdering av norsk fiskeoppdrett. Dette inngår i instituttets rolle i å utvikle en god vitenskapelig forståelse av tilstanden til de marine økosystemene, og hvordan tilstanden utvikler seg og påvirkes av næringsaktivitet, klimaendringer og annen menneskelig påvirkning. Risikovurderingen har også omfattet dyrevelferd i havbruk. Som en

del av dette arbeidet er det etablert kunnskapsgrunnlag for å utarbeide miljøindikatorer og tilhørende forslag til grenseverdier for akseptabel påvirkning for noen oppdrettsnæringens viktigste påvirkningsfaktorer på kystøkosystemene og på anadrom laksefisk. For hver påvirkningsfaktor er de viktigste risikohendelsene identifisert, sannsynlige konsekvenser av disse og samlet risiko for hvert produksjonsområde eller annen geografisk enhet er vurdert og beskrevet (Grefsrud & al, 2021).

HI's årlige risikovurderinger viser at akvakultur har et svært komplekst risikobilde, og det er varierende kunnskapsnivå og grad av tilgjengelige overvåkingsdata knyttet til de ulike faktorene. For å kunne gi en mer ensartet framstilling, og for å kommunisere dynamikken og kompleksiteten av risiko knyttet til akvakultur bedre, valgte HI fra 2019 å innføre en ny metodikk for risikovurdering og dele rapporten inn i en egen del for risikovurdering og en for kunnskapsgrunnlaget for vurderingen.

Risikorapporten for 2021 viser til at med rundt 400-500 millioner oppdrettsfisk stående i åpne merder langs kysten utgjør lakseoppdrett den største husdyrproduksjonen i Norge. Med en så høy biomasse er det bred enighet om at aktiviteten i større eller mindre grad påvirker miljøet både lokalt og regionalt og det er knyttet til dels store utfordringer til fiskevelferd.

Basert på et stadig bedre kunnskapsgrunnlag, etablerte miljøovervåkningssystemer og hensiktsmessige regulatoriske rammebetingelser, bør den norske oppdrettsnæringen kunne fortsette å utvikle produksjonen. En viktig forutsetning er imidlertid også at handelssystemene fungerer slik at behovet for import av fôr blir dekket. Utviklingen i næringens rammebetingelser, produksjonsmetoder og omfang kan imidlertid også bli påvirket av økonomiske og regulatoriske forhold som for eksempel dyrevelferdskrav, knapphet på egnede arealer og forsterkede miljøkrav. Hvis en forsyningskrise rammer importen av fôr og andre matvarer, representerer fisken som til enhver tid står i merdene et matlager.

Klimaendringer har imidlertid allerede påvirket flere forutsetninger for akvakulturnæringene. Oksygensvikt i bunnvannet i norske fjorder gjør at forholdene i noen norske fjorder ikke lenger egner seg for oppdrett. Det har også forekommet algeoppblomstring med omfattende fiskedød som konsekvens, noe som delvis forklares med økt havtemperatur (Kilde: Miljødirektoratet). Klimaendringer kan derfor påvirke fysiske og biologiske forhold og dermed muligheter for både videre drift av eksisterende og lokalisering av nye anlegg. Slike endringer kan åpne muligheter for oppdrett av nye arter, men også at nye arter opptrer som skadegjørere i oppdrettsnæringen.

En av de største direkte klimarelaterte risikoene for akvakulturnæringen er høyere havtemperatur. Det er allerede observert perioder med så høy havtemperatur at det har skapt problemer for fiskehelse og tilvekst. Slike endringer kan gi næringen større utfordringer på lengre sikt. Dette dreier seg først og fremst om at den biologiske risikoen i form av sykdommer og utbrudd av giftige alger som kan føre til fiskedød ved høyere sjøtemperatur. Også lakselus og andre parasitter trives i varmere vann (Dalvin & Oppedal, 2019).

En aktuell akutt risiko for oppdrettsnæringen er effekter av økt ekstremvær, som for eksempel i form av sterk vind, stormer og bølger som øker belastningen på materialer, installasjoner og anlegg. En konsekvens av dette kan være ødeleggelser av anlegg og installasjoner, utslipp av for og drivstoff, samt rømning av fisk med negative effekter på både økonomi, miljø og økosystemer (Bjartnes & al, Hvordan møte klimarisiko?, 2019).

En vesentlig klimarelatert risiko er knyttet til mulige begrensninger i tilgangen på fiskefôr. Fiskefôret består av både marine- og landbaserte ingredienser, som for eksempel fiskemel og soya. Tilgangen på marine ingredienser kan bli påvirket ved at fiskearter forflyttes eller blir negativt påvirket av varmere vann. Tilgangen på soya kan bli påvirket av avlingssvikt som kan skyldes både generelt sviktende avlinger, men også ekstremtørke eller ekstremnedbør (Bjartnes & al, Hvordan møte klimarisiko?, 2019).

Også økning i temperatur over landarealene, som hittil har vært dobbelt så stor som økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen, vil føre til økt temperatur i ferskvann som benyttes til

fiskeoppdrett. Dette er vurdert å kunne virke negativt på oppdrett av fisk og andre akvatiske organismer i ferskvann. Slike produksjoner står for en stor del av akvakulturproduksjonen på globalt nivå, og svekkelse av denne kilden til protein, vil være alvorlig i mange regioner selv om det har liten betydning for den svært begrensede produksjonen i ferskvann i Norge.

En utredning «Nye arter i oppdrett» konkluderer med at Norge har et unikt utgangspunkt for å utvikle nye arter i oppdrett (Akvaplan NIVA, 2019). Prosjektet har hatt fokus på å utarbeide et kunnskapsgrunnlag i form av en kvalitativ og kvantitativ evaluering av 31 utvalgte arter aktuelle for Norge ut ifra definerte kriterier. Det presenteres en rangert liste over hvilke arter som er aktuelle for Norge, men det understrekes at listen må leses med forsiktighet fordi erfaringen har vist at innenfor de lange tidsperspektivene det tar å utvikle oppdrett basert på nye arter, ikke er mulig å ha full oversikt over alle «drivere» i utviklingen. Direkte og indirekte effekter av klimaendringer omtales som bidrag til usikkerhet om framtidig utvikling av nye arter for oppdrett i Norge.

4.9.3 Sjømat og mattrygghet

De klimarelaterte risikofaktorene for sjømatsektoren som er beskrevet i denne rapporten, dreier seg primært om trusler mot havøkosystemenes produktivitet og mot tilgangen på fôrmaterialer til oppdrettsnæringene. Forurensning av hav og vassdrag kan imidlertid føre til sammenfall av klimarelaterte og andre hendelser som reduserer kvaliteten på mat fra sjømatsektoren. blant risikofaktorer som kan påvirke mattryggheten ved sjømat, er forekomsten av giftige mikroorganismer og alger og helsefarlige nivåer av fremmedstoffer (som miljøgifter, kjemikalier m.m) i sjømaten. En samtidig forsterkning av disse risikofaktorene og klimarelaterte hendelser som endrer tilgangen på matråvarer generelt, kan gi alvorlige utslag på verdens matvareforsyning og på norsk matproduksjon som helhet.

Viltlevende fisk og andre sjødyr er utsatt for miljøgifter og forurensning som akkumuleres i organismene. Konsentrasjonen øker oppover i næringskjeden. Mattilsynet og Miljødirektoratet har overvåknings- og kartleggingsprogrammer for miljøgifter. For enkelte havner, fjorder og innsjøer som er forurenset, har Mattilsynet sendt ut advarsler mot å spise visse typer selvfangnet fisk og skalldyr.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har vurdert nytte og risiko ved fisk i norsk kosthold to ganger, i 2006 og i 2014 (VKM, 2014). Hovedkonklusjonen var at «fordelene ved å spise fisk oppveier klart den ubetydelige risikoen som dagens nivåer av miljøgifter og andre kjente fremmedstoffer i fisk representerer». Nivåene av miljøgifter i oppdrettsfisk hadde blitt redusert siden forrige vurdering i 2006, fordi andelen av fiskefôret som kommer fra planter hadde økt på bekostning av marint fôr. Tallmaterialet var uegnet til å fortelle om nivåene av miljøgifter i villfisk hadde endret seg vesentlig siden 2006, men VKM konkluderte med at med dagens nivåer av PCB, dioksiner og kvikksølv i fet og mager fisk, så kan man ved stort inntak av fisk få i seg skadelige mengder av disse miljøgiftene. Mattilsynet har bedt VKM om en ny vurdering, som er forventet publisert i juni 2022. Bakgrunnen for bestillingen er at det har kommet nye relevante data (VKM, 2014).

Mange miljøgifter er forbudt å bruke i Norge og internasjonalt, og industriutslippene er redusert. Sakte reduseres dermed også innholdet av disse gamle miljøgiftene i fisk og skalldyr. Man finner likevel stadig nye miljøgifter i naturen. Økt oppmerksomhet og kunnskap, samt tiltak mot disse problemene kan bety at miljøgifter ikke vil utgjøre en begrensning i mulighetene for å spise fisk og sjømat under en forsyningskrise.

Med endret klima, økt frekvens og intensitet av ekstremnedbør, kan økt erosjon føre til at sedimenterte miljøgifter igjen kommer i sirkulasjon i vann og vassdrag. Dette kan ha betydning for framtidige anbefalinger om inntak av ferskvannsfisk, men vi har ingen entydige kilder for en slik vurdering. Ferskvannsfisk betyr også lite for matsikkerheten så problemet vil i så fall kun ha betydning lokalt.

4.10 Klimarisiko i matsystemet og internasjonale ringvirkninger

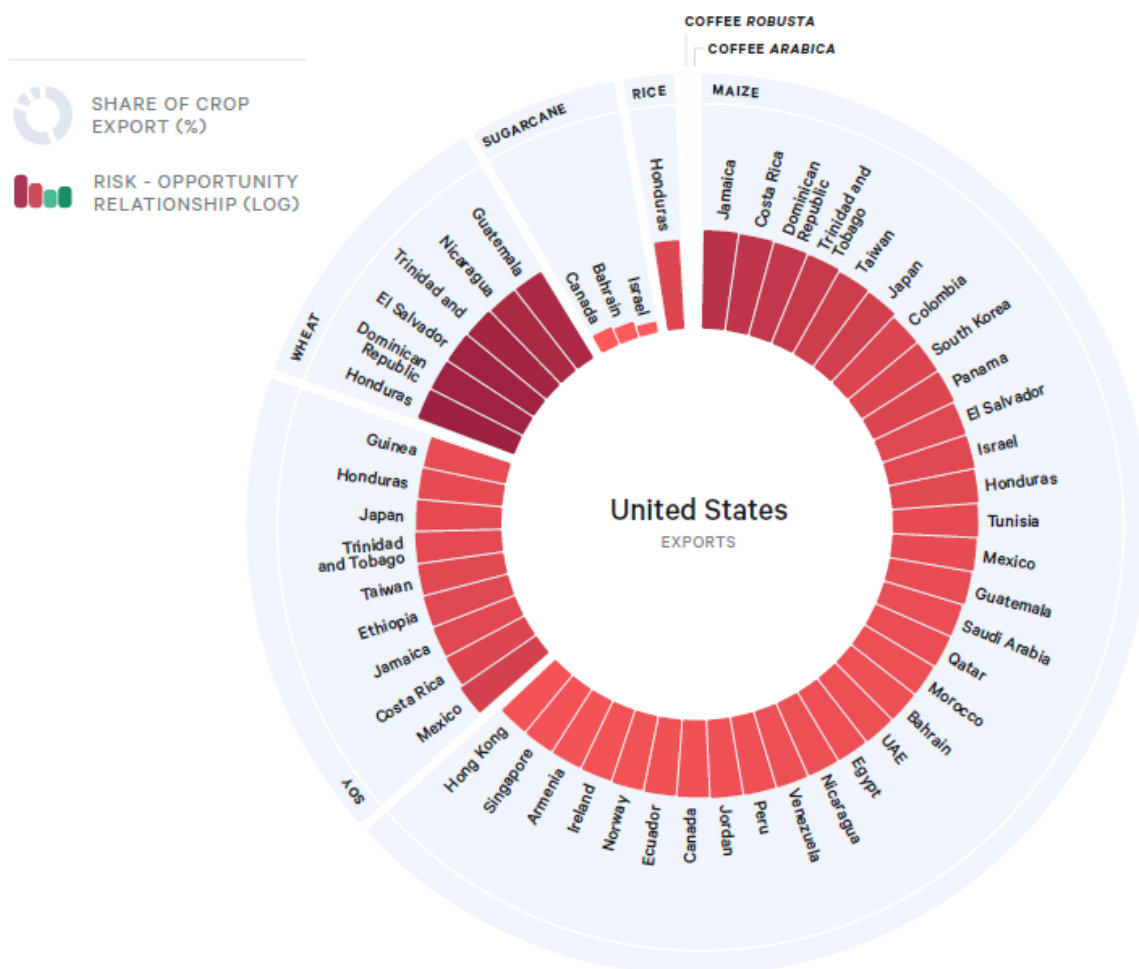
Klimaendringene kjenner ikke landegrenser og i en verden der økonomier og forsyningssystemer i økende grad er integrert, vil effektene av klimaendringer i ett land kunne påvirke økonomi og forsyningssikkerhet for mat i mange andre land. Påvirkningen styres av relasjoner mellom produserende eksportland og importavhengige konsumentland. På samme måte som klimaendringer og generell klimarisiko virker uavhengig av grenser og påvirker globale systemer, er også klimarisiko i matsystemene grenseoverskridende. Den grenseoverskridende risikoen har utspring i primærproduksjonens utsatthet for klimapåvirkning, men er også eksponert for fysisk påvirkning på matvarelagre og transportsystemer. Slik risiko kan utløse kaskadeeffekter i form av økonomiske og sosiale konsekvenser og politiske responser både i produsentland, men særlig i fattige land som er sterkt avhengig av matvareimport.

Rapporten *Climate change, trade and global food security* (Adams, Benizie, Croft, & Sadowski, 2021) understreker betydningen av klimarisikoen systemiske natur for handel med mat- og fôrvarer og global matsikkerhet. I motsetning til andre utfordringer som oppleves i internasjonal handel, er klimarisiko til stede overalt, og kan inntreffe samtidig. Klimaendringene vil øke risikoen for sammensatte hendelser, noe som kan påvirke flere regioner som er viktige for global matvarehandel (også omtalt som breadbaskets) i samme sesong.

Nyere forskning viser økt risiko for at klimaendringene kan gi opphav til sammensatte hendelser som påvirker viktige matproduksjonsregioner i samme sesong (IPCC, 2021). En rapport fra Global Food Security Program (GFS) fant at risikoen for ekstremvær som rammer flere store matproduserende regioner i verden samtidig, kan tredobles innen 2040. Selv på kortere sikt kan handelen med landbruksvarer påvirkes av usikre, varierende og avtagende avlinger som følge av klimaendringer. Dette kan føres til økt volatilitet og true stabiliteten i globale mat- og fôrbruksvaremarkeder.

Klimarisiko i primærproduksjonen øker i land som er store produsenter og leverandører i verdens matvaremarkeder. Slik risiko rammer landenes egen matforsyning, men i stor grad også disse landenes landbrukseksportavhengige økonomi. Klimaendringenes effekter i produsentlandene øker samtidig de importavhengige landenes klimarisiko gjennom deres eksponering for klimarisiko i eksportlandenes primærproduksjon (Adams, Benizie, Croft, & Sadowski, 2021).

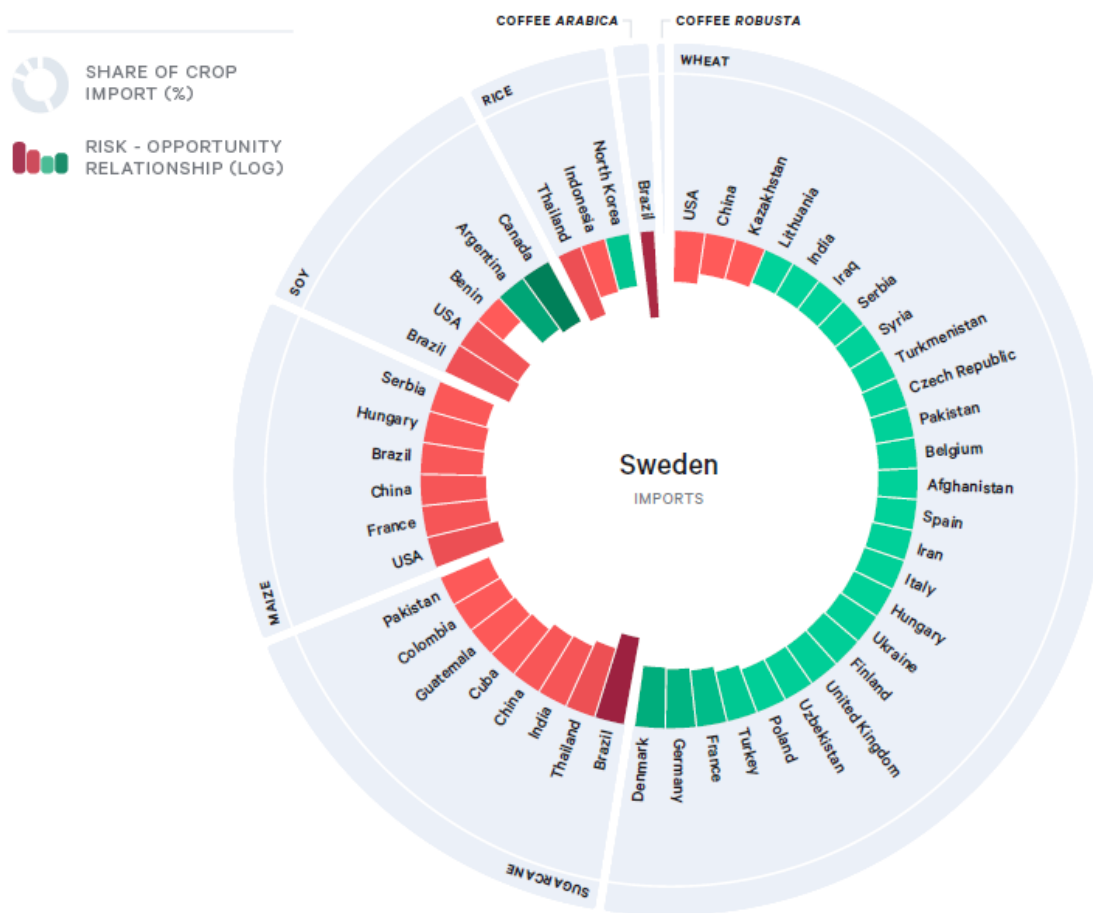
Eksempelvis vil avlingssvikt i landbruket i USA øke klimarisiko i landene hvor matforsyningen er sterkt avhengig av import fra USA (særlig sterkt i Karibia). Når USA rammes av endret klima og avlingssvikt, betyr det at matsikkerheten i de landene som importerer en stor del av sin egen matforsyning fra USA, typisk er utsatt for grenseoverskridende klimarisiko. Med den dominerende posisjon USA har som matvareeksportør, betyr dette at mange land rammes av avlingssvikt i ett stort produsentland. Sterkt importavhengige land kan derfor være sterkt eksponert for klimaendringenes konsekvenser i andre verdensdeler. Når et land i tillegg importerer en stor andel av sitt forbruk av et produkt fra ett land, og dette landet i tillegg er sterkt utsatt for klimarisiko, øker landets klimarisiko. Dersom landet har en diversifisert handel med flere leverandører som i tillegg ligger i regioner med ulike klimatiske betingelser, vil risiko for å bli rammet av effektene av samtidige klimasjokk være lavere, dvs. mindre risiko for import av klimarisiko.



Figur 4.9 USA er en kritisk eksportør av klimarisiko i en rekke matvaremarkeder. Spesielt er USA en betydelig kilde til risiko i markeder for mais, soya og hvete, med mange høyriskorelasjoner til karibiske og latinamerikanske forbrukere, ofte på grunn av høy grad av importavhengighet.

Kilde: Adams, Benizie, Croft, & Sadowski (2021)

Landenes kosthold og forbruksmønster sett i sammenheng med om importen er basert på et fåtall land eller er diversifisert, kan også indikere i hvilken grad et land er utsatt for importert klimarisiko. Sverige er eksempel på et land som hvor hvete utgjør en stor del av kornkonsumet, og samtidig viser analysene fra Stockholm Environmental Institute (SEI), at Sveriges hveteimport i stor grad kommer fra land hvor hveteproduksjonen kan øke under endret klima (Adams, Benizie, Croft, & Sadowski, 2021). For andre produkter som mais er importen mer utsatt for klimarisiko, fordi importen kommer fra et fåtall land som i tillegg er utsatt for betydelig risiko for avlingssvikt som følge av klimaendringene. For soya ser bildet mer nyansert fordi det importeres både fra Argentina og Canada som vil få positive endringer i soyaavlinger i endret klima, men en betydelig andel av importensom kommer fra Brasil og USA, vil være mer utsatt. Sverige er brukt som illustrasjon her fordi det ikke er gjort tilsvarende beregninger Norge, og Sverige i en viss grad kan sammenliknes med Norge. Både Sverige og Norge importerer betydelige kvanta soya, mais og sukker fra land som Brasil og USA. Sverige har en selvforsyningsgrad på 50 prosent, mens Norges selvforsyningsgrad uten korreksjon for førimport er ca. 45 prosent. Til sammenlikning har Finland en selvforsyning på 80 prosent.



Figur 4.10 Sverige er eksempel på et velstående europeisk land som vanligvis ikke blir sett på som svært utsatt for klimaendringer og risikoer. Oversikten tyder imidlertid på at eksponeringen mot grenseoverskridende klimarisiko (Transboundary Climate Risk) i landbrukshandelen er høy langs flere leverandørkjeder, spesielt for andre varer enn hvete, også der importen allerede er diversifisert.

Kilde: Adams, Benzie, Croft, & Sadowski (2021)

4.11 Klimaendring og kaskadeffekter

Klimaendringer og risiko blir stadig mer komplekst og vanskeligere å håndtere. Flere klimafarer vil oppstå samtidig, og flere klimatiske og ikke-klimatiske risikoer vil virke sammen, noe som bidrar til å øke den totale risikoen fordi risiko også overlapper på tvers av sektorer og regioner. Noen responser på klimaendringer medfører også nye konsekvenser og risikoer (IPCC, 2022).

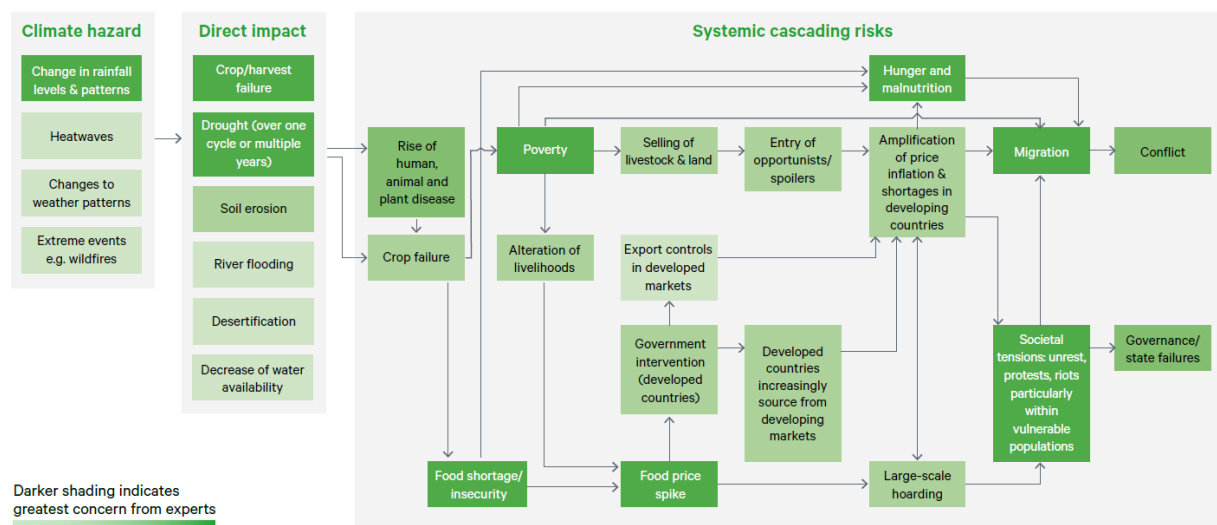
Klimaendringer har primært direkte påvirkning på produksjonsfaktorene og kan dermed føre til endret primærproduksjon i jordbruk og akvakultur. Når primærproduksjonen svikter, påvirkes de neste leddene i verdikjedene i matsystemet gjennom en kaskade av effekter. Systemrisiko stammer altså fra de direkte konsekvensene for primærproduksjonen og materialiseres gjennom en kjede eller kaskade av effekter i varestrømmer, verdikjeder og økonomiske og sosiale systemer. Kaskadeeffekter kan påvirke innenfor systemer og på tvers av systemer gjennom spilloreffekter, med konsekvenser for mennesker, infrastruktur, økonomi, samfunnssystemer og økosystemer, se Figur 4.9 (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021).

Kaskadeeffekter utløst av klimaendringer forventes altså å ha både fysiske og systemiske effekter på produksjon og verdikjeder. Slike sekundære effekter kan svekke matsikkerhet, matkvalitet og ha negative effekter for menneskers ernæring, helse og for utsatte grupper føre til økt dødelighet. Slike

effekter kan dermed også bidra til å svekke samfunnssikkerheten (matsikkerhet er grunnleggende for samfunnssikkerheten). I en slik situasjon kan resultatet bli sosial uro, politisk ustabilitet, samt internasjonale politiske og militære konflikter (Botnan, 2015). Kvantifisering av sannsynligheten og alvorlighetsgraden av slik systemrisiko er imidlertid ikke mulig på grunn av den store kompleksiteten i interaksjoner og feedbackmekanismer (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021).

I mangel av metodikk for kvantifisering, ble det gjort en ekspertvurdering der 70 eksperter forsøkte å fange opp og vurdere dynamikk og virkningene som klimaforskere og andre fageksperter tror kan oppstå ettersom direkte klimapåvirkninger øker i omfang og alvorlighetsgrad. Ekspertvurderingen oppsummerer de seks detaljerte risikokaskadene som kan utløses av klimaendringer til å dreie seg om Nasjonal og internasjonal sikkerhet, Økonomiske og handelsmessige forstyrrelser, Migrasjonspress, Matsikkerhet, Helsekriser og Energisikkerhet. Ekspertvurderingene er videre gjort separat for hver av de seks risikokaskadene, herunder svikt i matproduksjon og økende mat-usikkerhet. Det er risiko for at de sekundære effektene vil forsterkes fordi de seks risikokaskadene i denne sammenheng er utløst av klima og værforhold og dermed også med betydelig sannsynlighet vil utløses samtidig eller som en sekvensiell utvikling initiert av samme «værhendelse».

Den risiko som oppstår som kaskadeeffekt og som etter deres vurdering gir opphav til størst bekymring er knyttet til kaskadeeffekter i matsystemet. Dette beskrives som samspillet mellom skiftende værmønstre som resulterte i endringer i økosystemer, fremvekst av sykdommer og spredning av skadedyr, se illustrasjon i Figur 4.11. Kombinert med hetebølger og tørke vurderte ekspertgruppen at disse virkningene sannsynligvis vil føre til en avlingssvikt vi hittil ikke har sett, mat-usikkerhet, hamstring, helseproblemer, sosial uro og migrasjon. I sin tur vil dette i sum kunne resultere i økt omfang og utbredelse av smittsomme sykdommer, og negative tilbakekoblinger som gjensidig vil forsterke effektene (Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt, 2021).



Figur 4.11 Illustrasjon av kaskadeeffekter i matsystemer, basert på ekspertvurderinger av hvordan systemisk kaskade klimarisiko vil føre til mat-usikkerhet og videre sosiale, økonomiske og politiske konsekvenser.

Kilde: Quiggin, Meyer, Hubble-Rose, & Froggatt (2021)

4.12 Oppsummert om risikobildet i matproduksjonen

Verdens jordbruksproduksjon ble mer enn tredoblet mellom 1960 og 2015. Dette skyldes i stor grad produktivitetsfremmende teknologier (den grønne revolusjon) og en betydelig økt bruk av areal, vann

og andre naturressurser til landbruksformål¹². Den globale kaloriproduksjonen har derfor økt i takt med behovene, og det har samtidig vært en stor økning i internasjonal handel med mat- og fôrvarer. Likevel er det fortsatt store ulikheter i tilgang til mat. Matsystemene bidrar også til klimaendringer og har negative effekter for miljøet gjennom overutnyttelse av naturressurser og forurensning av luft, vann og jord. De senere år er det publisert omfattende dokumentasjon som dokumenterer at verden står overfor både nye og økende trusler mot matproduksjonen og matsystemenes stabilitet. Dette skaper behov for endringer i matproduksjon og matsystemer.

Klimapanelet beskriver at samtidige og gjentatt fare på grunn av klimaendring forekommer i alle regioner, noe som øker påvirkningene og risikoen for helse, økosystemer, infrastruktur, levekår og matforsyning. Flere risikoer virker sammen og skaper nye kilder til sårbarhet for klimarelatert fare og forsterker samlet risiko. Eksempelvis vil global oppvarming over 1,5 °C øke forekomst av ekstremvær, og samtidig øke risikoen for samtidig avlingssvikt av mais i store matproduserende regioner, med denne risikoen økende ytterligere med høyere global oppvarming nivåer. Slike hendelser vil virke som samtidige klimasjokk i matsystemet (IPCC, 2022).

Utviklingen mot å oppnå FNs bærekraftsmål nr. 2 om utryddelse av sult var en periode positiv, men har snudd til negativ de siste 4-5 årene. Alvorlig fattigdom, ernæringsmessige og sosiale problemer er forverret i flere regioner. Konflikter og usikkerhet, klimasjokk i matproduksjonssystemene og økonomisk turbulens beskrives som de viktigste driverne for mat-usikkerhet (Food Security Information Network, 2019). Situasjonen ble ytterligere forverret av covid-19-pandemien. Den siste utgaven av *State of Food Security and Nutrition in the World*, publisert høsten 2021, anslår at mer enn 820 millioner mennesker var hungersrammet¹³ i 2020. Det rapporteres økning av hungersrammede med 120 millioner og ekstremt fattige med 150 millioner som følge av pandemien (FAO, 2021a). Sosiale beskyttelsesprogrammer blir i økende grad sett som en nødvendig mekanisme for å redusere sårbarheten i husholdningene for flere sammenfallende sjokk, inkludert matmangel og klimasjokk (FAO, 2021a).

Rapporten *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022* oppgir at de mest oppdaterte kildene tyder på det antall mennesker som ikke har råd til et sunt kosthold rundt i verden steg med 112 millioner til nesten 3,1 milliarder i 2021-2022, noe som gjenspeiler virkningene av økningen forbrukermatpriser under pandemien. Den pågående krigen i Ukraina forstyrrer forsyningskjeder og ytterligere påvirker prisene på korn, gjødsel og energi. I første halvdel av 2022, resulterte dette i ytterligere prisøkninger på matvarer. Samtidig har hyppigere og alvorlige ekstreme klimahendelser forstyrrer forsyningskjeder, spesielt i lavinntektsland (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2022).

Konsekvensen av hunger og feilernæring er helsemessige problemer som igjen har en rekke negative effekter for enkeltmennesker, familier og samfunn. Det er flest sultrammede i Asia, men antallet øker raskest i Afrika. Dette understreker den enorme utfordringen med å nå bærekraftsmålet om null sult innen 2030 (Dury, Bendjebbar, Hainzelin, Giordano, & Bricas, 2019).

Årsaker til sult og manglende matsikkerhet kan grupperes i tre kategorier (Dury, Bendjebbar, Hainzelin, Giordano, & Bricas, 2019). Faktorer innen alle tre kategorier er både direkte og indirekte påvirket, og forsterket, av klimaendringene.

- Sosioøkonomiske faktorer som demografisk endring, urbanisering, økende ulikhet, ulik tilgang til ressurser, fattigdom, feilernæring og usunne matvaner.

¹² FAO-statistikk <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

¹³Ifølge FNs Hunger Report 2021 er hunger begrepet som brukes for å definere perioder når befolkninger opplever alvorlig mat-usikkerhet – noe som betyr at de går i hele dager uten å spise på grunn av mangel på penger, mangel på tilgang til mat eller andre ressurser

- Miljøfaktorer som klimaendringer, jordforringelse, overutnyttelse av naturressurser, vannmangel, plante- og dyresykdommer mv. som begrenser produktiviteten i jordbruket.
- Geopolitikk og sikkerhet, som væpnet konflikt, manglende styring, regulering og fundamentale rettigheter

Det er stor og økende kompleksitet i faktorer som påvirker utviklingen innen disse tre kategoriene. Det betyr økende usikkerhet, både knyttet til effekter av endringer lokalt, men ikke minst også hvordan lokale og regionale endringer kan påvirke det globale mathandelssystemet. Mange av de problemene som er identifisert i en rekke internasjonale rapporter har ikke fått mye oppmerksomhet i Norge tidligere. Dette inkluderer vurderinger av konsekvenser for global matproduksjon, sult, fattigdom og sosial uro som følge av økende vannknapphet, jordforringelse, ekstremvær som kan skade avlinger og medføre alvorlige forstyrrelser i globale matvaremarkeder (FAO, 2020c; IPCC, 2019c; FAO, 2018).

De fleste drivere i matvaresystemet (økonomiske, miljømessige og demografiske) er i endring og effekter av klimaendringer kan føre til at dynamikken i nær framtid vil være annerledes enn de siste årtier. Dette skyldes blant annet at klimaendringene fører til endrede nedbørsmønstre, mer langvarig tørke, mer ekstremnedbør som direkte bidrar til å svekke matproduksjonen, men også indirekte ved å forsterke utfordringer med jordforringelse, ørkenspredning, økende knapphet på vann og økt spredning og forekomst av planteskadegjørere og husdyrsykdommer. Konsekvenser og risikoer som følge av klimaendringer blir stadig mer komplekse og vanskeligere å håndtere. Flere typer klimafare vil oppstå samtidig, og flere klimatiske og ikke-klimatiske risikoer vil virke i samspill. Dette vil bidra til å forsterke den samlede risiko og risiko på tvers av sektorer og regioner (IPCC, 2022).

Det blir derfor stadig mer tydelig at avhengighetene mellom de forskjellige elementene i matvaresystemene og andre systemer er økende. Summen av disse effektene er dokumentert i vitenskapelig dokumentasjon som viser det kumulative risikoperspektivet og samtidig illustrerer den store usikkerheten nye og sterkere drivkrefter skaper (FAO, 2020b) (FAO, 2020c) (FAO, 2021) (FAO, 2015; Gladek & al, 2017) .

4.12.1 Behov for mer mat i 2050

Det er publisert ulike anslag for hvor mye tilgangen på mat må øke fram mot 2050. Et ofte sitert anslag på 70 prosent har opprinnelse i et arbeid som ble gjort av FAOs High Level Expert Forum forut for World Food Summit i 2009. Deres beregninger viste at matbehovet for 9,1 milliarder mennesker i 2050, ville kreve en økning av produksjonen med rundt 70 prosent mellom 2005/07 og 2050 (HLPE, 2017). Dette anslaget må i 2021 sees i forhold til at produksjonen har økt siden 2005, og flere analyser som nå også peker mot en noe svakere befolkningsvekst enn det prognosene i 2005 la til grunn.

World Resource Institute (WRI), har i samarbeid med flere FN-organisasjoner og CIRAD beregnet at tilgangen på mat målt i kalorier, må økes med 50 prosent innen 2050 sammenliknet med nivået i 2010. I tillegg til økt behov for matenergi, er utviklingen i proteintilgangen essensiell for forbedret ernæringsikkerhet. Samlet proteinforbruk er antatt å nesten dobles innen 2050, med økende andel marinbaserte proteiner (Porrirt & McCarthy, 2015). Dette er særlig viktig i lys av det risikobildet klimaendringene medfører for marin og akvatisk proteinproduksjon og det store proteinunderskuddet man finner i flere regioner, jf. kapittel 4.9.

Siden verdens matproduksjon har økt jevnt også etter 2010, vil et mer oppdatert anslag være at **behovet** for mat vil øke med inntil 50 prosent fram mot 2050 (FAO, 2018b). Dette er i mange sammenhenger blitt feiltolket til at **produksjonen** må øke med 50 prosent. Økt tilgang på mat oppnås ikke kun med økt produksjon. En bedre fordeling av produsert mat, endret kosthold, redusert avlingstap og matsvinn, kan redusere behovet for produksjonsøkning.

Beregningene fra FAO (FAO, 2018b) viser imidlertid også at etter hvert som befolkningen vokser og kjøpekraften øker, og den samlede matetterspørsel øker med om lag 50 prosent ved midten av

århundret, så kan etterspørselen etter animalske matvarer øke med nesten 70 prosent. Økt husdyrproduksjon vil dermed kunne bli en driver for økte arealbehov til fôrproduksjon og beite. Økningen vil variere mellom verdensregioner, og økningen er ventet å være særlig mye større enn verdensgjennomsnittet i Afrika sør for Sahara. Disse beregningene legger mest vekt på forbruksendringer som skyldes kombinasjonen av redusert fattigdom og økt kjøttkonsum, og har ikke inkludert mulige effekter av klimapolitikk eller endrede forbrukerpreferanser som kan bidra vesentlig til endring av kjøttkonsumet (FAO, 2018b).

4.12.2 Global matproduksjon under endret klima

Norge importerer mye mat- og fôrvarer og er utsatt for virkningene av klimaendringene på jordbruket i andre land. Risiko for redusert matproduksjon er større i det varme sør enn det kjølige nord. Endringer i værforhold som følge av klimaendringene påvirker den globale matproduksjon direkte, men kan også ha stor indirekte negativ effekt på matproduksjonen. Direkte og indirekte effekter av klimaendringer og andre faktorer vil utover i århundret skape økende utfordringer i jordbruk, akvatisk og marin produksjon. Årsakene er både mer krevende værforhold under endret klima, forringelse og ødeleggelse av jord, begrensninger i arealtilgang, knapphet på vann, men også utfordringer knyttet til knapphet eller økende priser på gjødsel, plantevernmidler og energi, og negative endringer i havøkosystemer og lokaliteter for akvakultur (IPCC, 2019c; FAO, 2021a; IPCC, 2019b; IPCC, 2021; FAO, 2015; IPBES, 2019).

FAO-rapporten *Food Systems at Risk* har oppsummert faktorer som framover kan påvirke matproduksjonen negativt (Dury, Bendjebbar, Hainzelin, Giordano, & Bricas, 2019), se Figur 4.12. Rapporten illustrerer at det er i tropiske og subtropiske områder kombinasjonen av negative faktorer er mest utbredt. Dette er samtidig områder hvor befolkningstettheten er høy og fortsatt sterkt økende, og sult og fattigdom er mest utbredt.

Klimaendringer, ekstremvær og klimasjokk i matproduksjonen kan føre til matkriser dersom tilgang til nok og trygg mat rammes slik at tilgangen svikter eller blir upålitelig. Mens fysiske årsaker til matproduksjonssjokk er godt undersøkt, er dynamikken i responsen på produksjonssvikt mindre godt forstått. Forskning viser imidlertid at politiske intervensjoner ofte prioriterer nasjonale interesser og at krisehåndteringen er dårlig koordinert på regional og global skala (Jones & Hiller, 2017).

Fire kornarter – ris, hvete, mais og soya – utgjør nesten halvparten av de daglige kaloriene i gjennomsnittlig globalt kosthold. 60 prosent av den globale matproduksjonen skjer i bare fem land: Kina, USA, India, Brasil og Argentina. Selv innenfor disse landene, er matproduksjonen svært konsentrert i noen få regioner. 88 prosent av indiske hveteproduksjonen kommer fra fem stater i den nordlige delen av landet. I Kina er de åtte største kornproduserende provinser, som står for 57 prosent av produksjonen, alle i den østlige delen av landet. I USA står fem stater i midtvesten for 61 prosent av kornproduksjonen. I Brasil er det en enkeltstat, Mato Grosso, som produserer 8 prosent av all mais og 30 prosent av all soya. Denne konsentrasjonen av produksjon (ofte i form av monokulturer) skaper betydelige effektivitet gjennom stordriftsfordeler, men innebærer også sårbarhet for det globale matsystemet, fordi noen få geografisk konsentrerte ekstremværehendelser i disse produksjonsregionene kan påvirke en stor del av den globale kornproduksjonen (Woetzel, et al., 2020).

Verdens korneksport er sterkt konsentrert der et fåtall store produsentland har en nøkkelrolle og dermed en sterk politisk og markedsmessig maktposisjon. Russland, EU, USA, Canada og Ukraina stod for 75 prosent av all hveteeksport i 2019-20. Rismarkedet er like konsentrert, med 75 prosent av eksporten fra de fem største eksportørene, og nesten en fjerdedel fra India alene. Vietnams verdensmarkedsandel er 16 prosent. Soyaeksporten domineres av USA og Brasil, og for maiseksporten er USA klart største eksportør. Det har derfor både stor betydning hvordan klimaendringer kan påvirke verdens produksjon og priser på de viktigste kornvarene og hva regjeringene i disse landene gjør dersom avlinger svikter. Særlig er det grunn til oppmerksomhet knyttet til at økende risiko for

samtidig avlingssvikt i flere av disse store produsentlandene, raskt vil kunne føre til alvorlige markedsforstyrrelser, se avsnitt 3.6.

Tropiske og subtropiske områder er gjennomgående mer utsatt for produksjonssvikt som følge av klimaendringer og jordforringelse enn nordlige områder. Norges fôrvareimport (soya) og import av tropiske produkter kommer fra områder som er mer utsatt for de negative utviklingstrekkene som er vist i Figur 4.12.



Figur 4.12. Risikofaktorer i viktige matproduksjonsområder.

Kilde: FAO/EU-kommisjonen *Food systems at risk*, (Dury, Bendjebbar, Hainzelin, Giordano, & Bricas, 2019)

4.12.3 Europeisk matproduksjon under endret klima

Store deler av den internasjonale handelen med mat er regional. Den største delen av Norges matvareimport kommer fra EU-landene. Matproduksjonen i Sør-Europa (Middelhavsregionen) er ventet å bli sterkt negativt påvirket som følge av blant annet sterk økning av tørke og varmebølger. Dette kan særlig påvirke Norges import av frukt og grønnsaker fra disse områdene. Det er de senere år registrert værforhold som har hatt stor negativ virkning på slike produksjoner i Sør-Europa.

I EUs nye landbrukspolitikk, Farm to Fork-strategien, er det lagt stor vekt på sammenhengene mellom klimaendringene og innretningen av matsystemet. Tidligere har det vært hovedfokus på målene om utslippsreduksjoner i matsystemet. Nå legges vesentlig større vekt også på klimaendringene som trussel mot EUs matproduksjon og matsikkerhet. EUs landbrukspolitikk prioriterer også strategier og tiltak for klimatilpasning vesentlig høyere enn tidligere (EU-Commission, 2020 a).

Den største andelen av importen av jordbruksvarer kommer fra EU-land med 63 prosent av importverdien i 2019. Andre I-land stod for cirka 13 prosent, og utviklingsland cirka 23 prosent. Råvarer til fiskefôr utgjør en stor andel av Norges samlede import av fôrvarer, blant annet i form av soya fra Brasil. For Norge er det derfor, i lys av de nære relasjonene og den omfattende handelen med EU, av særlig betydning å forstå hvordan risikobildet i europeisk matproduksjon påvirkes av klimaendringer for å kunne gjøre proaktive vurderinger av hvordan matsikkerheten i Norge kan endres og utfordres i framtida. En særskilt risiko knytter seg, som vist i kapittel 3, til situasjoner hvor ekstremvær eller mer permanente endringer i værforholdene som rammer Norge også rammer våre viktigste handelspartnere i Europa. Observerte klimaendringer har ført til en nordlig bevegelse av agroklimatiske soner i Europa og tidligere start av vekstsesongen. Oppvarming og nedbør endret seg

siden 1990 forklarer reduksjoner i avlinger av hvete og bygg og økning i produksjon av mais og sukkerroer (IPCC, 2022).

Det er økende bevis på at klimaendringer vil påvirke matkvaliteten negativt (mangfold av mat, næringsinnhold og matsikkerhet) og tilgang til mat, selv om risikoen i Europa er betydelig lavere sammenlignet med andre regioner. Effektene av klimaendringer på matkvalitet og mattilgang varierer med inntekt, samfunnsforhold og ernæringsmessige behov, men i Europa er generelt sårbare grupper med lav inntekt mest berørt (IPCC, 2022).

4.12.4 Norsk matproduksjon under endret klima

Konsekvenser av klimaendringer for norsk jordbruksproduksjon må vurderes i lys av at produksjonen foregår i agroklimatiske regioner der produksjonsvilkårene varierer mye fra nord til sør, mellom kyst og innland og flatbygder og fjellbygder innen store gradienter. Mange kulturer dyrkes opp mot grenseområdet for deres utbredelse. Klimatiske begrensninger er derfor én av flere årsaker til lav selvforsyningsgrad sammen med høye kostnader og driftsmessige utfordringer. Mulighetene for å styrke norsk matsikkerhet og forsyningsberedskap må vurderes ut fra slike begrensninger, men faktorer som begrenser produksjonen i dag vil ikke nødvendigvis være like begrensende i endret klima, se avsnitt 3.9.

Klimaendringer skaper både utfordringer og muligheter for norsk matsikkerhet (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021) (Hohle & al, 2016) (Bardalen, 2018). Det pekes på at klima og værforhold i endring gjør produksjonen mer krevende, og skaper økende behov for proaktiv tilpasning til klimaendringer. Samtidig gir endret klima noen muligheter for økt og mer variert produksjon. Det er imidlertid gjort få forsøk på å modellere effektene av klimaendringer, og kunnskapsgrunnlaget for å gjøre anslag om kvantitative endringer i produksjon mangler.

Vurdering av klimarisiko i norsk jordbruksproduksjon må inkludere fortrinn som kan kompensere for noen av begrensningene og dermed bidra positivt til forbedret forsyningssikkerhet (Dombu, Bardalen, Strand, Henriksen, & Lamprinakis, 2021). Det norske matsystemet er velorganisert og kan ivareta behov for styring og endring. Norge har et oversiktlig matsystem med gode tilsyns- og forvaltningssystemer og en sterk institusjonsstruktur. Norge har også et veletablert samspill mellom forskning, næring og forvaltning, basert på systemer og institusjoner for utvikling, formidling og deling av kunnskap. Dette skaper gode forutsetninger for arbeidet med klimatilpasning av norsk jordbruksproduksjon og for å utvikle produksjonen i Norge dersom klimaendringer i andre land truer norsk matsikkerhet.

Knappe innmarksarealer, men store uutnyttede utmarksarealer, rikelig med vann og grasarealer er et særtrekk ved Norge til forskjell fra tilstanden der store deler av verdens jordbruk foregår. Norge har generelt god jordhelse og lite tap og forringelse av arealer. Biodiversitet bevares i norsk jordbruk gjennom godt kunnskapsgrunnlag, regulatoriske ordninger og agronomisk praksis som innebærer lite bruk av plantevernmidler, hensyn til faktorer som opprettholder økosystemenes produktivitet. Skala og spredning er særlige kjennetegn ved det norske jordbrukssystemet, med produksjon i hele landet, små enheter og med visse unntak er produksjonen ikke konsentrert, slik at for eksempel smittefare er stor. Norsk jordbruk vurderes derfor generelt å være robust i møte med klimaendringer, sammenliknet med de fleste andre land, ikke minst i sør. Klimaendringer vil gi norsk jordbruk utfordringer, men disse vil likevel være mer håndterlige enn i varme og tørre land. Den største utfordringen for matsikkerheten i endret klima er, ut fra omtalen foran, ekstremhendelser som påvirker produksjon i Norge, og effekter av svekket og mer ustabil produksjon i andre land. Klimaendringene vil imidlertid også påvirke matvarehandelens stabilitet, selv om det ikke innebærer trussel mot matsikkerheten. Både behov for utslippsreducerende tiltak og tilpasninger til endret klima, vil imidlertid påføre aktørene i matverdikjedene økte kostnader og generelt skape økt usikkerhet knyttet til investeringer. Selv om matsikkerheten opprettholdes, vil altså matsystemet bli mer utsatt for påvirkninger som kan føre til strukturelle endringer, omlegging av produksjon med videre.

Fiskeri i norske fiskesoner kan bli påvirket av endret klima, men det er stor usikkerhet om grad av endring og tempo i endringene. Marin akvakultur vil kunne bli negativt påvirket av sjøtemperatur og endringer i miljøforholdene i kystnære havområder. Fôrgrunlaget for akvakulturnæringen er dessuten eksponert for grenseoverskridende klimarisiko som følge av den betydelige andelen importert vegetabilsk protein og oljer i fôret.

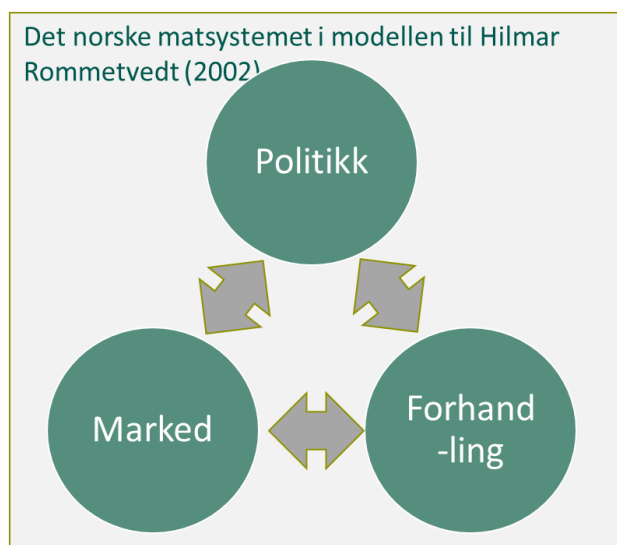
5 Det norske matsystemet

Klimaendringer, klimapolitikk og klimatilpasning skaper usikkerhet om fremtidig norsk matproduksjon og -forsyning, og påvirker dermed funksjonsevnen i det norske matsystemet. Som vist i forrige kapittel dreier den direkte påvirkningen seg først og fremst om primærleddet, det vil si produksjonen av matråvarer, både jordbruksbasert og marin. I neste omgang dreier klimarisiko seg om hvilke ringvirkninger klimarelaterte forstyrrelser i råvaretilgangen, nasjonalt eller internasjonalt, kan ha for andre systemer innenfor og på tvers av land (jf. kaskadeeffekter og grenseoverskridende klimarisiko som drøftes i 4.10 og 4.11), og om klimarisiko kan gjøre matsystemet mer sårbart overfor ikke-klimarelaterte hendelser som strømstans og cyber-risiko med mer.

Dette kapitlet bygger på en bred gjennomgang av matsystemet, som er utdypet i vedlegg 1. Gjennomgangen tar utgangspunkt i en forståelse av matsystemet som et samspill mellom marked, politikk og forhandling. Disse perspektivene spiller stor rolle for drøftingen av sårbarheten i matsystemet i kapittel 7. Deretter drøftes funksjoner i verdikjedene og hvilke elementer som kan gjøre matsystemet sårbart for uventede hendelser. De to siste avsnittene i kapitlet redegjør nærmere for det norske kornsystemet, for forbrukernes involvering generelt og for endringstendenser i et tjuårs perspektiv blant annet i lys av klimaendringene.

5.1 Politikk, forhandling og marked

Systemanalyser bygger på varierende definisjoner og avgrensninger av systemet, som drøftet i avsnitt 2.2. Rommetvedt (2002) beskriver det norske matsystemet som et samspill mellom tre delsystemer: Politikk, marked og forhandling. Det er en grovere, men også mer oversiktlig systembeskrivelse enn definisjonen i FAOs arbeid med transformasjon i matsystemet (jf. avsnitt 2.2). Med marked, politikk og forhandling favner modellen prosesser og aktører, og samtidig den spesielle vekten det norske matsystemet legger på forhandlinger. Modellen beskriver dagens norske situasjon, hvor en hoveddel av statsbudsjettet under Landbruks- og matdepartementet går til å gjennomføre resultatet av årets jordbruksforhandlinger. I tillegg inkluderer vi her internasjonale avtaler og markeder. Det betyr at klimarisiko vil inkludere påvirkning av politiske beslutninger, forhandlingsløsninger og markeder.



Figur 5.1 Versjon av «Det norske matsystemet» bygget på Rommetvedt (2002)

5.1.1 Politikk

Politikken er først og fremst Stortingets behandlinger av de årlige jordbruksoppgjørene, de langsiktige linjene for landbruks- og matpolitikken på basis av stortingsmeldinger om landbruks- og matpolitikken, og de årlige budsjettforslagene for nærings- og fiskeripolitikk og landbruks- og matpolitikk ved de respektive departementene. Proposisjonen om toll og avgifter fra Finansdepartementet legger også en viktig del av premissene for sektoren.

Vårt tema er en helt sentral del av politisk debatt og politikktutforming i så å si alle demokratiske nasjoner. Regjeringens forrige klimaplan kom i januar 2021 og har spesiell vekt på ikke-kvotepiktig sektor, som inkluderer transport og jordbruk: «I 2030 skal Noreg produsere sunn, trygg, berekraftig og klimavenleg mat frå jord og hav» (Klima- og miljødepartementet, 2021, s. 16). Norge skal være klimanøytralt fra 2030 blant annet ved internasjonalt samarbeid under regelverk som ble drøftet i Glasgow høsten 2021 (Klima- og miljødepartementet, 2021, s. 35). På matområdet er klimapolitikken oppdelt på ulike sektorer med ulike reguleringsmekanismer. Jordbruk og fiskeri ligger i ikke-kvotepiktig sektor, matindustrien er kvotepiktig, mens dagligvaredistribusjon og -handel vil falle under flere politikkområder, for eksempel ikke-kvotepiktig transport. Arealbruken i primærproduksjonen faller under sektoren for skog og arealbruk (LULUCF, dvs. Land Use, Land Use Change and Forestry).

Internasjonale forhold og avtaler setter viktige rammer for norsk matsektor, landbruks-, fiskeri- og matpolitikk. En hoveddel av norsk matlovgivning er hentet fra EU-lovgivningen. Videre er handlingsrommet for norsk politikk på matområdet begrenset av forpliktelser i multilaterale og bilaterale handelspolitiske avtaler som WTO-avtalen, men samtidig, ifølge Hegrenes et al. (2016), større enn vi ofte tenker. Det kan også hevdes at nettopp matressurser, som kontroll med fiskeressurser, konsesjonsregler for eie av oppdrettskonsesjoner og gårdsbruk, samt handlingsrom for markedstilpasning i markedet for norske jordbruksvarer, har vært avgjørende for norsk forhold til EU over tid (se f.eks. Vederhus (2007)). Veggeland (2016) redegjør for det omfattende EU-regelverket på mat- og fôrområdet som har anvendelse for Norge, og for konfliktene på matområdet, for eksempel mellom offensive og defensive interesser og næringsinteresser i sjømat og jordbruksnæringen. Han konkluderer med at «EØS-avtalen binder Norge institusjonelt gjennom et forpliktende regelverk og rutiner og prosedyrer som skal sikre en ensartet og parallell regelverksutvikling. Norges tilpasning til EU påvirkes imidlertid også indirekte gjennom press som ikke nødvendigvis er basert på avtaleforpliktelser, men som i stor grad følger av den økonomiske avhengigheten av det europeiske markedet» (Veggeland, 2016, s. 21).

5.1.2 Marked

Markedet dreier seg om samspillet mellom etterspørsel og tilbud på ulike vertikale nivåer i verdikjeden fra produksjonsressurser, via førstehåndsomsetning av import og råvarer til forbruksvarer, og mellom aktører på samme ledd i verdikjeden. Politikken legger premisser for markedstilpasningen gjennom en rekke reguleringer. Markedet er kanskje det delsystemet i matsystemet som er best analysert og dokumentert. Helt fra de første klassiske økonomene på 1700-tallet har teorier om befolkningsutvikling, avlønning av arbeidskraft, mat og jordbruk vært en sentral del av økonomifaget. François Quesnay, lege ved Ludvig XV's hoff, mente den styrende «måtte være klar over at det var jordbruket som var den grunnleggende årsak til økonomisk velstand. Den politikk som var god for jordbruket, var altså god for Frankrike.» Thomas Malthus har nok over tid vært en mer sentral referanse for forståelse av matsektoren i økonomien. Malthus' teorier om sammenheng mellom befolkningsvekst og tilgang på matressurser har vært en viktig referanse i flere århundrer (se *Boks 5.1*), og, ifølge Sandmo (2006), en årsak til at samfunnsøkonomi ble omtalt som «den dystre vitenskap». Det norske klimarisikoutvalget (NOU 2018: 17) konkluderer i Malthusiansk tradisjon, når de sier at «Videre kan vi ikke utelukke at klimaendringene utløser hendelser og prosesser som svekker eller ødelegger viktige institusjoner og strukturer i verdenssamfunnet, slik at grunnlaget for

konstruktiv politikk kan forvitre. Et nærliggende eksempel er at produksjonssvikt i jordbruket kan føre til at stater kolliderer og store folkevandringer blir utløst».

Boks 5.1 Malthus om befolkningsutvikling og matproduksjon

Thomas Robert Malthus (1776-1834) hadde to grunnleggende postulater og teori om befolkningens utvikling. «Jeg tror jeg med rimelighet kan fremsette to postulater. For det første, at mat er nødvendig for menneskets eksistens. For det andre, at lidenskapen mellom kjønnene er nødvendig og vil forbli omtrent på sitt nåværende nivå.» (Malthus, 1798). Teorien gikk på dette grunnlaget ut på at befolkningen ville vokse eksponentielt, men jordbruks- og matproduksjonen kun ville øke lineært. «Dette innebærer en sterk og alltid virkende begrensning av befolkningen fra vanskeligheten med matvaretilgangen. Dette problemet må slå ut et sted og må nødvendigvis oppleves alvorlig av en stor del av menneskeheten». (Malthus (1798), sitatene er hentet fra Sandmo (2006))

Media er en del av og påvirker kjøpsatferd og markedet. Forbrukerholdninger påvirkes av nyhetsstoff. En grunn til å inkludere media er at tilliten til matregimet og matsikkerheten påvirkes av det bildet mediene tegner. I verdikjeden for matvarer er det særlig viktig å være forberedt på situasjoner med hamstring, dvs. hvor butikker kan bli tømt for viktige dagligvarer på kort tid. Alvorlig hamstring og såkalte «fantombestillinger» kan oppstå både som rasjonell reaksjon på økt usikkerhet og som irrasjonell, psykologisk betinget atferd (Serman & Dogan, 2015). Aktører i verdikjeden, spesielt politikere og dagligvarehandel, blir derfor anbefalt å utvikle «stressdempere» som kan redusere risikoen for hamstring, og automatiserte forsyningsløsninger som reduserer risikoen for synlige varemangler.

5.1.3 Forhandling

Forhandling dekker både de årlige jordbruksforhandlingene med basis i hovedavtalen (se Boks 5.2) mellom staten og bøndenes organisasjoner av 1950, sist revidert i 1992, men også mindre regelmessige prosesser hvor næringer og myndigheter deltar. Det er inngått samarbeidsavtaler mellom matmyndighet og næring på flere områder, blant annet om klimakutt i jordbruket, redusert saltinnhold i mat, om redusert matsvinn m.m. (se f.eks. Avtaler for sunnere mat med næringslivet (Regjeringen, 2021)). Samarbeidsavtalen mellom dagligvarehandelen og nærings- og fiskeridepartementet om forsynings- og kriseberedskap, er eksempel på en forhandlet avtale av betydning for forsyningsberedskapen på matområdet og arbeidet i Rådet for matvareberedskap (se kort omtale f.eks. i Nærings- og fiskeridepartementet (2011, s. 28)).

Boks 5.2 Hovedavtalen for jordbruket

Hovedavtalen regulerer forhandlinger om og inngåelse av jordbruksavtaler m.m. og gjelder tiltak vedrørende jordbruket.

Parter i forhandlinger og i jordbruksavtaler skal være staten på den ene siden og organisasjonene (Norges Bondelag og Norsk Bonde og Småbrukarlag) i fellesskap på den andre siden. For at organisasjonene skal være forhandlingsdyktige, må de opptre som en part (med visse unntaksbestemmelser).

Avtalen mellom staten og jordbruket om redusert klimautslipp er et resultat av et forhandlingssystem i stadig utvikling (se Boks 5.3). I Innst. 325 S (2020–2021) har Stortinget tilføyd et betydelig antall anmodninger som kan modifisere avtalen eller gi den reelt endret innhold. Blant tilrådingene er for eksempel tilråding CXXIII hvor Stortinget ber regjeringen stille krav til tydelig merking av hvor maten

er produsert, samt det totale miljøavtrykket til matvaren, og tilråding CXXX om forslag til tiltak for å øke andelen norskproduserte fôrråvarer, CXXXI om forslag om økt støtte til klimatiltak i jordbruket, både i og utenfor jordbruksoppjøret, samt tilråding CXXXIII hvor Stortinget ber regjeringen legge Landbrukets klimaplan til grunn for klimaarbeidet i sektoren. På sjømat siden finnes det så langt ingen tilsvarende avtale som for jordbruk, men i innstillingen ber Stortinget «regjeringen gå i dialog med havbruks- og fiskerinæringen med mål om en forpliktende avtale om reduksjon av klimagassutslipp frem til 2030» (Tilråding XXX).

Boks 5.3 Avtalen mellom regjering og jordbrukets organisasjoner om reduserte klimautslipp

Regjeringen signerte i 2019 en intensjonsavtale med jordbruksorganisasjonene. Avtalen gjelder for 2021–2030 og har tre deler: 1) Jordbrukets bidrag i perioden 2021–2030 2) Regjeringens ansvar for arbeid med forbruksendringer som indirekte kan medføre reduksjoner i jordbrukssektorens klimagassutslipp. 3) Regler for dokumentasjon og regnskapsføring av tiltak og effekter (Klima- og miljødepartementet, 2021).

Norge har også sluttet seg til EUs handlingsplan for klimakutt og vedtatt felles gjennomføring med EU. I 2020 skjerpet EU sine klimamål og Kommisjonen legger til grunn at utslipp og opptak fra skog og arealbruk (LULUCF) bør inngå i EUs forsterkede 2030-målet om 55 prosent utslippsreduksjon fra 1990, som startpunkt «for utslippsbanen frem til målet om klimanøytralitet i 2050» (Regjeringen, 2020). Det er ikke gitt hvilke konsekvenser de oppjusterte målene får for norsk klimapolitikk.

5.2 Prosesser, verdikjeder, aktører og markedsreguleringer

Drøftingen i Vedlegg 1 beskriver hvordan de enkelte leddene i en kjede av prosesser fra teknologi eller råvarer til produkter klare for konsum, står i et gjensidig avhengighetsforhold. Teknologi og råvarer må tas i bruk i produksjon, produktene må bearbeides for lagring og distribusjon, de konsumferdige produktene må distribueres og transaksjoner gjennomføres. Avhengigheten gjør at sårbarhet på et ledd, normalt kan være sårbarhet for alle ledd. Eller sagt på en annen måte: det mest risikoutsatte leddet bestemmer risikoen for hele verdikjeden under ett og for de endelige brukerne av produktene. Erfaringen fra covid-19-pandemien med avbrutt migrasjon av sesongarbeidskraft, har vært en tydelig påminnelse om at det risiko på ett punkt i en verdikjede, er en risiko for hele verdikjeden.

Markedet har en tilbuds- og etterspørselsside. Forhandling om rammebetingelser og politiske organer med internasjonale avtaler, setter rammer for tilpasningen i det nasjonale markedet (jf. avsnitt 4.2.1). Verdikjeden beskriver tilbudssiden og samspillet mellom aktører som er av stor betydning for hvordan matsystemet vil kunne håndtere klimarelaterte hendelser.

Sentrale trekk ved det norske matsystemet som dokumenteres i Vedlegg 1 er:

- Til dels høy konsentrasjon (det vil si få aktører) på alle ledd fra råvarekjøper til butikkdrift. Dette betyr at eierforhold og relasjoner mellom eiere kan ha stor betydning for hvordan verdikjedene fungerer. Det er også stor grad av vertikal koordinering gjennom verdikjedene, dels som følge av gjennomgående eierskap i flere ledd, eksklusive leverandør-kundeforhold eller kjedenes kontroll med varemerking, såkalte egne merkevarer. Høy konsentrasjon gjelder spesielt på distribusjonsleddet. Konsentrasjonen er også høy på øvrige ledd, men vanskeligere å måle. Konsentrasjonsgraden vil blant annet variere avhengig av avgrensningen av markedet, som vil si den enkelte produktkategorien. På primærleddet der det er et høyt antall aktører i enkeltpersonforetak, er konsentrasjonen et resultat av organiseringen i produsentsamvirker.
- De norske verdikjedene for matvarer er i økende grad internasjonaliserte. Norge har et betydelig overskudd på handelsbalansen for matvarer (Pettersen & Kårstad, 2021) grunnet sjømateksporten.

Importen av matvarer er raskt økende, og fordelingen dreier seg over tid over til mer foredlede matvarer enn råvarer som kornråvarer og innsatsvarer til fôrproduksjon. En årsak er at den såkalte råvarepriskompensasjonsordningen, RÅK-ordningen, legger til rette for handel med ferdigvarer (se omtale av ordningen f.eks. i Pettersen og Kårstad (2021)).

- Det er sterk offentlig involvering i markedstilpasningen for hovedproduksjonene i primærjordbruket. Markedsbalanseringen med basis i de årlige jordbruksavtalene har stor betydning for markedstilpasningen og prisutviklingen. Ansvaret for markedsbalanseringen ivaretas av produsenteide samvirkeforetak som er sterkt dominerende når det gjelder råvarekjøp, og også i stor grad dominerende innenfor sine segmenter, spesielt kornprodukter, meieriprodukter, kjøttvarer og frukt og grønt ved omsetning fra primærleddet.
- Innovasjonsevnen i matsystemet er avhengig av samspill mellom aktører i ulike ledd av leveringskjedene, forskning og aktører i andre sektorer. Det skjer for eksempel en rask teknologisk utvikling innenfor bioteknologien, som er det opprinnelige grunnlaget for store deler av matindustrien, for eksempel for konservering av næringsstoffer. Evnen til å utnytte mulighetene i ny teknologi og endrede markeder er avhengig av samspill mellom et bredt sett med aktører. Det er også nødvendig at det offentlige er en aktiv part med evne og vilje til risikoavlastning for private innovasjonsmiljøer.

5.3 Matsystemets utsatte elementer og sårbarhet

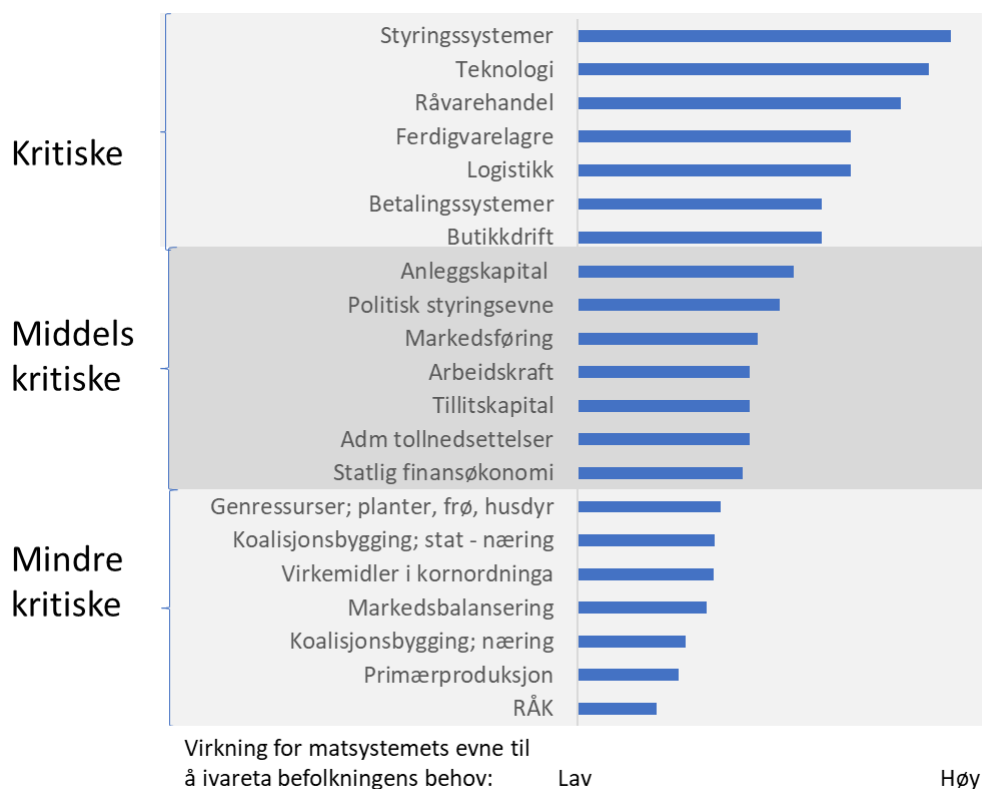
Systemanalyse er utgangspunkt for vurdering av sårbarhet. Vi ser derfor klimarisiko innenfor et mest mulig helhetlig risikobilde. Vi viser først vår vurdering av hvilke elementer i matsystemet som gjør det norske systemet sårbart helt generelt. Vi ser på det nasjonale systemet med tilknytninger til globale matsystemer. Analysen tar utgangspunkt i risikofaktorer som betegnes som enkelthendelser som kan dreie seg om fysisk klimarisiko (jf. avsnitt 2.1) og en rekke andre typer hendelser. Konsekvenser av klimaendringer på matproduksjon og matsystemer i andre virker også på det norske matsystemet gjennom såkalt grenseoverskridende klimarisiko. Deretter ser vi på kornsystemet spesielt, forbrukernes rolle og til sist forholdet mellom generell sårbarhet i dagens system og klimarisiko for fremtidens matsystem, herunder om konsekvenser av å vurdere fremtidig klimarisiko ut fra dagens matsystem.

5.3.1 Generell sårbarhet

Matsystemets generelle sårbarhet for langsiktige klimaendringer og truende, klimarelaterte hendelser er et stort tema som vi bare kan drøfte overfladisk i denne utredningen. Som grunnlag for videre arbeid er det viktig at systemanalysen kvalitetssikres og oppdateres med grundige vurderinger fra aktørene i verdikjeden og for eksempel partene i Rådet for matvareberedskap. Vårt bidrag kan være å indikere noen foreløpige rammer og hypoteser for slikt arbeid.

Vedlegg 1 indikerer funksjoner i matsystemet som gjør systemet sårbart for en rekke typer hendelser. De elementene som omtales i vedlegget er blant annet styringssystemer som i stor grad er digitaliserte, dels automatiserte og har stor betydning for logistikken og varestrømmene. Andre faktorer er den internasjonale råvarehandelen, det vil si de internasjonale leverandørrelasjonene og hvordan disse utvikles over tid, digitale betalingssystemer, lagerføring osv.

Vedlegget drøfter matsystemets generelle sårbarhet for et sett hendelser generelt, både klimarelaterte og andre. Konklusjonen i vedlegget er at elementer som fungerende styringssystemer, teknologi, råvarehandel, spesielt adgang til fungerende internasjonale markeder, logistikk, betalingssystemer og velfungerende butikkdrift, er de mest kritiske funksjonene (Figur 5.2).



Figur 5.2 Kritiske elementer i matsystemet, skjønsmessig gradert.

Kilde: Egen analyse, se vedlegg 1.

Analysen bak Figur 5.2 dreier seg altså om verdikjedens sårbarhet for hendelser generelt, som for eksempel svikt i norsk matproduksjon eller i strømforsyningen. Figuren ser på risikofaktorene enkeltvis. Hendelser er her definert som risikofaktorer i tråd med et nasjonalt risikobilde. Det er da forhold som svekker samfunnsfunksjoner som muligheten for automatisert logistikk, vanlig butikkdrift, transaksjoner, varelagring, tilgang på varer fra primærledd og import, arbeidskraft i industrien og så videre. Selv om vi ser på enkelthendelser, bygger disse på langsiktige utviklingsprosesser i retning av digitalisering, automasjon, knapphet på faglært arbeidskraft og mer uforutsigbare dyringsforhold som følge av klimaendring (jf. kapittel 4).

Til sammenligning kommer forsyning av råvarer fra norsk råvareproduksjon ut som mindre kritiske faktorer. Dette er en konsekvens av høy substituerbarhet mellom nasjonal produksjon og import. Det er den internasjonale råvarehandelen som anses som den kritiske faktoren i Figur 5.2. Som vi også viser i drøftingen av klimarelaterte scenarier, betyr dette at Norge vil ha begrensede utfordringer med hensyn til matsikkerhet for gjennomsnittet av befolkningen, så lenge norske råvarer kan erstattes med importerte produkter. Det gjelder selv om matprisene internasjonalt skulle flerdobles som følge av global avlingssvikt. At det internasjonale handelssystemet er velfungerende og tåler store prisendringer er avgjørende. Men en situasjon med samtidig svikt i handelssystemer og svikt i norsk råvareproduksjon kan true matsikkerheten. Figuren ser på risikofaktorene enkeltvis. Når vi kommer til klimarelatert risiko i kapittel 6 og 7, kommer vi tilbake til spørsmålet om vi kan ta for gitt at det internasjonale handelssystemet tåler påkjenninger fra klimarelaterte hendelser, og også til muligheten for samtidig svikt i globale og nasjonale avlinger.

Eksempler på at handelssystemet endres som følge av en hendelse er tilfeller hvor statlige myndigheter griper inn i handelsstrømmene, for eksempel for å beskytte egne forbrukere mot prisøkninger, eller for å tilgodese visse handelspartnere fremfor andre. Muligheten for slike endringer innbefatter også

muligheten for at importen av matråvarer til Norge blir mengdebegrenset, det vil si rasjonert, ved en form for kvotetildeling og involvering av statshandelsskaper. Motivasjonen er gjerne å beskytte egne forbrukere mot prisendringer (Giorgani, Rocha, & Ruta, 2012).

5.3.2 Forsyning av plantebaserte næringsstoffer: Det norske kornsystemet

Forståelsen av nasjonal matsikkerhet hviler på forståelsen av forsyningen av plantevekster. I dag vil det først og fremst si korn inkludert oljevekster og sukker. Grunnen til plantevekstenes betydning er at plantene, samt for eksempel autotrofe bakterier og mikroalger, kan hente grunnstoffer fra jord og luft og omdanne disse til næringsstoffer (se Boks 5.4). Dermed er plantene også grunnlag for all animalsk produksjon. Planter og andre autotrofe organismer kan langt på vei erstatte all animalsk føde. Fett utgjør også en vesentlig del av forbruket regnet i energiinnhold, men fett til norsk humant konsum får vi i stor grad gjennom husdyrprodukter, fisk og i noen grad også gjennom korn og oljevekster. Også poteter og grønnsaker har betydning, og særlig produksjonen av poteter kan økes som svar på en eventuell prisøkning. I en situasjon med betydelig omstillingstid, kan vi regne med rotvekster som en viktigere kilde til næring for mennesker og dyr.

Boks 5.4 Autotrofe og heterotrofe organismer

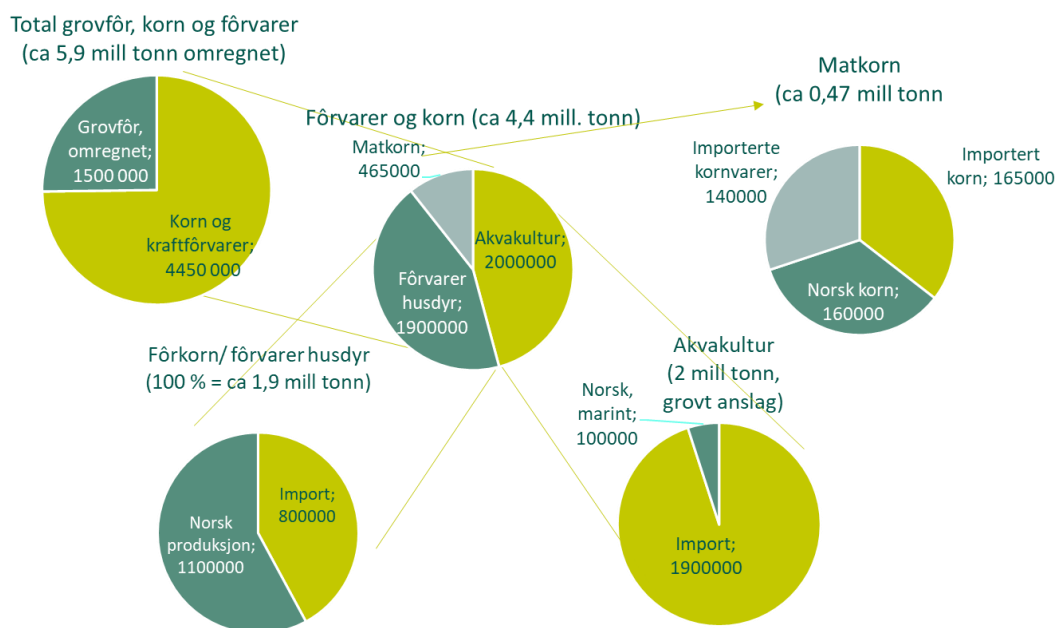
Autotrofe og heterotrofe organismer

Betydningen av kornsystemet ligger i en grunnleggende forståelse av bioøkonomien. All human næring har sitt utspring i omsetning av næringsstoffer i levende organismer. Vi deler organismene i autotrofe – som omgjør grunnstoffer til proteiner, fett og karbohydrater ved hjelp av lys – det vil si ved fotosyntese, og heterotrofe som fordøyer og omdanner disse organiske stoffene til, i all hovedsak, animalske produkter. Alle næringskjeder starter ved autotrofe organismer, og grovt sett kan vi regne med at for hvert ledd etter fotosyntesen næringen passerer før humant konsum, desto mindre tilgjengelig blir næringsstoffene, det vil si desto større tap av direkte tilgjengelig human ernæring.

Ser vi norsk matforsyning under ett, er både sjømat fra akvakultur, husdyrprodukter og plantebasert menneskemat, nesten utelukkende basert på høsting og bearbeiding av plantevekster. Utover den plantebaserte maten vi får direkte ved konsum av kornvarer, frukt og grønnsaker, og indirekte via akvakultur og husdyrhold, får vi en mindre del av næringen i akvakulturproduktene fra utnyttelse av villfangede marine ressurser som fôrmaterialer, først og fremst fiskemel og olje, og en begrenset andel av næringsinntaket fra villfanget sjømat.

På grunn av kornets store betydning for fôr og human ernæring, bruker vi her kornsystemet som eksempel på forsyning av plantebasert næring til mennesker, husdyr og akvakultur. På kort sikt er det også tilgangen til og utnyttelsen av korn som reiser de viktigste spørsmålene om hvordan norsk matforsyning vil fungere i en situasjon med betydelige forstyrrelser i global matproduksjon.

Norges forbruk av korn- og fôrvarer eksklusive grovfôr, omfatter årlig omkring 4,4 millioner tonn, dels importert og dels nasjonalt produsert og rundt 6 millioner tonn medregnet grovfôr, se Figur 5.3. Matkorn utgjør anslagsvis ti prosent av det totale forbruket av korn og fôrvarer. Totalt sett kan norskandelen for korn og fôrvarer meget grovt anslås til ca. en tredel. Dersom vi inkluderer grovfôrproduksjon blir andelen, grovt anslått, nærmere 50 prosent (for vurderingene bak anslagene, se note under figuren).

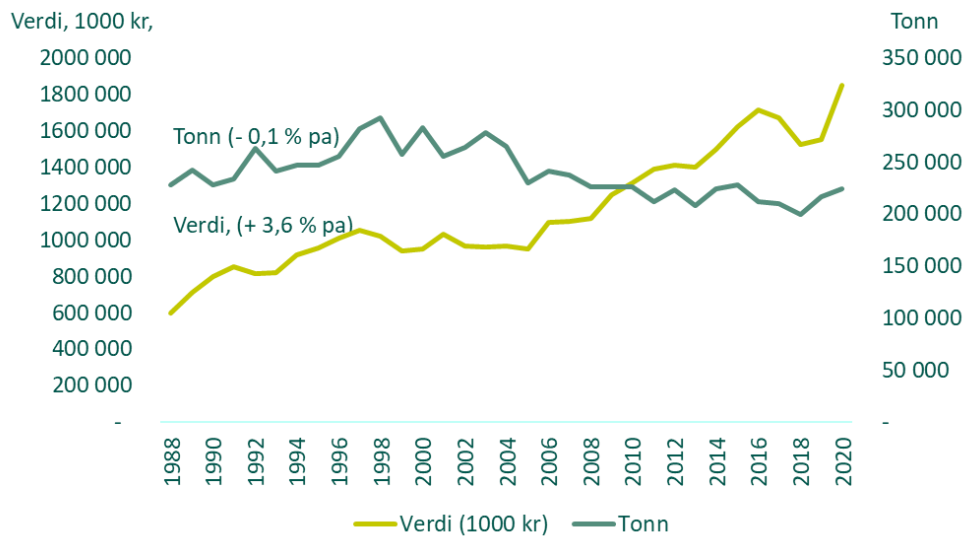


Figur 5.3 Norsk forbruk av korn og fôrvarer. Grove anslag for fordeling på akvakultur, fôrvarer husdyr og matkorn, samt på import og norsk produksjon.

Note: Fôrvarer til akvakultur er basert på tall for 2016 justert ut fra anslått produsert mengde laks og ørret, rund vekt, 2020. Fôrvarer inkluderer fett og mel fra marine kilder (anslagsvis 500 tusen tonn til akvakultur). Vi har regnet ca. 1,6 kg grovfôr pr kg korn, og en kg ferdig fôr til akvakultur pr kg korn. Det er antatt at grovfôravling pr daa er ca. 280 kg med ca. seks millioner dekar grovfôreal, overflatedyrket og fulldyrket samlet. Importerte ferdigvarer med høyt innhold av korn, er omregnet til korninnhold.

Kilder: Jarli 2020, Aas et al. (2019) Hjukse (2020), egne analyser bl.a. ved hjelp av modellen Jordmod

Figur 5.3 inkluderer ikke sukker. Norges import av sukker, sukkervarer og honning utgjør ca. 225 000 tonn regnet etter SITC-kategori 06 (Figur 5.4) og nær 300 000 tonn om vi tar med ikke kakaoholdige sukkervarer i varegruppen HS 17 i tolltariffen. Tar vi hensyn til at kaloriinnholdet i sukker er opptil 30 prosent høyere enn i vanlig matkorn, utgjør sukkerimporten flere kalorier enn samlet import av matkorn og korninnhold i importerte bakervarer. I tillegg kommer blant annet sukker i importerte ferdigprodukter, for eksempel produkter som inneholder kakao. En del av sukkervareimporten, primært biproduktet som melasse, er dyrefôr og utgjør ca. 70 til 80 tusen tonn årlig. Sukker er altså av stor betydning for vår forsyning av karbohydrater for menneskelig konsum, men relativt mindre betydningsfullt som fôringrediens. Importen har vist en viss økning fram til tusenårsskiftet, deretter nedgang, men er igjen voksende. For perioden 1988 til 2020 er veksten i denne varegruppen (SITC-kategori 06) på 0,5 prosent, dvs. lavere enn befolkningsveksten. Som for kornimporten, har prisutviklingen vært relativt sterk i perioden. Importverdien i norske kroner øker med ca. 4,5 prosent årlig.

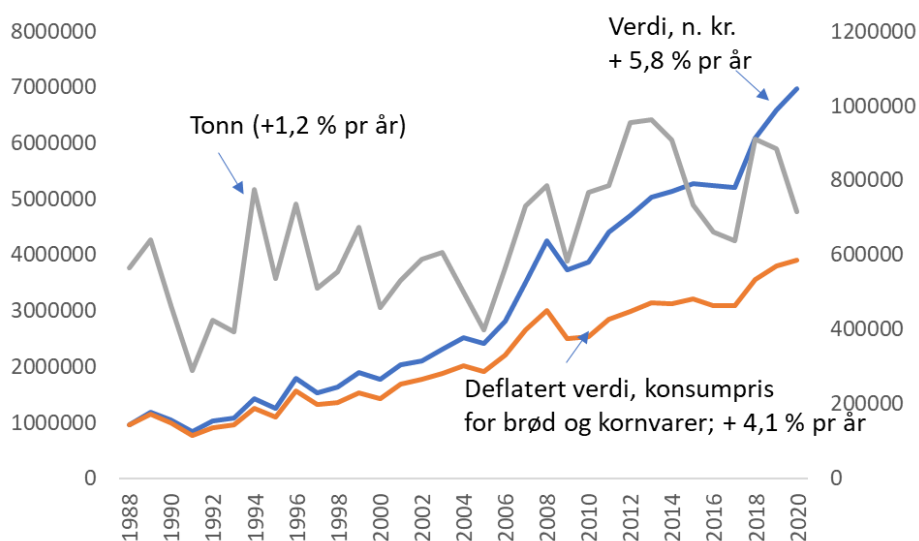


Figur 5.4 Import av sukker, sukkervarer og honning (SITC 06), 1988 til 2020. Tonn og 1000 kr.

Kilde: SSB tabell 08809

I kapittel 6 beskriver vi en hendelse hvor det oppstår akutt, internasjonal knapphet på matråvarer. Vi beskriver to utfall; det ene er at prisene internasjonalt flerdobles, det andre at importen av korn og sukker reduseres med 40 prosent sammenlignet med normal import. En importkvote på 60 prosent av normal råvareimport vil ramme omkring 1100 tonn kornråvarer og kornbaserte, importerte produkter, dersom vi holder for til akvakultur utenfor, samt rundt 400 000 tonn sukker og sukkervarer.

Importen av korn og kornvarer er ifølge offisiell statistikk, på mellom 700 000 og 950 000 tonn, dvs. et noe lavere tall enn det som fremgår av Figur 5.3 hvor vi har benyttet anslag og tatt flere år med i vurderingen. Mengden varierer fra år til år, avhengig av prognoser for og realisert avling innenlands. På lang sikt er trenden stigende med ca. 1,2 prosent årlig vekst. I løpende verdi stiger importen med 5,8 prosent pr. år, se Figur 5.5. Deflateres verdiveksten med prisindeksen for kornprodukter til forbruker, blir verdiveksten i inflasjonsjusterte priser på 4,1 prosent. Det indikerer at prisveksten for importerte varer har vært vesentlig sterkere enn for ferdig prosesserte og distribuerte kornvarer.



Figur 5.5 Norsk import av korn og kornvarer, SITC 04, 1988 til 2020. Tonn (høyre akse) og verdi i 1000 kr, cif, løpende kroner og deflatert med konsumprisindeks for brød og kornvarer (2015=100).

Kilde: SSB tabell 03014 og 08819. Egen beregning

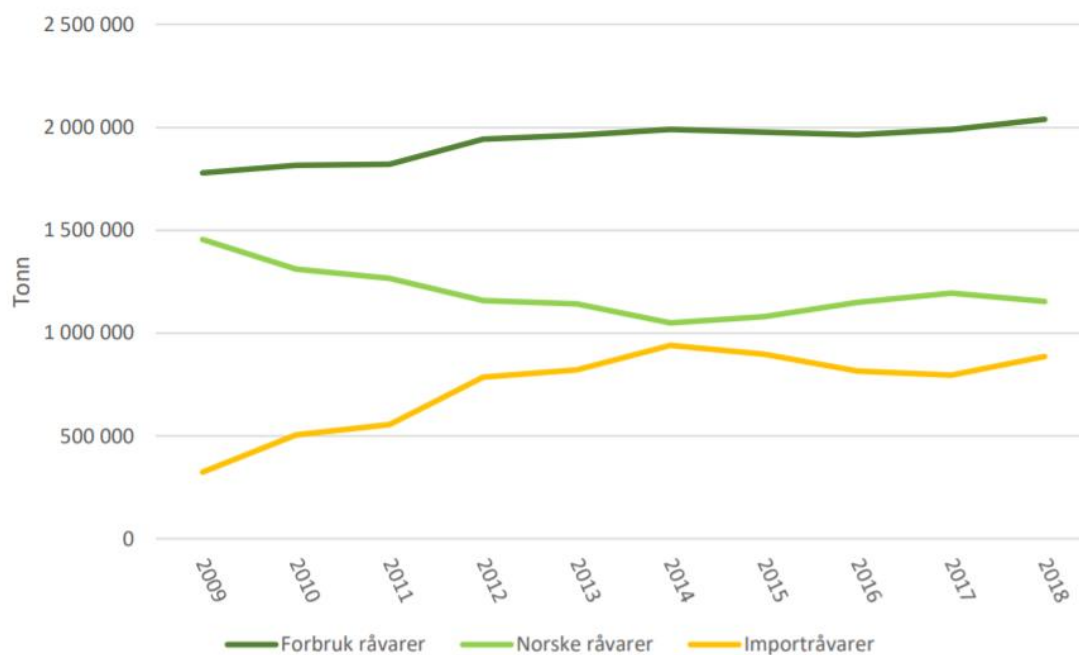
Matkornbehovet dekkes i varierende grad av egenproduksjon. Egendekningen avhenger av kornavlingene og varierer med værforhold. Egenandelen varierer dermed mellom om lag 40 og 75 prosent. Som vist i Tabell 5.1, forventet man for 2019/2020 en importandel på litt over femti prosent. Det norske forbruket av matkorn er synkende og har på ca. ti år sunket fra ca. 360 000 tonn til vel 320 000 tonn. Mye av dette er erstattet av importerte bakervarer under den såkalte RÅK-ordningen, slik at samlet forbruk av matkorn, direkte eller indirekte gjennom importerte kornvarer, kan antas ligge stabilt på ca. 450 000 tonn, hvorav omkring to – tredeler direkte eller indirekte import (Jarli, 2020) (jf. Tabell 5.1). I et godt norsk matkornår, med 80 prosent egendekning av matkornforbruket, vil reell egendekning med samme import av bakervarer, dermed ligge på ca. 55 prosent.

Tabell 5.1 Prognose for importbehov av matkorn for sesongen 2019/2020 i tonn

	Hvete	Rug	Bygg	Havre	Totalt
Forbruksprognose	263 000	20 000	3 000	37 000	323 000
Forbruk norsk matkorn	127 000	15 000	3 000	15 000	160 000
Underdekning matkorn	136 000	5 000	-	22 000	163 000

Kilde: Jarli (2020) basert på data fra Felleskjøpet

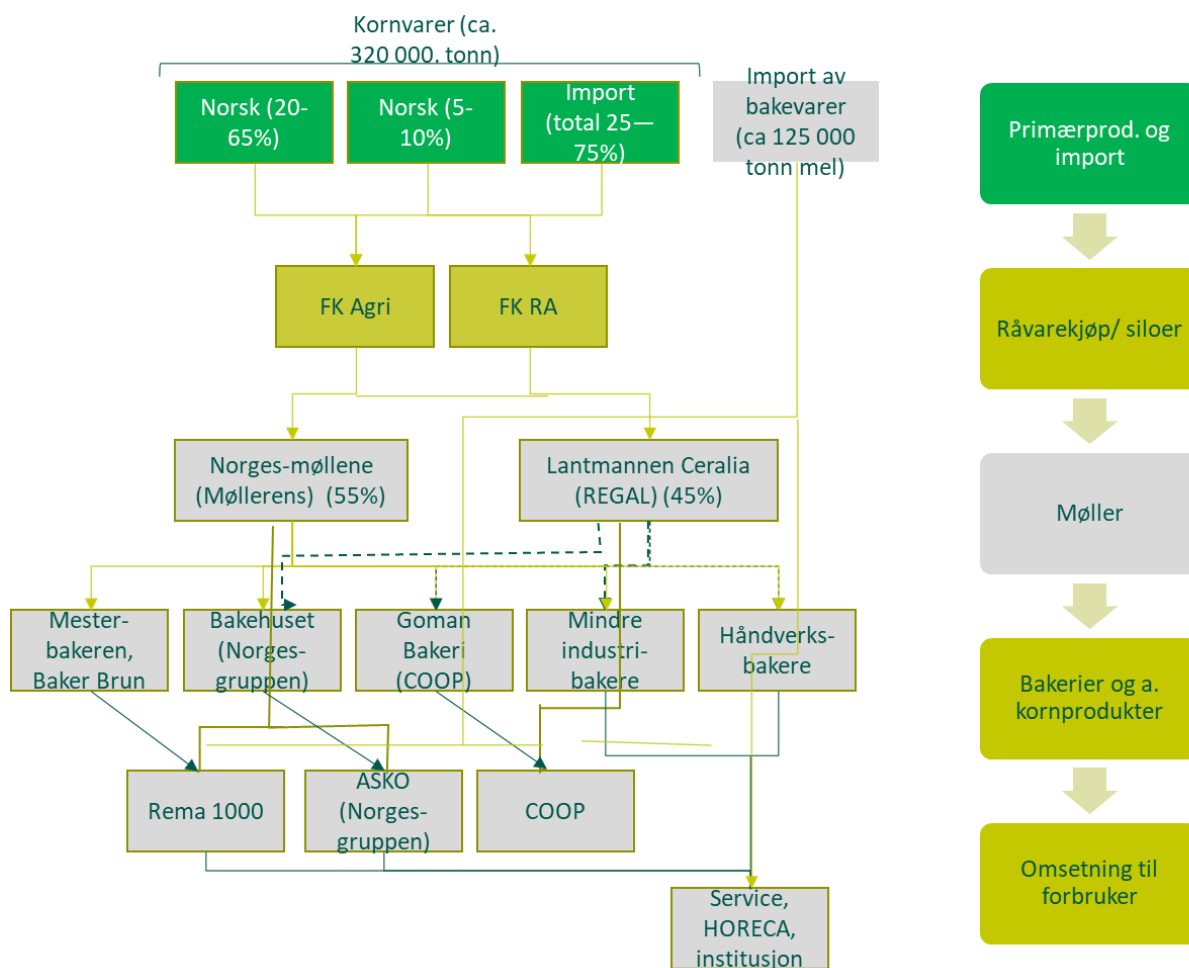
Markedet for fôrråvarer kan deles i husdyrhold og akvakultur med om lag like store deler. Markedet for husdyrfôr kan igjen deles i kraftfôr, primært korn- og proteinråvarer, og grovfôr. Segmentet kraftfôr til husdyr er dermed ca. fem ganger så stort som markedet for matkorn inkludert importerte kornvarer (jf. Tabell 5.1). Regner vi med grovfôr er norskandelen av fôr til husdyr i Norge i dette markedet over 80 prosent regnet i tonn, før justering for ulikt tørrstoffinnhold, men synkende fram til 2014 (Figur 5.6). Vi importerer ca. fem ganger så mye korn til husdyr som til humant konsum.



Figur 5.6 Forbruk av kraftfôrråvarer i perioden 2009–2018 i tonn

Kilde: Jarli (2020) basert på Landbruksdirektoratet

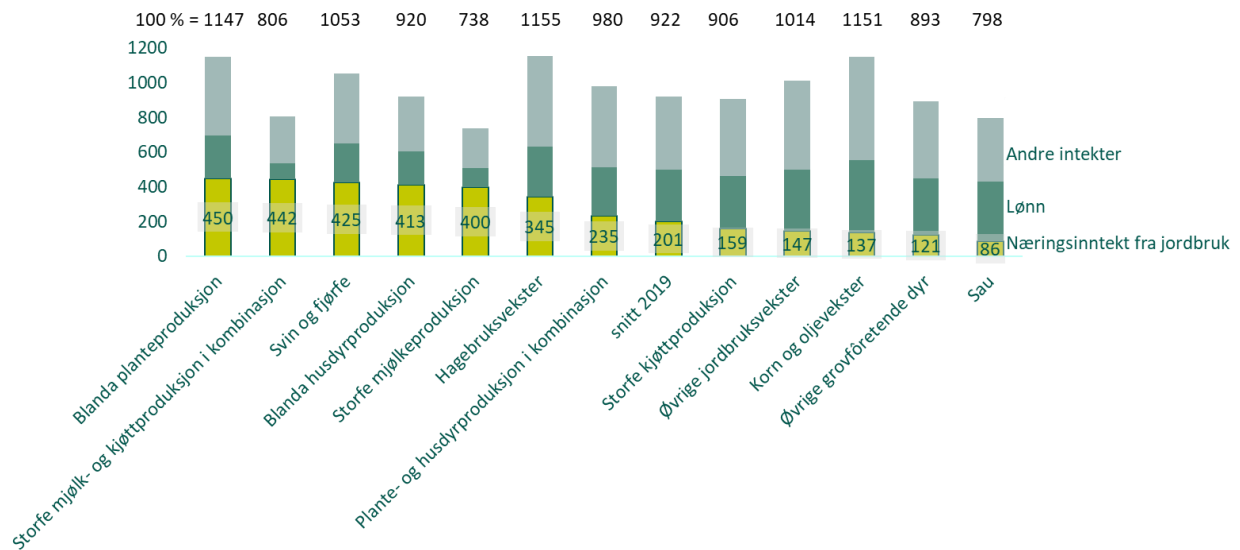
Det er, i all hovedsak, det norske systemet for import av kornvarer, kjøp og håndtering av korn fra norske primærprodusenter, samt verdikjedene for foredling og distribusjon av korn, kornprodukter og fôr, som fordeler tilganger på matkorn og fôrråvarer. I dette systemet er det tre aktører som sitter i en nøkkelrolle. De tre er for det første Felleskjøpet Agri som dominerer både import av korn, kjøp av korråvarer fra norske produsenter, produksjon av matmel og også en vesentlig aktivitet på bakerilledet. Felleskjøpet Rogaland Agder er en parallell til FK Agri, men med en relativt større vekt på fôrråvarer enn FK Agri. Lantmannen Ceralia er ren matmelmølle. Figur 5.7 viser at det ikke på noe ledd er mer enn tre store aktører, og at verdikjedene i betydelig grad er strukturert etter kjeden som distribuerer brød og mel fram til konsumentene via dagligvarebutikkene.



Figur 5.7 Verdikjede for matkorn. Relasjonene i figuren er indikative og kan ikke tolkes som dokumentasjon på vertikale bindinger eller begrensninger, ca. 2019

Kilde: Olsen og Pettersen (2021), Jarli (2020), egne analyser

Figuren ovenfor viser verdikjedene for matkorn. Når det gjelder fôrkorn er det husdyrsektoren som bestemmer etterspørselen. I en situasjon med store prisendringer internasjonalt kan det tenkes at mer av norsk korn også kan benyttes til akvakultur, men potensialet er lite. Som vist blant annet i kapittel 4, er akvakulturførets plantebaserte deler primært vekster som det dyrkes lite av i Norge.



Figur 5.8 Brukers inntekt fordelt på næringsinntekt fra jordbruk i snitt og for ulike produksjoner, lønn og andre kilder. 1000 kr, 2019. Snitt 2019 er snittet for alle produksjoner

Kilde: SSB <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/jordbruk/statistikk/gardbrukernes-inntekter-og-gjeld>

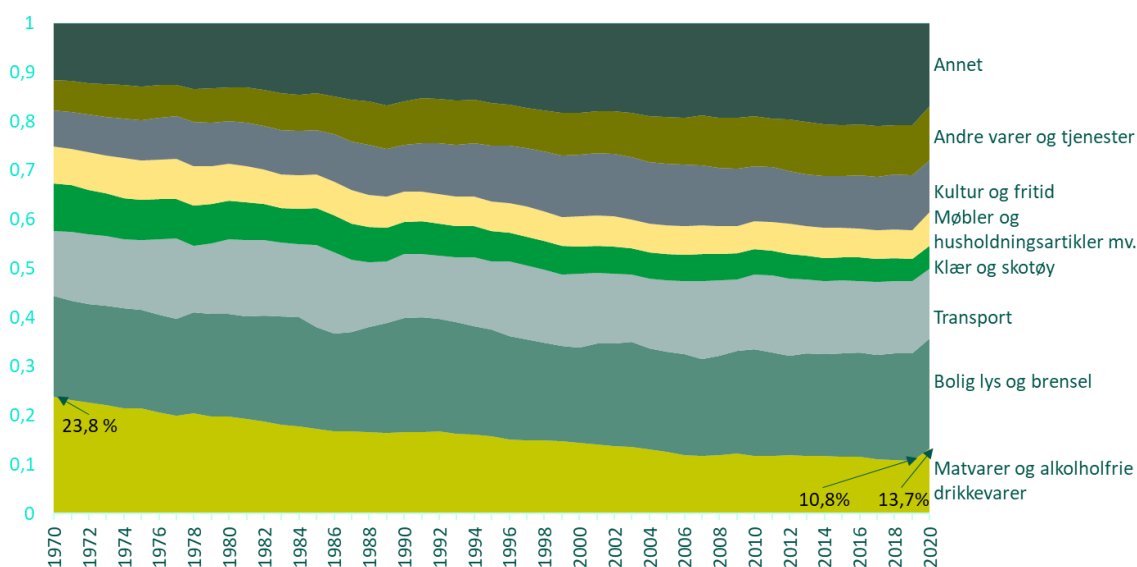
5.3.3 Forbruk og forbrukere

Omsetningen av dagligvarer til norske forbrukere fordeler seg på flere salgskanaler. Pettersen og Kårstad (2021) oppgir at dagligvarehandel utgjør 61 prosent, mens hotell, restaurant, storkjøkken og catering dekker 27 prosent. Resten av omsetningen skjer i servicehandel, annen detaljhandel enn dagligvarehandel og ved grensehandel. Dagligvarer inkluderer diverse varer til daglig forbruk som personlig hygiene, rengjøringsmidler, en del tekstiler, blomster osv. Samme kilde oppgir at matvarene utgjør 84 prosent av omsetningen i dagligvarehandelen. Dersom verdikjeden settes ut av funksjon, vil med andre ord også en del varer som er nødvendig for hygiene og løpende vedlikehold i husholdningene, bli mindre tilgjengelige. På den annen side distribueres også matvarer og andre husholdningsvarer gjennom andre bransjer som hagesentra, butikker med brede vareutvalg dominert av andre varer enn matvarer. Se også omtale av kryssløpsanalysen i avsnitt 5.4.

Et fungerende matsystem forutsetter at forbrukerne, direkte eller via serveringssteder og storkjøkken, kan nyttiggjøre seg tilbudet i leveringskjeden og butikkene. Det forutsetter at forbrukerne har både tilstrekkelig budsjett og kunnskap til å utnytte mattilbudet slik at egen helse og velferd blir ivaretatt. Nedenfor ser vi derfor på matbudsjettets andel av husholdningsutgifter totalt, og på visse indikasjoner på at visse sosiale grupper kan ha problemer med å finansiere normalt kosthold.

Norske forbrukere bruker i gjennomsnitt en relativt lav andel av sitt totale budsjett på matvarer. En gjennomsnittlig forbruker kan derfor trolig kan tåle vesentlige svingninger i matprisene. Figur 5.9 viser sammensetningen av husholdningenes forbruk i kroner. Over de siste femti årene er andelen som går til matvarer og alkoholfrie drikkevarer mer enn halvert, fra nær 24 til 10,8 prosent i 2019 og 13,7 prosent i 2020. Samtidig er kategoriene bolig, lys og brensel og diverse varer og tjenester økt. Endringen fra 2019 til 2020 er relatert til pandemien og først og fremst påvirket av økt mengde matvarer. Her er konsumendringen i faste priser på 12,2 prosent, mens prisveksten er på 3,2 prosent. I gruppen Annet inngår både konsum i utlandet og restauranttjenester. Det er derfor naturlig at redusert bruk av serveringssteder og grensehandel har gitt økt registrert forbruksutgift på matvarer og alkoholfrie drikkevarer. Videre er det sannsynlig at andelen dagligvarer, primært matvarer, som

omsettes gjennom storhusholdning, betyr at den reelle budsjettandelen for matvarer og alkoholfrie drikkevarer kan ligge kanskje to til tre prosent over den andelen som vises i figuren.



Figur 5.9 Sammensetning av husholdningenes forbruk. Prosent av samlet verdi, løpende priser.

Kilde: SSB tabell 09172

Sårbarheten i forbrukernes forsyning av matvarer er imidlertid ikke primært avhengig av gjennomsnittlige budsjettandeler, men av budsjettsituasjonen for sosialt og økonomisk utsatte deler av befolkningen. Det finnes lite tilgjengelig kunnskap om budsjettandeler for ulike sosiale grupper. Omholt (2019) drøfter levekår for lavinntektsgrupper. I 2017 var det 11,2 prosent av befolkningen, utenom studenter, som tilhørte en husholdning med lav inntekt, mot 10,8 prosent i 2014 og 9,6 prosent i 2011. Andelen i denne gruppen som ikke har økonomi til vanlige matvarer i perioden 2016-18, her definert som ikke «råd til å spise kjøtt eller fisk annen hver dag», er på 17 prosent når studenter er holdt utenfor. Med studenter er andelen 14 prosent og doblet siden 2014/16. I hele befolkning er andelen som ikke har råd til kjøtt eller fisk hver annen dag på 3 prosent (Omholt, 2019). Ved en kraftig prisøkning vil andelen for befolkningen totalt øke. Det er imidlertid vanskelig å si hvor mange som kan rammes.

Ser vi på andelen som i dag opplever at de har trange rammer, det vil si «mangler minst en materiell gode» av en liste som i tillegg til mat omfatter blant annet klær, boligvarme og privatbil, er andelen for lavinntektsgruppen på 42 prosent og for befolkningen på 14 prosent. Det tilsier at andelen av befolkningen som ved merkbar prisøkning på mat kan få problemer med å opprettholde et tilfredsstillende forbruk, herunder mat, vil være vesentlig over 14 prosent. I tillegg vil antagelig hele lavinntektsgruppen på vel 11 prosent av befolkningen, selv ved en mindre prisøkning, komme i en budsjettsituasjon som kan oppleves særlig krevende og en trussel mot sunt og tilstrekkelig kosthold for å opprettholde helse og velferd.

Det finnes andre sosiale grupper som også kan være utsatt ved svikt eller store endringer i matsystemet. Personer med matallergier er avhengig av bestemte deler av vareutvalget, mens bosatte i distriktene kan være mer sårbare for svikt i innenlandske logistikksystemer enn andre. Det kan tenkes at klimarelatert risiko også kan være spesielt relevant for disse gruppene.

5.3.4 Dagens matsystem og klimarelatert sårbarhet etter 2040

Systemanalysen beskriver til nå generell sårbarhet i dagens situasjon. Analyse av klimarisiko etter 2040 krever at vi vurderer hva slags matsystem som skal håndtere det fremtidige klimaet. Vår analyse er basert på forutsetningen om at matsystemet vil ha de samme grunnleggende egenskapene som vi har beskrevet ovenfor. De følgende avsnittene forklarer hvorfor. Første del beskriver endringskrefter innenfor systemet, neste beskriver behovet for mer bærekraftige resultater fra matsystemet, til slutt drøftes betydningen av å basere analysen på at dagens system i stor grad består.

Drivkrefter for endring innenfor systemet: teknologi, struktur, makt og effektivitet

Endringskreftene innenfor systemet er dels drøftet i Pettersen og Kårstad (2021). Historien og debatten om struktur og makt, om en velfungerende, effektiv verdikjede for matvarer i EU og Norge, omtales her.

Dagens norske matsystem har lange, historiske røtter. Systemet for primærproduksjonen i jordbruket ble i stor grad utformet fra 1930 med omsetningsloven og utover mot slutten av 1950-tallet med hovedavtalen for jordbruket. Den overveiende delen av strukturendringene i dagligvaredistribusjonen skjedde på 1980- og 90-tallet.

Pettersen og Kårstad (2021) redegjør for endringer innenfor disse rammene og drivkrefter for fremtidige endringer. Først og fremst er sjømatsektoren i stadig vekst. Internasjonaliseringen går videre, med økende eksport av sjømat og import av jordbruksbaserte matvarer (se Vedlegg 1). Det skjer også en viss, men begrenset internasjonalisering av eierskap hvor enkelte matindustriforetak overtas av internasjonale interesser, og noen kjøpes tilbake av norske. Teknologien utvikles i raskt tempo, mens rekrutteringsevnen av kritisk kompetanse er en utfordring både for sjømatindustri og jordbruksbasert foredling.

Matpolitikken er i hovedtrekk stabil, men stadig oppe til diskusjon. De siste sju årene har vi hatt ulike politiske signaler om tollvernets rolle, fra ambisjoner om redusert avhengighet av tollvern under Solbergs første regjering til ambisjoner og mål i Støre-regjeringen hvor måloppnåelsen «skal blant annet skje gjennom et sterkt importvern» (Regjeringen 2021 – Hurdalsplattformen).¹⁴ Til sist er det grunn til å nevne et område hvor politikken er i støpeskjeen. De kommende årene blir første fase av gjennomføringen av statens og bondeorganisasjonenes avtale om reduserte klimagassutslipp fra jordbruket.

Konkurransopolitikken overfor matsystemet, og spesielt dagligvareleddet, er omdiskutert både i EU og i Norge. Den norske debatten dreier seg i stor grad om kjøpermakt, selgermakt, forhandlingsprosesser, vertikale relasjoner og avtaleforhold (Pettersen & Kårstad, 2021). EU-debatten om velfungerende matsystemer er noe bredere, og også etter hvert mer orientert mot bærekraft i miljømessig og sosial sammenheng (EU, 2019). Opphavet til prosessen og det såkalte høynivåforumet for mer velfungerende leveringskjede, var Lisboa-prosessen for et mer konkurransekraftig Europa. I 2010 opprettet EU-kommisjonen et forum på høyt nivå for en bedre fungerende matforsyningskjede for å bidra til å utvikle politikk i mat- og drikkesektoren samt bidra til en bedre fungerende matforsyningskjede.

Temaene i debatten om et velfungerende matsystem vil fortsatt påvirke det norske matsystemet. Den norske offentlige utredningen «Mat, makt og avmakt – om styrkeforholdene i verdikjeden for mat» (NOU, 2011: 4) var en viktig milepæl for en prosess hvor dagligvaremeldingen fra 2020 (Nærings- og fiskeridepartementet, 2020) og ny lovgivning, dagligvareloven, og et nytt tilsyn fra 1. januar 2021 (Dagligvaretilsynet, 2021), er blant de seneste innslagene.

I sluttrapporten fra arbeidet i EU-forumet (EU, 2019) rettes oppmerksomheten mot pågående endringer i forsyningskjeden for matvarer som både er fundamentale og transformative. Drivkrefter er

¹⁴ Hurdalsplattformen. Se <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/hurdalsplattformen/id2877252/?q=toll&ch=4#id0018>

klimaendringer, "gastronasjonalisme", e-handel, fremveksten av kunstig intelligens, globalisering og forbrukerengasjement – og alle er allerede i ferd med å endre systemet. Utviklingen er også forventet å akselerere. Primærleddet er ikke alene om å ha utfordringer, og rapporten peker på utfordringer med mer bærekraftig emballasje og bekjempelse av matsvinn. Behovet for mer tillitvekkende og dekkende forbrukerinformasjon om matvarenes miljøavtrykk, blir også nevnt. I dag synes diskusjonen om matsystemets bærekraft å være vel så viktig som debatten om struktur, makt og konkurranse.

Spørsmål om bærekraft og behovet for transformasjon av matsystemet

I dette avsnittet redegjør vi i noe mer detalj for matsystempolitikken og behovet for systemtransformasjon, primært slik det fremstilles i EU i et bærekraftsperspektiv og blant annet i FAOs siste analyse av de globale matsystemene. Grunnen er at problemstillingene er relativt tydelig formulert og omfatter et matsystem som har store likheter med vårt system. En annen grunn er at regulering av EUs matsystem i stor grad også betyr regulering for hele EØS-området, inklusive Norge.

EU-rapporten fra høynivåforumet (EU, 2019) konkluderer med at «debatten om hvordan man kan kombinere menneskehetens satsing på økt bærekraft med økende ernæringsbehov er, uten overdrivelse, et av de viktigste og mest presserende problemene som planeten vår står overfor», og viser i den forbindelse til Parisavtalens understrekning av behovet for å unngå å true matproduksjonen. Endringer i forbrukerpreferansene i retning av mer bærekraftige produkter, blir nevnt som et mulig bidrag til et bedre tilpasset matsystem, mens økologisk produksjon anses som langt mindre effektiv enn konvensjonell. Blant hindringene for fremdrift i mer bærekraftig retning er regelverk og «en betydelig spenning mellom behovet for å produsere for flere mennesker og eksisterende overkapasitet i enkelte sektorer i matvarekjeden», samt skiftende klima med økende variasjon i nedbør og økt hyppighet av tørkesesonger. Svekkelsen av de jordbruksbaserte produksjonssystemene i visse geografiske områder forventes å øke risikoen for utarming av jordsmonn og dermed for mer underernæring.

EU-kommisjonen presenterte i mai 2020 både den såkalte «Farm to Fork»-strategien (European Commission, 2021) (EU-Commission, 2020 a) og Biodiversitetsstrategien (EU-Commission, 2020b). De to strategiene må ses i sammenheng, og skal bidra til at bønder, næringsliv og forbrukere jobber tettere sammen for å få til et mer konkurransedyktig og bærekraftig matsystem.

EUs Farm to Fork-strategi skal sikre overgangen til et bærekraftig matsystem i EU for å ivareta matsikkerhet og bedre tilgangen til et sunt kosthold fra en sunnere planet. Strategien skal redusere miljø- og klimafotavtrykket til EUs matsystem, beskytte innbyggernes helse og sikre levebrødet til de økonomiske aktørene. Strategien har helhetlig perspektiv på matsystemet.

Strategien omfatter hele verdikjeden, det vil si produksjon, videreforedling, transport, distribusjon, og til slutt forbruk, med ernæring, helse og redusert matsvinn. Matsystemet i EU skal sørge for matsikkerhet, god ernæring og folkehelse, samtidig som det ivaretar miljøet. Med strategien ønsker EU å sette «den globale gullstandarden for bærekraftige matsystemer». Det er derfor grunn til å anta at utviklingen av EUs jordbruk og matsystem i tråd med de mål og prinsipper som trekkes opp i strategien vil ha betydelig påvirkning på Norge, blant annet fordi mat- og fôrvarehandel med EU-landene dominerer norsk utenrikshandel med mat.

«Farm to Fork»-strategien tar sikte på å redusere bruken av plantevernmidler med 50 prosent innen 2030, redusere gjødselbruken med minst 20 prosent, og redusere salget av antibiotika og andre medisiner til husdyr og akvakultur med 50 prosent. I tillegg er det et mål at 25 prosent av jordarealet skal drives økologisk. Det er bekymring for at en slik endring vil svekke matproduksjon og matsikkerhet i EU. Kommisjonen belyser sammenhengen mellom bærekraft, kosthold og helse. Det pekes på behov for endringer i regelverket, blant annet skal det gis et nytt rammeregelverk for bærekraftig matproduksjon som fastsetter felles prinsipper og definisjoner. Videre skal regelverket om førtilsetningsstoffer revideres. Regelverket for dyrevelferd skal gjennomgå med tanke på at EU skal være i det globale toppsjiktet.

Forbrukerne skal settes bedre i stand til å gjøre ernæringsmessig sunne valg gjennom forbedret matvaremerking. Produksjonsmetoder, miljøbelastning, opprinnelse, etikk og dyrevelferd skal også kunne fremgå av produktmerkingen. Matsvinnet skal reduseres, og i lys av dette skal dagens regler om holdbarhetsmerking av matvarer revideres. Regelverket om fremmedstoffer skal også gjennomgås. Det samme gjelder EUs markedsstandarder for landbruks- og fiskeriprodukter og beskyttede betegnelser. Det anses avgjørende at forbrukernes tillit til maten og matproduksjonen opprettholdes, noe som tilsier nulltoleranse for matsvindel.

EUs felles landbrukspolitikk, CAP, skal være rammeverket og motoren som bidrar til at «Farm to Fork»-målene kan oppnås. Reformen av EUs felles landbrukspolitikk ble formelt vedtatt i 2021 og skal tre i kraft fra 2023.¹⁵ Innenfor rammen av en reformert CAP skal medlemslandene vedta nasjonale landbrukspolitiske strategiplaner. Det er gjennom disse strategiplanene at EU vil sikre at landbrukspolitikken og -støtten bidrar til oppfyllelsen av strategiens mål.

Til strategien følger en handlingsplan med en rekke konkrete tiltak som Kommisjonen skal gjennomføre frem mot 2025. Handlingsplanen er sortert under overskriftene 1) sikre en bærekraftig matproduksjon, 2) stimulere til bærekraftig videreføring, transport og distribusjon, 3) fremme og legge til rette for bærekraftig og sunt forbruk og 4) redusere matsvinn. I tillegg skal Kommisjonen, som del av «Farm to Fork»-strategien, innen utgangen av 2023 fremme forslag til et juridisk rammeverk for bærekraftige matsystemer. For å muliggjøre og akselerere overgangen til et rettferdig, sunt og miljøvennlig matsystem, legges det vekt på behov for rådgivningstjenester, finansielle instrumenter, men også forskning og innovasjon medvirkende da de kan bidra til å løse motsetninger, utvikle og teste løsninger, overvinne barrierer og avdekke nye markedsmuligheter.

Bærekraften i det globale matsystemet er høyt på agendaen i FAO og ved FNs første globale matsystemtoppmøte høsten 2021. FAO peker på at en rekke faktorer og trusler legger press på verdens matsystemer (FAO, 2020c). Dette inkluderer rask befolkningsvekst, urbanisering, økende kjøpekraft og påfølgende endringer i forbruksmønstre, noe som utfordrer matvaresystemenes evne til å sikre forsyninger av nok, trygg og sunn mat og bidra til forbedrede levekår for alle på en miljømessig bærekraftig måte. Matsystemer bidrar på globalt nivå til, og påvirkes av, ekstreme værhendelser som er forbundet med klimaendringer, forringelse av arealer og tap av biologisk mangfold (IPCC, 2019c), jf. kapittel 4. Både FAO og EU understreker at å svare på disse utfordringene vil kreve en systembasert tilnærming som adresserer omfanget og kompleksiteten på en helhetlig og bærekraftig måte.

I FAOs siste analyse av status for det globale matsystemet (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2022) vurderes særlig konsekvensene av covid-19-pandemien. FAO retter sammen med andre sentrale FN-organer særlig oppmerksomheten mot FNs andre bærekraftsmål, og fastslår at utviklingen går i feil retning. Problemer med underernæring og sult er voksende, og mer enn tre milliarder mennesker har utilstrekkelig kjøpekraft til et sunt kosthold. Rapporten legger stor vekt på svakheter i matpolitikken både i fattige og ikke minst i rike land som forstyrrer markedet og fører til at et sunt kosthold gjennomgående blir unødig dyrt. Rapporten oppsummeres med en anmodning om at «regjeringer vurderer å omfordele eksisterende offentlige budsjetter for å gjøre dem mer kostnadseffektive og redusere kostnadene for næringsriktig mat, gjøre sunt kosthold mer tilgjengelig og rimeligere, med vekt på bærekraft og at ingen skal ekskluderes» (samme kilde s. xxiii).

Den overordnede debatten om bærekraften i matsystemet dreier seg i stor grad om virkninger av det globale matsystemet. EU peker på en rekke konkrete politikk- og tilsynsområder som bør revideres eller styrkes, uten at det reises spørsmål om de grunnleggende egenskapene ved systemet. Norge deltar aktivt i den debatten som skjer i regi av FAO og FNs toppmøter om matsystemet. I Norge har den nasjonale strategien for sirkulær økonomi en gjennomgang av utfordringer og muligheter i bioøkonomien som dekker primærleddet og matsvinnproblematikk (Regjeringen, 2021). Blant

¹⁵ Se https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/new-cap-2023-27_en

bidragene fra organisasjoner utenfor norske myndighetsorganer kan vi nevne bidrag fra for eksempel EAT (2019) og Bellona (2022).

Mulige systemendringer og fremtidig klimarisiko

Struktur og atferd i verdikjedene for matvarer er gjenstand for omfattende debatt både i Norge, EU og verden for øvrig. Debatten dreier seg blant annet om hvordan fremtidens matsystem bør utvikles. De ulike løsningene som foreslås kan ha ukjent eller utilsiktede konsekvenser og dermed medføre risiko for mistilpasning og overgangsrisiko.

Over de neste tjue årene er det sannsynlig at det skjer endring i konkurransepolitisk virkemiddelbruk overfor matsektoren, og at det blir økende oppgaver for tilsynsorganer, rask teknologisk utvikling, endring i produktmerking og forbrukerpreferanser, økte krav til reduserte klimautslipp osv. Fortsetter dagens trend, vil også både mateksport og -import øke. Matsystemet endrer seg og får nye egenskaper over tid. Endringene kan påvirke sårbarheten for klimaendringer.

Overgangsrisiko kan er definert i avsnitt 2.1 og kan i tråd med Klimarisikoutvalget, forstås som akkumulerte, ikke håndterte omstillingsbehov (NOU 2018: 17). Overgangsrisiko brukes om konsekvenser av mangelfull tilpasning mer generelt. Overgangsrisikoen oppstår f.eks. fordi matsystemet over tid kan investere i løsninger som brått må erstattes på grunn av endret klima eller stort misforhold mellom nødvendige og gjennomførte reduksjoner i utslipp av klimagasser. Overgangsrisiko kan også oppstå som en konsekvens av mistilpasning. Dermed kan ressurser gå tapt og systemet kan gå inn i en omstillingsperiode som reduserer effektiviteten.

Å anta at matsystemets sårbarhet i fremtiden kan vurderes ut fra dagens matsystem, kan føre til undervurdering eller feilvurdering av klimarisikoen. I tillegg kan vi overse risiko for betydelige feilinvesteringer og redusert effektivitet sammenlignet med dagens matsystem. Det er to grunner til at vi likevel mener det er forsvarlig å anta at dagens matsystem er et relevant grunnlag for å vurdere fremtidig klimarisiko. Den ene grunnen er at evne til omstilling i matsystemet og tilpasning til endringer i omgivelsene en egenskap ved det systemet vi beskriver. Den andre grunnen er overgangsrisikoens ulike betydning i mikro, det vil si for en enkeltsektor, og i makro. De to grunnene utdypes kort i de neste avsnittene.

Systembeskrivelsen viser betydelig tilpasningsevne. Vi har beskrevet systemet som et samspill mellom politikk, forhandling og marked med verdikjeder, strukturer og atferd i leveringskjedene. Systemet bestemmer derved i stor grad omstillingstempoet gjennom systeminterne prosesser. Analyser av utviklingen i det norske matsystemet viser at primærproduksjon, både akvakultur og jordbruk, matindustri og dagligvarehandel har gjennomgående høy produktivitetsutvikling over tid, spesielt primærleddene og dagligvarehandelen, mens utviklingen i matindustrien er på linje med norsk industri for øvrig (Pettersen, Steen, & Ulsaker, 2020). Det indikerer betydelig tilpasnings- og omstillingsevne i verdikjedene. Erfaringen fra pandemien fra våren 2020 fram til i dag, tyder også på meget stor evne til tilpasning til endrede markedsforhold. Det å anta at dagens system beskriver matsystemet fram i tid, for eksempel i 2040, på en tilfredsstillende måte, betyr altså at vi antar at systemet har og utnytter betydelig innebygget tilpasningsevne.

En vedvarende debatt om matsystemets bærekraft og effektivitet som vi har referert ovenfor, gir ingen klar grunn til å anta at selve systemet opparbeider et voksende omstillingsbehov. Den debatten vi har referert i dette avsnittet er først og fremst en påpekning av behov for endrede incentiver for tilpasningen i primærproduksjon eller for sammensetningen av matvareforbruket. Det kan være behov for sterkere politisk virkemiddelbruk for å vri tilpasningene på primærleddet over i mer bærekraftig retning, og globalt matvareforbruk over i en retning som bedre ivaretar klimahensyn og matsikkerhet for alle, men slik virkemiddelbruk er en del av det matsystemet vi beskriver i avsnitt 5.1. Behovet for styrking av politikken for bærekraftig produksjon og forbruk er ikke uten videre en grunn til å anta at vi får et annet matsystem. De problemstillingene som er referert ovenfor gir ikke tilstrekkelig grunnlag for å anta at leveringskjedene, samhandlingen mellom leddene og de institusjonelle rammene med

tilsynsorganer og forhandlingsmekanismer, skal transformeres på en måte som gjør det nødvendig å ta høyde for et vesentlig annerledes matsystem fra 2040.

Den andre grunnen til at vi vil forsvare en forutsetning om at sårbarheten for klimarisiko kan vurderes ut fra dagens matsystem, er at overgangsrisikoen har begrenset betydning. Overgangsrisikoen var viktig for Klimarisikoutvalget som utredet klimaendringenes konsekvenser for norsk økonomi som helhet, herunder finansiell stabilitet og finanspolitisk handlingsrom, men spiller mindre rolle for sårbarheten i matsystemet som en enkelt sektor. En brå omstilling i matsystemet, for eksempel som følge av oppdemmede omstillingsbehov til endrede klimakrav eller sterke endringer i forbrukerpreferanser, vil bety omstillingskostnader, men er ingen selvstendig trussel mot matsystemets funksjonsevne. Ekstraordinære omstillingskostnader i primærproduksjonen, for eksempel på grunn av strengere krav om kutt i utslipp av klimagasser, kan håndteres i samspillet mellom forhandling, marked og politikk, uten å være en trussel mot selve systemets funksjonsevne.

For Klimarisikoutvalget, og det nasjonale makroperspektivet, er det annerledes. Det er grunn til å regne med at overgangsrisiko i makro kan være et større problem enn overgangsrisiko innenfor en enkelt sektor. Generell mangel på omstilling for eksempel til konsekvensene av effektiv, global gjennomføring av Parisavtalen, kan ramme en rekke sektorer og store deler av Norges nasjonalformue på tvers av sektorer samtidig. Dermed kan en sannsynlig konsekvens være redusert finanspolitisk handlingsrom og svekket evne til å gjennomføre omstilling uten betydelig tap av sysselsetting, sosial trygghet og produksjonsevne.

Det er således, etter vår vurdering, rimelig grunn til å ha dagens matsystem som grunnlag når vi skal vurdere klimarisiko for matsystemet etter 2040. Det betyr imidlertid ikke at vi kan se bort fra at vi derved forenkler og unngår å avdekke viktige elementer av den fremtidige sårbarheten for klimarisiko i matsystemet. Problemstillingen kan derfor fortjene mer grundig vurdering enn vi har funnet rom for her.

5.4 Matsystemet i samspill med andre næringer: Analyse av ringvirkninger av endringer i et kortsiktig tidsperspektiv

Vi belyser her samspillet mellom ulike næringer i Norge ved hjelp av kryssløpstabellen. Denne viser strømmer av varer og tjenester mellom ulike næringer i økonomien. Gjennom det kan vi også se hvordan et «sjokk» i en enkeltnæring, eksemplifisert her med jordbruket, vil forplante seg videre til andre næringer og få ringvirkninger i form av endringer i produksjon og sysselsetting i resten av økonomien.¹⁶ Sjøkket kan oppstå som følge av klimarelaterte naturkatastrofer eller vær fenomener som medfører at for eksempel avlinger går tapt, enten i Norge eller i utlandet (det vil i så tilfelle påvirke importen).

Vi tar utgangspunkt i kryssløpstabellene fra SSB.¹⁷ Kryssløpstabellen er en matrise som viser leveranser mellom alle næringer i hele økonomien, fra produksjon til sluttanvendelse. Med andre ord: hvordan produksjonen i hver næring brukes videre som innsatsfaktor i alle de andre næringene, hvor mye som eksporteres og hvor mye går til sluttforbruk. I tillegg til innenlandske leveranser finnes en tilsvarende tabell for import, som viser hvordan importvarer inngår i produksjonen.

Vi bruker en kryssløpstabell der den norske økonomien består av 64 næringer (pluss sluttforbruk hos husholdninger og offentlig sektor). Vi bruker den siste tilgjengelige tabellen som er basert på 2018-tall.

¹⁶ En ringvirkningsmodell, f.eks. Vista-Virkning (<https://vista-analyse.no/no/tjenester/modeller-og-databaser/vista-analyses-ringvirkningsmodell/>), har samme virkemåte.

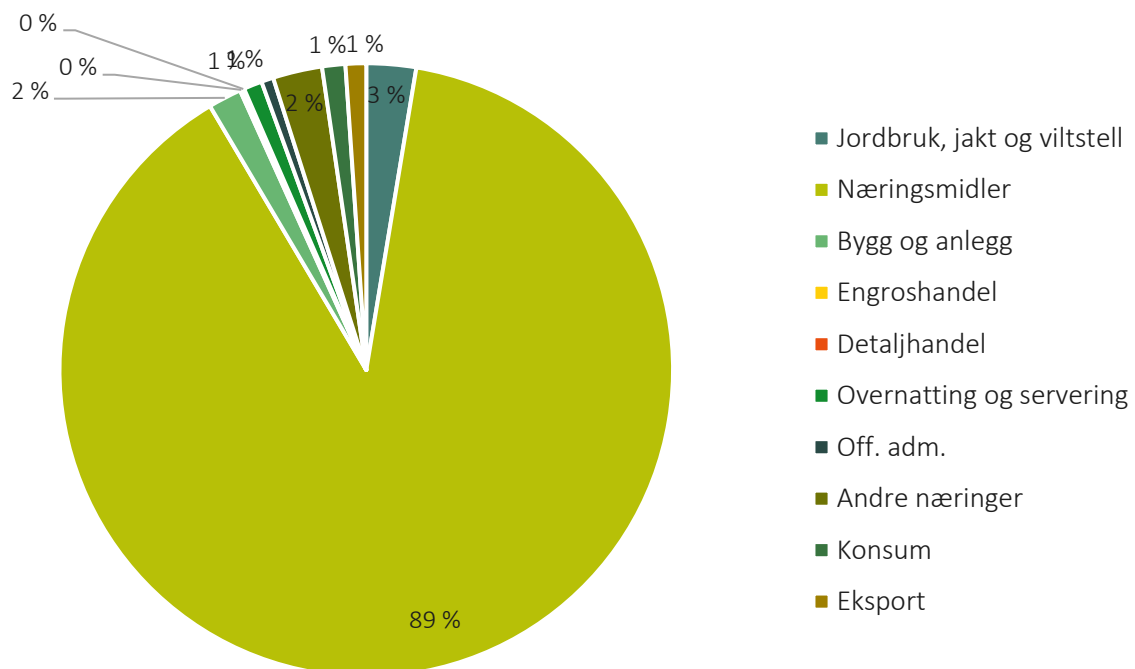
¹⁷ [Supply and Use and Input-Output tables - SSB](#)

5.4.1 Hvem leverer jordbruket til?

Mesteparten – hele 98 prosent – av produksjonen i jordbruksnæringen i Norge leveres til andre innenlandske næringer og brukes som innsatsvarer i produksjonen der. Bare 1 prosent av jordbruksproduksjonen eksporteres til utlandet og 1 prosent konsumeres direkte i Norge.¹⁸

Den viktigste næringen jordbruket leverer innsatsvarer til er **næringsmiddelindustrien**.¹⁹ Hele 89 prosent av produksjonen i jordbrukssektoren brukes videre som innsats i produksjon i næringsmiddelindustrien. Dette er med andre ord næringen som i størst grad påvirkes av et sjokk i jordbruksnæringen. 3 prosent av produksjonen går til andre aktører i jordbruksnæringen. Ellers er bygge- og anleggsvirksomhet (1,8 prosent), overnattings- og serveringsvirksomhet (1 prosent) og offentlig administrasjon (0,6 prosent) relativt store mottakere av leveranser fra jordbrukssektoren. Engroshandel og detaljhandel mottar bare 0,1 prosent hver. Alle andre næringer til sammen summerer seg til 2 prosent. Fordelingen av leveransene fra jordbrukssektoren er oppsummert i Figur 5.10.

Det er i alt snaue 46 000 sysselsatte i jordbrukssektoren, hvilket tilsvarer omkring 1,6 prosent av arbeidsstyrken i Norge.²⁰



Figur 5.10 Fordeling av leveranser fra jordbruket

Kilde: Vista Analyse, SSB

5.4.2 Hvem leverer næringsmiddelindustrien til?

Vi kan forfølge verdikjeden videre og se hvilke næringer næringsmiddelindustrien leverer til videre.

¹⁸ Netto av endringer i lagerbeholdning. I kryssløpstabellen for 2018 er det en stor endring i lagerbeholdning. Vi ser bort fra denne posten, siden endringer i lagerbeholdning er i stor grad «salderingspost» for statistiske feil.

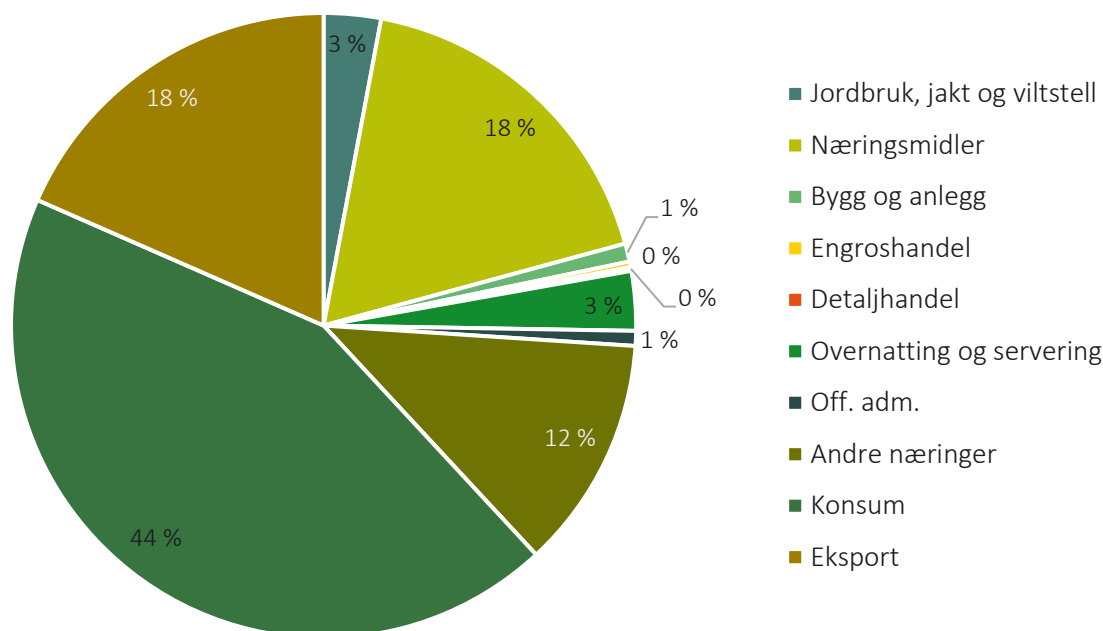
¹⁹ Nærings-, drikkevare- og tobakksindustri, næring R10_12 i nasjonalregnskapet.

²⁰ 09174: Lønn, sysselsetting og produktivitet, etter næring 1970 - 2020. Statistikkbanken (ssb.no)

Figur 5.11 viser at mesteparten av produksjon til næringsmiddelindustrien brukes som **konsum** av sluttforbrukere og som **eksport** til utlandet.²¹

Bare 38 prosent brukes videre som innsatsvare i andre næringer. Den største mottakernæringen er den som leverer innsatsvarer til er seg selv, tilsvarende snau 18 prosent av produksjonsverdien. Slike interne leveranser innenfor matindustrien dreier seg blant annet om leveranser fra primær råvarebearbeiding som slakting og stykking, samt produksjon av sammensatte ferdigvarer som pizza og supper. Det betyr at et førsteordens bortfall av leveranser fra næringsmiddelindustrien vil få følger for den samme næringen videre.

Det er interessant å merke seg at bare 3 prosent av produksjonen fra næringsmiddelindustrien går til overnatting- og serveringsvirksomhet (som man kanskje hadde forventet var en stor mottaker). Pleie- og omsorgstjenester, barnehager og SFO mottar nesten 1 prosent av produksjonen fra ernæringsmiddelindustrien.



Figur 5.11 Fordeling av leveranser fra næringsmiddelindustrien

Kilde: Vista Analyse, SSB

5.4.3 Leveranser til næringsmiddelindustrien

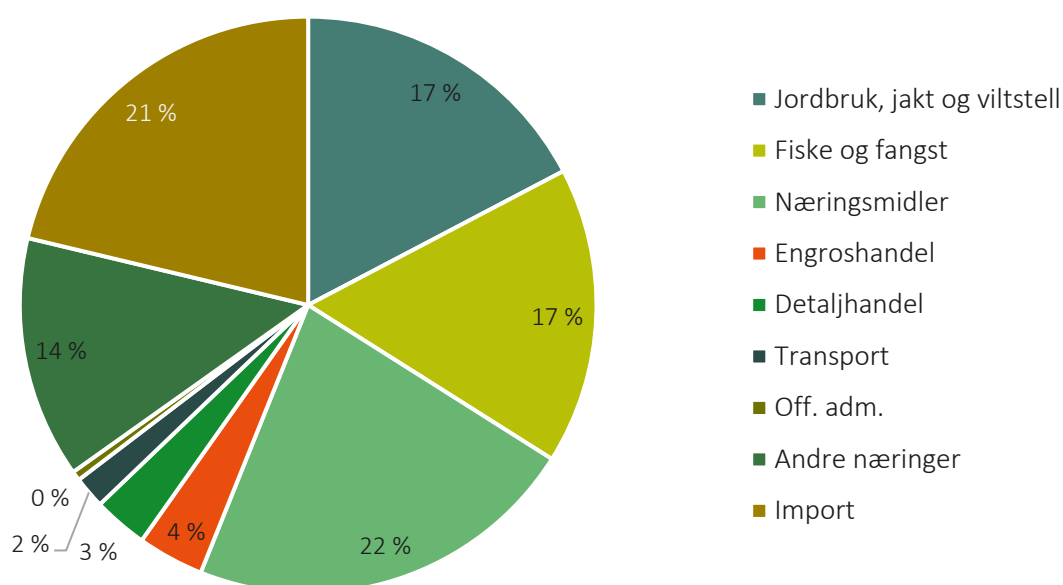
Næringsmiddelindustrien er det største mottakeren av varer fra jordbruket. Hvilken konsekvens en eventuell svikt i leveransene fra jordbruket får for næringsmiddelindustrien avhenger av hvor avhengig næringsmiddelindustrien er av disse leveransene fra jordbruksnæringen. Som vi ser av Figur 5.12 utgjør leveransene fra jordbruket bare 17 prosent. Andre store leverandører er havbruk og fiske (17 prosent), engroshandelen (4 prosent) og detaljhandelen (3 prosent). Import utgjør en stor del av

²¹ Netto av endringer i lagerbeholdning. I denne kryssløpstabellen for 2018 er det en stor økning i lagerbeholdningen (og konsumet er tilsvarende lavere). Endringer i lagerbeholdning er imidlertid i stor grad uttrykk for statistiske feil. Vi ser derfor bort fra denne endringen i lagerbeholdningen, og oppjusterer sluttforbruket tilsvarende.

leveransene, hele 21 prosent. Næringsmiddelindustrien har også store leveranser til seg selv: hele 22 prosent av produksjonen kommer fra egen produksjon i tidligere ledd.

Som nevnt viser kryssløpstabellen leveransene mellom næringene i et gitt år, under gitte forhold. Spørsmålet er hvordan en endring i leveranser fra jordbruket vil påvirke næringsmiddelindustrien i virkeligheten. Dette avhenger av hvor vesentlige jordbruksvarene er for næringsmiddelindustrien: kan man erstatte bortfallet av jordbruksvarer med noe annet (f.eks. import) eller ikke. Hvis det ikke er noen substitusjonsmulighet, vil bortfallet av leveranser fra jordbruket medføre en tilsvarende nedgang i produksjonen i næringsmiddelindustrien. Det er heller ikke hensiktsmessig å kjøpe inn emballasje og transporttjenester når selve varen, som skal pakkes inn og distribueres, mangler.

Næringsmiddelindustrien har omtrent 49 000 sysselsatte, hvilket utgjør omkring 1,8 prosent av arbeidsstyrken, og sysselsetter dermed litt flere mennesker enn jordbrukssektoren.



Figur 5.12 Fordeling av leveranser til næringsmiddelindustrien (dvs. innsatsvarer i næringsmiddelindustrien)

Kilde: Vista Analyse, SSB

6 Scenario for det norske matsystemet 2040–60

Kapittel 4 og 5 handler om henholdsvis klimaendringenes påvirkning på evnen til å produsere sjømat og jordbruksråvarer, og generell sårbarhet i det norske matsystemet. Matsystemet nasjonalt og globalt ble beskrevet i kapittel 5. Vi bruker, i likhet med blant andre Klimarisikoutvalget, en scenariotilnærming. I dette kapitlet presenterer vi et scenario der *klimaendringene* vil påvirke matproduksjonen og matsystemet vesentlig om 20–30 år.

Det scenariet som blir presentert, er «veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60» og beskriver en periode på anslagsvis ti år med forekomst av klimarelaterte hendelser som internasjonale prissjokk på matråvarer, mengdebegrenset tilgang på internasjonale matråvarer og vekstsesonger med alvorlig tørke i Norge, som i 2018.

6.1 Drivkrefter, virkninger og avgrensninger

Vi beskriver her et scenario med bakgrunn i kapittel 3 og 4. Scenariet innebærer sterk økning i global oppvarming og benyttes til å vurdere robustheten i matsystemet slik vi kjenner det i dag. Et slikt scenario er bare ett bilde av fremtiden. Her er formålet å vurdere matsystemets sårbarhet med, i hovedsak, de egenskaper og den tilpasningsevnen vi ser i dagens matsystem. For å avdekke sårbarheten formulerer vi et scenario som er mulig, men samtidig alvorlig og som utsetter systemet for betydelig stress. Dermed skapes usikkerhet om systemets evne til å dekke viktige samfunnsfunksjoner som å ivareta forbrukernes velferd i vid forstand eller legge grunnlag for nasjonal matproduksjon over hele landet og fortsatt høy eksport av sjømatprodukter.

Gangen i utviklingen av scenariet er beskrevet i Tabell 6.1 og samsvarer i stor grad med scenariometoden som er beskrevet av Klimarisikoutvalget (NOU 2018: 17, 2018). Vi tar utgangspunkt i én scenariodriver, utleder primæreffekter og sekundæreffekter, og utreder forventet systemrespons og ringvirkninger. Figuren viser også faktorer som vi ikke har inkludert i scenariobeskrivelsen, som for eksempel sekundæreffekter av geopolitisk karakter, migrasjonskriser eller matbårne sykdomsutbrudd. Muligheter for å styrke matsystemets responsevne og resiliens vil være en del av en naturlig oppfølging av analysen.

Tabell 6.1 Metode i scenarioutvikling med faktorer som er prioritert og hensyntatt i scenariobeskrivelsen, og faktorer som er vurdert mindre sentrale.

	Drivkrefter	Primær påvirkning	Mulige sekundær / indirekte	Forventet systemrespons	Ringvirkninger	Muligheter for økt robusthet
Innenfor analysen	Høy eller lav utslippsbane, dvs. 1. Temperaturendring 2. Forekomst av ekstremvær; globalt, nasjonalt	Mer volatile vær- og dyrkingsforhold i i norsk og globalt jordbruk.	Prisendringer Internasjonale handelsformer (statshandel) Institusjonelle endringer, matsikkerhet pluss ti andre parametere Sårbarhet for ikke-klimarelaterte sjokk	Endret importvern Endret markedsbalansering Omlegging i norsk primærproduksjon Bruk av risikoavlastning Endret råvarebruk i industri mm	Endret sysselsetting Endret BNP og nasjonalinntekt Statens budsjettbalanse	Oppfølging
Vurdert, ikke hensyntatt	Trusler mot dyre- og plantehelse Endret biodiversitet Endrede havstrømmer, surhet og oksygen i hav	Lengre norsk vekstsesong Endrede marine produksjonsforhold. Gradvis endret global matproduksjon	Geopolitisk forstyrrelse Migrasjonskriser Matbårne sykdomsutbrudd	Tillit til matpolitikk og forvaltning Oppbygging av produksjonskapasitet med ny bioteknologi	Tillit til offentlige myndigheter Myndighetenes beslutningsevne	

Vår tilnærming innebærer forenklinger og avgrensninger. Vi har veiet enkelhet og metodehensyn mot ønsket om å gjenspeile hele usikkerheten. Figuren viser at:

- *Utslippsbanen er eneste driver.* IPCC har som vist i kapittel 3 beskrevet flere alternative utslippsbaner (RCP-er) for klimagasser i atmosfæren og derved for klimaendring som spenner fra mindre til meget alvorlige endringer for verdens matproduksjonsevne. Scenariet er knyttet til en bestemt utslippsbane og dermed klimaendring fram til og i perioden 2041–60. Valg av driver er viktig for både resultat av analysen og forståelsen av analysens svakheter. En alternativ tilnærming kunne for eksempel vært å anse grad av multilateralt samarbeid om blant annet utslippskutt og utslippsfri energiteknologi som driver og forklaringsvariabel, med klimaendring som en av flere konsekvenser. En slik tilnærming ligger imidlertid bak utslippsbanene hos IPCC. Der knyttes utslippsbaner til sosioøkonomiske trender eller utviklingsbaner (jf. avsnitt 3.1). Ved å holde oss til utslippsbanen og de klimaendringene IPCC beskriver for gitt utviklingsbane, får vi imidlertid fram de viktigste påkjenninger på matsystemet.
- *Klimaendringen får konsekvenser for forekomst av ekstremvær globalt og nasjonalt.* Den antatte utslippsbanen og klimaendringen tolkes i form av konkret påvirkning på matsystemet. Klimaendringen gir grunnlaget for å beskrive forekomst av hendelser som global avlingssvikt og nasjonale tørkesommer. Utviklingen fram til 2040 har betydning for tilpasningsmulighetene (se Tabell 6.1). Vi konsentrerer scenariet om jordbruksproduksjon og ser bort fra risiko på minst tre områder (1) dyre- og plantehelse, (2) biodiversitet, herunder pollinerende insekter, og (3) mulighet for endret havmiljø og marin økologi med endrede havstrømmer, surhet og redusert oksygen i havet. Vi vurderer jordbruksvarer som mer avgjørende for norsk matsikkerhet og det norske matsystemet som helhet, enn sjømat, også i en situasjon med sterkt begrenset tilgang på jordbruksvarer. I tråd med presiseringer av angrepsmåten i avsnitt 5.3.4, legger vi heller ikke i scenario- og sårbarhetsanalysen vekt på selve den gradvise temperaturendringen med noe endring i gjennomsnittsnedbør og lengde på vekstsesonger. Disse avgrensningene og prioriteringene bør vurderes før analysen eventuelt legges til grunn for handlingsplaner for styrket resiliens mot klimarisiko i det norske matsystemet. er svake punkter i analysen.

- *Primær påvirkning begrenses til jordbruksproduksjon globalt og nasjonalt.* I et tjuårs perspektiv kan en betydelig del av produksjonen av matråvarer være uavhengig av jordbruksareal og dyrkingsforhold i jordbruket, for eksempel gjennom gassfermentering, mikroalgeproduksjon, uttak av nye ressurser fra havet, eller bioraffinering av skogvirke (Almås & Josefsen, 2020). I så fall kan priser på naturgass og energi få større direkte betydning enn vekstsesongen globalt og nasjonalt. Vi legger her til grunn at slike kilder ikke vil være bestemmende for markedsprisene for proteiner, karbohydrater og fett før 2040. Også dette er usikkert.
- *Sekundær virkning primært via priser, handelsformer og institusjonell endring.* Klimaets påvirkning på jordbruksproduksjon har betydning for råvaretilbudet, mens etterspørselen påvirkes indirekte gjennom prisendringer eller, potensielt, ved hamstring. I enkeltår kan det bli ekstraordinært store avlinger, men avlingssvikt og knapphet på matråvarer blir antagelig mer sannsynlig. I fungerende markeder med ordnede handelssystemer, vil prisene gjenspeile den økte knappheten. Vi må imidlertid ta høyde for at det blir synlig knapphet, det vil si at all etterspørsel til gjeldende priser ikke blir tilfredsstillt. En slik kvantumsbegrenset tilgang kan henge sammen med at kontrakter inngås direkte mellom stater, eller mellom globale, private tilbydere på den ene siden og stater på den andre siden (Bollyky & Bown, 2020; FAO, 2002), jf. også erfaring med handel med covid-19-vaksiner (OECD, 2021) og begrepet «vaccine nationalism». FAO (2002) viser til at 75 prosent av registrerte statlige handelsforetak (State Trading Enterprises, STEs) handlet med jordbruksvarer, og disse hører primært hjemme i utviklingsland. I vår sammenheng ser vi statshandel og STEs som uttrykk for statlig involvering i handelen, som kan være i strid med WTO-prinsipper, eller tillatt under ekstraordinære omstendigheter for eksempel av hensyn til befolkningens helse.²² Blant faktorer som ikke er inkludert i vårt scenario er geopolitiske forstyrrelser som krig, handelsboikotter, stenging av viktige handelsveier. Vi ser heller ikke på sekundære virkninger som klimarelaterte migrasjonskriser eller matbårne sykdomsutbrudd.
- *Analysen tar hensyn til forventet systemrespons, men ikke til forbedringsmuligheter når det gjelder responsevne.* Det norske matsystemet har institusjoner som skal sørge for stabile markeder, inntekter til jordbrukere i tråd med fremforhandlede avtaler, trygg mat og tilstrekkelig beredskap i matdistribusjonen. Vårt klimascenario vil derfor utløse virkemiddelbruk, som for eksempel administrative justeringer av tollvernet, som vi har sett tendenser til blant annet i forbindelse med mangel på smør i 2011.²³ Vi tar også høyde for at ordninger som avlingsskadeerstatning og naturskadeerstatning kan bli anvendt for å kompensere for tap i primærnæringen. Prisendringer fører i seg selv til endringer i både kosthold og produktresepter på industrileddet. Vi gjør imidlertid ingen grundig vurdering av forbrukertilliten til selve matsystemet eller på mulig ekspansjon i alternativ produksjon som mikroalger, gassfermentering med mer. Vårt scenario er ment å beskrive en periode på anslagsvis ti år mellom 2040 og 2060, slik at slike indirekte effekter av endret klima kan være sannsynlige.
- *Analyse av økonomisk samspill med andre sektorer:* Kryssløpstallene i avsnitt 5.6 viser hvordan matsektoren påvirker andre sektorer på kort sikt via leveranser og anskaffelser. På lengre sikt, over mer enn en til to sesonger i jordbruket og kanskje ett år i akvakultur, vil prisene føre til endringer i leveranser og anskaffelser, og kryssløpstallene gir mer usikre indikasjoner. Vi har derfor også foretatt beregninger av likevektseffekter, det vil si hvordan klimarelaterte endringer gjennom

²² Se WTOs nettsider; State trading enterprises: technical information. Hentet 15.12.21 fra https://www.wto.org/english/tratop_e/statra_e/statra_info_e.htm Se også omtale av eksportbegrensninger bl.a. av hensyn til vareknapphet og prisøkninger innenlands hos http://wits.worldbank.org/wits/docs/multi-agency_classification_of_ntms.pdf Alle slike tiltak er formelt forbudt etter GATT avtalen av 1994, men kan anvendes i bestemte situasjoner som er beskrevet i artikkel XI i GATT 1994, f.eks dersom eksport begrensninger er nødvendig «to prevent or relieve critical shortages of foodstuffs or other products essential to the exporting contracting party».

²³ Se <https://www.aftenposten.no/meninger/i/BJqee/da-smoerkrisen-rammet-oss-stakkars-nordmenn> og varsel om verre kriser i 2018: <https://www.abcnyheter.no/nyheter/verden/2018/07/11/195414731/derfor-blir-en-smorkrise-verre-enn-sist>

matsystemet påvirker aktivitetsnivå og verdiskaping i andre sektorer og økonomien som helhet. Heller ikke her har vi ringvirkninger for generell politisk styringsevne i Norge eller internasjonalt.

6.2 Scenario med hyppig avlingssvikt, prissjokk og mengdebegrenset import

Forrige avsnitt redegjorde for utledningen av scenariet som beskriver klimarisiko rundt midten av århundret. Her beskriver vi et scenario hvor avlingene globalt og nasjonalt ofte svikter. Det gir kraftige prisøkninger og, i visse tilfeller også mengdebegrenset tilgang på korn og andre landbruksråvarer. Vi vurderer her matsystemets robusthet ut fra et scenario hvor både global avlingssvikt og nasjonal tørkesommer kan opptre så ofte som hvert tredje år.

Til sammenligning antok DSB i 2019 at en global avlingssvikt med firedobling av internasjonale og norske kornpriser kunne inntreffe med en sannsynlighet på 2 promille, dvs. en forventet forekomst lik to ganger i løpet av et tusen år (DSB, 2019). Her legger vi til grunn at den samme tilstanden blir en del av normal variasjon. Vi vil derfor innledningsvis se på grunnlaget for å anta en betydelig økning i forekomsten av såkalt matvarekriser.

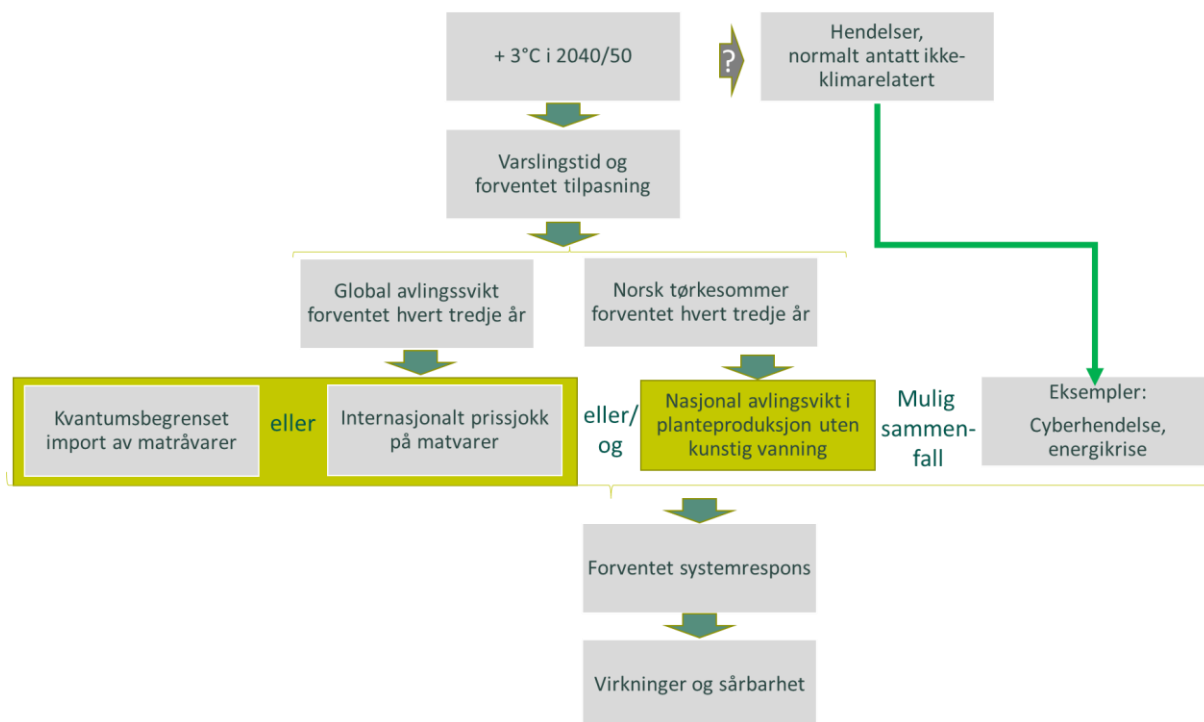
6.2.1 Scenario: Tiårsperiode med høy forekomst av avlingssvikt

Sterkt økt forekomst av internasjonal avlingssvikt og nasjonale tørkesomme betyr at vi legger et høyt utslippsscenario og stor klimaendring til grunn. Det finnes ingen entydig sammenheng mellom grad av klimaendring og forekomst av global avlingssvikt eller nasjonal tørkesommer. Det er heller ingen enkel sammenheng mellom ulike grader av avlingssvikt globalt og nasjonalt, og tilpasningen i globale markeder for matråvarer. Beskrivelsen av sammenhengene mellom utslippsscenarioene og klimaframskrivningene til IPCC og våre scenarioantagelser kan derfor ikke bli presis.

Det er likevel grunn til å knytte vår scenariobeskrivelse til ytterpunktet av klimaframskrivningene fra FNs klimapanel og Norsk klimaservicesenter (se omtale i kapittel 3). Vi har valgt å omtale scenarioet som en konsekvens av en temperaturøkning på 3°C rundt midten av århundret.

Globalt er en slik temperaturøkning i denne perioden (2041-2060) sammenlignet med førindustrielt nivå (1850-1900) kun representert i den øvre grensen for sannsynlig oppvarmingsintervall i det høye klimascenarioet SSP5-8.5 (Tabell 3.1). Det betyr for det første at vi antar at de globale utslippene beveger seg i den høye utslippsbanen RCP8.5. Og, videre, at vi antar at temperaturøkning langs denne utslippsbanen nasjonalt i perioden (2041-2060), sammenlignet med senere tid (1971-2000), ligger mellom medianen og øvre grense for sannsynlig oppvarmingsintervall (Tabell A.5.2 i Hansen Bauer & al (2015)). Scenarioet er derfor beskrevet som en konsekvens av en utvikling i ytterkant av det mulighetsområdet som er skissert, og antatt å representere store potensielle konsekvenser for bioproduksjon (jf. Kapittel 4). Det betyr imidlertid ikke at det også langs mer moderate utslippsbaner finnes positiv sannsynlighet for både tre graders oppvarming og, ikke minst, høy forekomst av avlingssvikt som følge av klimaendring.

Figur 6.1 inneholder en konseptuell beskrivelse av scenariet. Global avlingssvikt forekommer oftere, og vi får også oftere tørkesommer i Norge. Det siste beskriver vi som en vekstsesong lik den Norge hadde i 2018. Disse to kan opptre sammen eller hver for seg.



Figur 6.1 Scenario: Tiårsperiode med høy forekomst av avlingssvikt

Som det fremgår av figuren er scenariet beskrevet som høy forekomst av hendelser som global avlingssvikt og norsk tørkesommer (nivå tre i figuren ovenfor) som gir avledede hendelser (fjerde nivå) som påvirker matsystemets tilpasninger og kan avdekke sårbarhet.

Global avlingssvikt gir seg her utslag i prissjokk eller fysisk vareknapphet i form av kvantumsbegrenset import av matråvarer som korn og oljevekster til mat og fôr, det vil si to ulike hendelser. I de første tilfellene med alvorlig, global avlingssvikt kan kraftige prisutslag føre til at aktører i råvaremarkedet stanser handel fordi prisene beveger seg lite på neste ledd, eller at markeder for terminkontrakter slutter å fungere. Over tid er det grunn til å anta at private aktører igjen håndterer avlingssvikt via ordinære markedsmekanismer. Utviklingen kan sammenlignes med distribusjonen og handelen med vaksiner i første del av covid-19-pandemien og senere i pandemien. Vi antar at vanlige markedsinstitusjoner med mulighet for terminhandel og effektiv risikohåndtering vil bli gjenopprettet. Dermed forventer vi også at markedsutslag, som kraftige prisøkninger over tid, vil erstatte kvantumsbegrenset import.

Konsekvensen av tørkesommeren 2018 var en avlingssvikt i produksjon av korn og gras på anslagsvis 40 prosent (Ring & Hjukse, 2019). I tillegg rammet tørken i noen grad også produksjon av poteter og frilandsgrovnnsaker, avhengig av omfang av kunstig vanning. Ved nasjonal avlingssvikt som enkeltstående hendelser forutsetter vi at forholdene i de globale matvaremarkedene er normale, det vil si at verdenshandelen fungerer som normalt og at prisene ikke påvirkes av situasjonen i Norge og våre naboland.

Det er urealistisk å legge til grunn at hendelser som disse alltid opptrer enkeltvis (Boks 6.1). Vi har derfor også en drøfting av sammenfall av hendelser, både klimarelaterte og andre, i avsnitt 6.2.5. Det kan tenkes at det også kan være en sammenheng mellom klimaendring og sannsynlighet for slike andre hendelser uten at vi drøfter dette nærmere her (jf. Pilen øverst Figur 6.1).

Hendelsene spesifiseres nærmere i de neste avsnittene.

Sammenfall av begivenheter; illustrasjon av sannsynligheter.

Anta at sannsynligheten for hendelsen internasjonalt prissjokk i dag er $1/15$, dvs. forventet å inntreffe hvert femtende år, at sannsynligheten for disruptiv cyber- eller energihendelse er den samme, dvs. $1/15$, og at de to hendelsene opptrer uavhengig av hverandre. I så fall kan vi anse sammenfall av de to hendelsene å opptre en gang i løpet av vel to hundre år. I *veldig høyt utslippsscenario: $+3^{\circ}\text{C}$ i 2041–60* antar vi at sannsynligheten for internasjonalt prissjokk øker til $1/3$. Med uendret sannsynlighet for disruptiv cyber- eller energihendelse, vil sammenfall av de to kunne forventes å opptre en gang i løpet av en periode på femti år. Sammenfallet fortjener i så fall en sentral plass i risikobasert samfunnsplanlegging (DSB, 2019). Siden vi antar at de klimarelaterte hendelsene, internasjonal produksjonssvikt og nasjonal tørke, begge kan opptre med sannsynlighet $1/3$, blir sannsynligheten for sammenfall av disse to lik $1/9$, det vil si at vi antar at samtidig nasjonal tørke som i 2018 og global avlingssvikt med internasjonalt prissjokk på jordbruksråvarer kan forventes å inntreffe innenfor scenariet en tiårsperiode rundt midten av århundret.

Scenariet med de nevnte hendelsene er basert på et veldig høyt klimascenario, men kan ikke avledes direkte av denne. Det er stor usikkerhet om effektene av de enkelte utslippsbanene (se eksempelvis drøfting av sannsynlighetsfordelingen for temperaturendring i NOU 2018:7, figur 4.4). Endringer i klimaparametere ved ulike klimascenarioer er for øvrig illustrert i kapittel 3, og effektene for produksjon av matråvarer er omtalt i kapittel 4 foran.

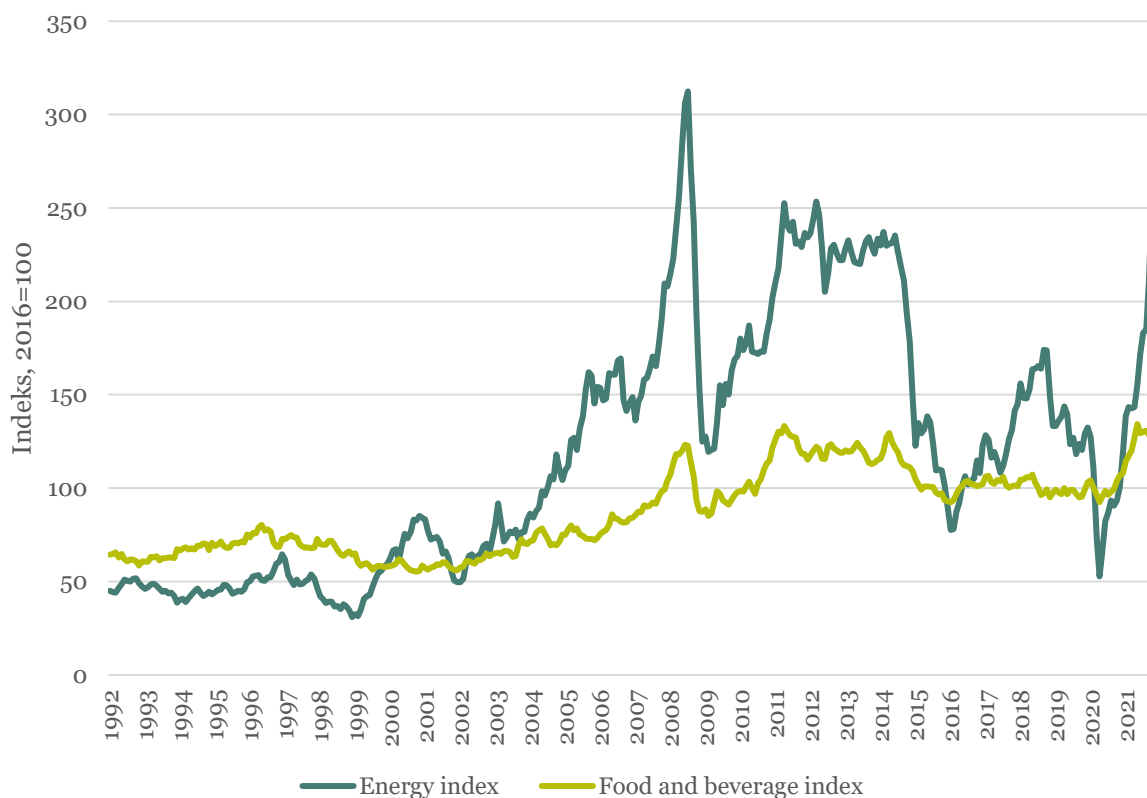
Veldig høyt klimascenario: $+3^{\circ}\text{C}$ i 2041–60 er bare ett av mange mulige scenarier. Ett alternativ er et midlere klimascenario med moderat temperaturendring. I et pågående prosjekt om bærekraftig husdyrhold, har NIBIO sammen med NMBU og Norsus også vurdert endringer i norsk jordbruksproduksjon fram mot 2040 med en moderat endring i klima. Ut fra klimaframskrivninger for Norge er det begrenset grunn til å anta store konsekvenser for primærproduksjonen i et slikt basisscenario. Med et visst positivt potensial for økt jordbruksproduksjon som følge av lengre vekstsesong, mener vi et slikt scenario vil ligge nær dagens situasjon justert for trendmessig utvikling og konsekvenser av varslede klimatiltak fram mot 2030. I studien av klimarisiko og matsystemer legger vi derfor til grunn at dagens situasjon med tilpasninger som følge av gjennomføring av utslippsreducerende tiltak spesielt i grovfôrbasert produksjon og matvareforbruk, er tilstrekkelig representativ for sammenligning med et scenario med veldig høyt klimascenario i perioden 2040–60.

Veldig høyt klimascenario: $+3^{\circ}\text{C}$ beskriver en periode med høy frekvens av klimarelaterte hendelser som internasjonale prissjokk, kvantumsbegrenset import, nasjonale tørkesommer. De tre hendelsene beskrives nærmere nedenfor, mens Figur 6.1 indikerer rommet for hendelser utover dem vi drøfter her.

6.2.2 Hendelse 1 – internasjonalt prissjokk

I dette avsnittet drøfter vi hendelse 1 – internasjonalt prissjokk. Først redegjør vi for bakgrunnen for hendelsen, så konkretiserer hendelsen blant annet med kvantitative antagelser, før vi til slutt drøfter realismen i antagelsene.

Siden andre verdenskrig har verden nytt godt av vekst i verdens matvareproduksjon og langvarig reduksjon i reelle matvarepriser. Figur 6.2 viser utvikling i råvareprisindekser for energi og matvarer fra 1992 til 2021, med månedlige tall. Siden 2000 har matvaremarkedene vært mer turbulente med sterke fluktuasjoner, men fluktuasjonene i matvareprisene har i stor grad vært en del av brede sykluser for råvarepriser. Energiprisene har fluktuert sterkere enn matvareprisene. Mot slutten av 2021 er vi igjen i en slik situasjon med sterkt økte energipriser og råvarepriser på de fleste områder.



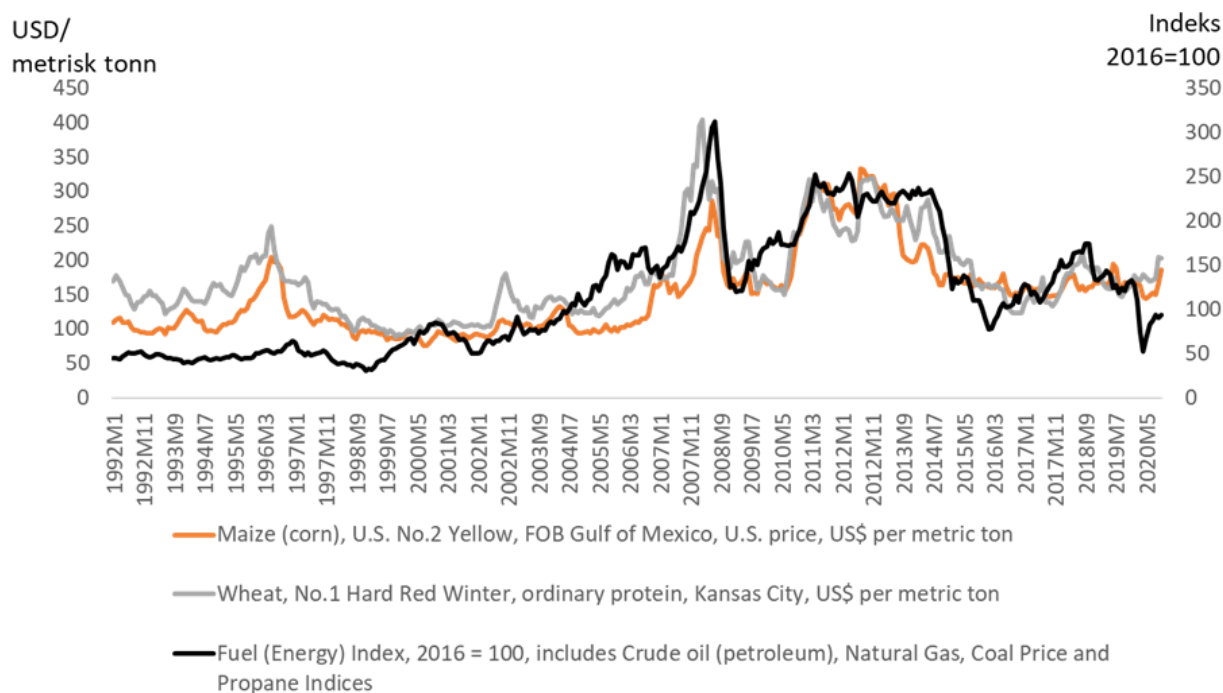
Figur 6.2 Råvareprisindekser – månedstall 1992-2021, mat og energi. 2016=100

Kilde: IMF Commodity price statistics, hentet fra www.data.imf.org

Når vi ser på enkelråvarer som hvete og mais, ser vi sterkere prisutslag enn for aggregerte produkter som matvarer. Det er ikke ukjent at pris på hvete og mais i verdensmarkedet kan flerdobles over kort tid, men endringen vil sjelden vare lenge. I en fersk rapport fra Vista Analyse vises at den internasjonale hvetepriser siden 1959, og sannsynligvis helt siden 1841, har hatt maksimale prisutslag i størrelsesorden tre ganger normalnivået (Riekeles, Hoel, Rosnes, & Skjelvik, 2022). Samme rapport viser samtidig til at risikoen er økt og at sannsynlighetsfordelingen for priser på hvete internasjonalt er blitt mer «høyreskjev». Det gir økt sannsynlighet for mer ekstreme prisutslag.

Det er grunn til å forvente at sterk global oppvarming fra mot midten av århundret vil øke sannsynligheten for sterke prisutslag ytterligere. Et annet forhold som kan bidra til at prisutslagene blir sterkere, er en politisk motvilje mot å leve med risiko for knapphet på matråvarer. Slik motvilje kan føre til oppblåste prisvariasjoner, dvs. prisutslag utover det som kan forklares ved endring i faktisk etterspørsel og tilgjengelige mengder (Jansson & Wilhelmson, 2022). En slik effekt er antydnet for prisutslagene etter mars 2022, og det er ikke urimelig å anta at en slik «frykteffekt» kan øke med tiltagende global oppvarming.

Ved hendelse 1 «prissjokk på matvarer» antar vi ekstraordinære effekter: For det første en hittil ekstraordinært sterk prisøkning, og, for det andre varigheten, at prisøkningen er et gjennomsnitt for et helt år. Det siste er antagelig det mest ekstreme ved hendelsen og innebærer stor sannsynlighet for prisene innenfor året vil være vesentlig høyere enn det antatte gjennomsnittet.



Figur 6.3 Korn og energi. Råvarepriser for mais og hvete i USD per metrisk tonn, sammenlignet med prisindeks for energi, 2016=100. 1990-2020

Kilde: IMF Commodity price statistics

Sterke fluktuasjoner i matvarkedene siden 1990-tallet, spesielt rundt 2007 og 2012-13 (jf. Figur 6.3), er først og fremst uttrykk for syklusene i råvaremarkedene generelt. For perioden 1990-2020 følger energipriser og priser for basis kornvarer som hvete og mais hverandre tett, men samvariasjonen ser ut til å skyldes at både energi- og kornpriser har sterk samvariasjon med de generelle råvareprisene (se Pettersen & Kårstad (2021), som er i tråd med konklusjonen i for eksempel Baumeister og Kilian (2013).

Med klimaendringer mener vi det er grunn til å ta høyde for to nye utviklingstrekk. Det første er at siden klimarelaterte hendelser rammer primærproduksjonen direkte, er det grunn til å regne med at råvareprisendringene for matvarer i større grad kan fluktuere uavhengig av prisene på øvrige råvarer og energibærere. Også energipriser vil avhenge av vær, for eksempel vindforhold og kuldeperioder, men vi antar her at det ikke dermed blir stor samvariasjon i priser. Temaet kan fortjene nærmere analyse, siden det dreier seg om sannsynligheter for sammenfall av globale, eller i det minste regionale energikriser og matvarekriser i en situasjon med sterke utslag av klimaendring. En annen grunn til å studere dette nærmere er at norsk økonomi har høy eksponering både for internasjonale råvare- og energipriser. For det andre må vi ta høyde for at værvariasjonene blir sterkere og dermed utslagene på produsert mengde sterkere.

Boks 6.2 nedenfor beskriver hendelsen prissjokk på matråvarer innenfor et veldig høyt klimascenario for klimaendring.

INTERNASJONALT PRISSJOKK

Hendelsen: Importprisen for jordbruksvarer, dvs. råvarer, primært planteprodukter, inkludert kraftfôr, femdobles (priser øker med 400 prosent) i gjennomsnitt over tolv måneder. Importprisen for ferdige matvarer, dvs. bearbejdede jordbruksvarer, øker med vel 40 prosent av prisøkningen på jordbruksvarer, dvs. med 166 prosent. For eksport av matvarer, primært for sjømat, gjøres det konkrete antagelser om sammenheng mellom råvarepriser til akvakulturfôr og internasjonale produktpriser.

Frekvens: I henhold til klimascenariotet med +3°C i 2041–60 antar vi at en global avlingssvikt kan opptre hvert tredje år. Dette er både høy frekvens og store utslag sammenlignet med prisbevegelsene som er vist i Figur 6.3.

Utløsende hendelse: Hendelsen sannsynliggjøres av klimaendringer. Svake avlinger av korn og oljevekster i flere av de mest sentrale planteproduksjonsområdene i verden (f.eks. Nord- og Sør-Amerika, russisk, ukrainsk og kasakhstansk hveteproduksjon) grunnet ugunstige værforhold. Vi antar at avlingssvikten kan dreie seg om inntil 30 prosent reduksjon i avlinger av de viktigste kornvarene, oljevekstene og sukker globalt. Samtidig ekstremnedbør i en region og ekstrem tørke i en annen produsentregion er en tenkelig bakgrunn (jf. kapittel 3). Effekten forsterkes av eksportbegrensninger fra viktige produsentland for å begrense prisstigningen innenlands.

Konkretisering:

Jordbruksvarer er råvarer levert fra primærjordbruket i eksportland. Vi antar at importpris inkludert transport og forsikring, dvs. CIF, og toll, inn til Norge er 400 prosent høyere enn normalt.

Matvarer er varer levert fra næringsmiddelindustri inklusive drikkevarer og tobakk, i eksportland. Siden Norge importerer raffinert sukker, melasse og andre sukkervarer, og ikke sukkerroer eller -rør, kan vi anta at pris på importert sukker øker i samme grad som matvarer. Importpris CIF inkl. toll for matvarer øker med 166 prosent forutsatt at jordbruksråvarene normalt utgjør ca. 40 prosent av engrospris på ferdigvaren før og 80 prosent etter prissjokket, dvs. forutsatt at økte kostnader overveltes, dvs føres videre til senere ledd i leveringskjeden, uten økte marginer og andre kostnader i innenlandsk bearbejding.

Importen av kornvarer dekker også, i hovedsak, fôr til husdyr. For **fôrvarer** til norsk akvakultur antas at prisøkningen på fôrvarer dempes av mindre endring på marine fôrvarer som utgjør 25 % av fôrmaterialet (jf. kap. 4). Samtidig er råvareandelen av CIF-prisen for fiskefôr høyere enn for bearbejdede jordbruksvarer. Vi antar at prisen på fôrmaterialet til akvakulturfôr firedobles. CIF-prisen på ferdig fôr inn til Norge øker med 180 prosent som tilsvarer en bearbejdingsmargin på 40 prosent av fôrpris før prissjokket.

Prisovervelting nedover i verdikjeden for oppdrettsprodukter: Prisøkningen på råvarer og halvfabrikata overveltes, videreføres, nedover den innenlandske verdikjeden avhengig av prisfølsomhet i tilbud og etterspørsel. Eksportpriser er eksogent gitt i modellberegningen i avsnitt 7.6. Vi antar at verdensmarkedsprisen for norske akvakulturprodukter øker med samme sats som importerte matvarer; dvs. med 166 prosent. Det betyr at den tilnærmede bruttomarginen, dvs. differansen mellom produktpris og fôrpris i akvakultur, øker med 64 prosent og at fôrandelen av produktprisen øker fra 60 til 72 prosent. Alle prisendringer regnes på helårsbasis. Dette innebærer at det vil være svingninger innenfor året.

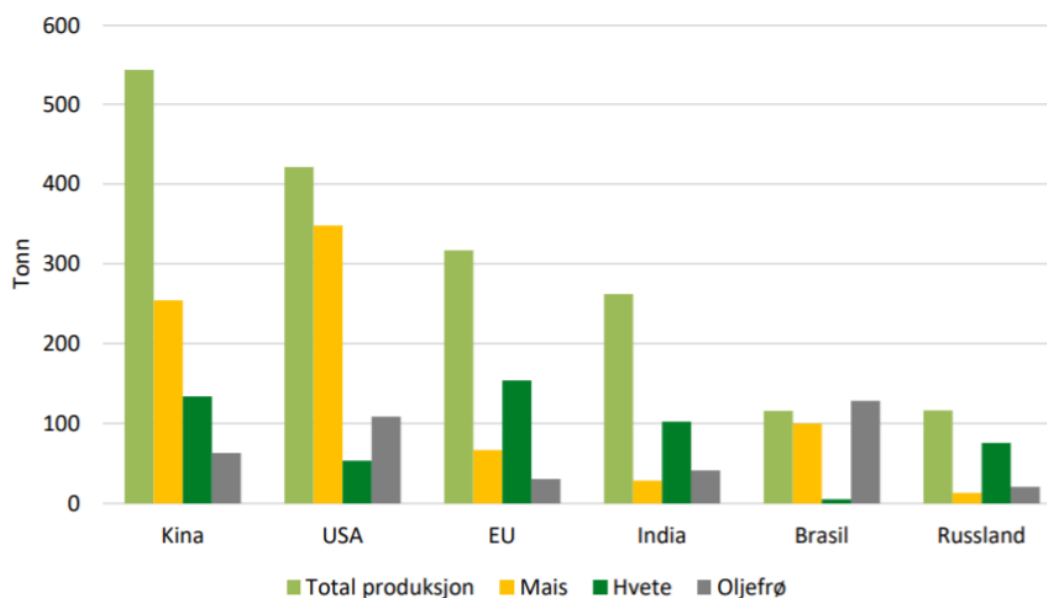
Referansebane: Drøftingen i kapittel 7 er dels kvalitativ med utgangspunkt i dagens matsystem (jf. avsnitt 5.3) og basert på en kvantitativ modell. Effekter sammenlignes i modellanalysen med referansebanen for år 2040 som tar hensyn til trender i bl.a. produktivitetsvekst, forbruk pr. capita og befolkning, med prisstigning nasjonalt og globalt mellom to og fire prosent årlig.

Tabell 6.2 viser prisantagelsene for råvarer, matvarer, akvakulturfôr og akvakulturprodukter. Fôr har en egen rad, siden dette er et bearbeidet produkt.

Tabell 6.2 Scenario: Internasjonalt prissjokk på jordbruksråvarer. Prisantagelser. Normert tall, alle råvareverdier i utgangspunktet lik 100. Gjennomsnitt for 12 måneder. Prosentvis endring fra referanse, Antagelsene er usikre og skjønnsbasert.

	Matvarer		Akvakulturfôr		Akvakulturprodukter	
	Referanse	Prissjokk endring	Referanse	Prissjokk endring	Referanse	Prissjokk endring
Råvarer	100	400 %	100	300 %		
Fôr					167	180 %
Bearbeidingsmarginene og div. varer og tjenester	140	0 %	67	0 %	112	64 %
Ferdigvarer	240	166 %	167	180 %	279	166 %

For at et slikt scenario skal kunne utspilles, må et hovedland eller flere sentrale produksjonsområder rammes samtidig. Figur 6.4 illustrerer fordelingen av produksjonen av korn og vegetabiliske fettråvarer på verdensbasis. For samlet produksjon er Kina det største landet, mens for hvete er USA størst. For mais, som primært er et fôrprodukt og dels også innsatsvare for produksjon av bioetanol, kan det være tilstrekkelig at for eksempel USA eller Kina opplever svært alvorlige tilbakeslag i produksjonen. For oljefrø og samtidig en vesentlig del av verdens produksjon av fôrprotein, er det Brasil som er den viktigste produsenten med avgjørende betydning for verdensmarkedets utvikling.



Figur 6.4 Produksjon av korn og oljefrø i seks hovedregioner. Millioner tonn, prognose 2019.

Kilde: Jarli (2020) basert på FAO-statistikk

Sukker er ikke dekket av figuren ovenfor. Produksjon av sukkerråvare er konsentrert om to regioner. Produksjonen av sukkerrør og sukkerroer, er ganske jevnt fordelt mellom Sør-Amerika, med noe over 50 prosent, og Asia, med litt over 40 prosent, ifølge FAOSTAT. Når det gjelder tilgang på fett, som i Norge dekker anslagsvis en tredel av befolkningens kaloriinntak, er kildene først og fremst fôrvarer, det vil si korn, oljevekster, marint mel og fiskeolje, samt proteinprodukter som foredles gjennom husdyrproduksjon og akvakultur, meieri-, margarin- og kjøttindustri (jf. avsnitt 5.5). En begrenset del av fettbehovet dekkes, så langt vi kan se, av vegetabiliske oljer til humant konsum direkte eller som ingrediens i margarinproduksjon. Det vil si at vi, grovt sett, dekker grunnlaget for forsyning av fett gjennom analysen av markedet for korn, oljevekster og fôrvarer. Ifølge Helsedirektoratet (2021) er de største kildene til fett i kostholdet melk og meieriprodukter, kjøtt, margarin og annet spisefett.

Lav prisfølsomhet i global etterspørsel

Prisantagelsene er basert på skjønn. Det gjelder ikke bare de antatte prisutslagene i verdensmarkedet, men også overveltingen nedover i verdikjeden. Vi antar altså at prisøkningen på engrosleddet bare er 40 prosent av prisøkningen for matråvarer, som for Norge primært er korn og sukker. Dersom man i stedet antok at bearbeiding og øvrige innsatsfaktorer økte proporsjonalt med råvarekostnaden, vil prisøkningen på engrosleddet bli to til tre ganger høyere enn antatt her. I tillegg må endring i tollsats tas med i beregningen. Tollavgiftene forventes å bli fjernet under et slikt prissjokk (se avsnitt 7.3.2), men effekten begrenses av at de ordinære tollsatsene inneholder såkalt 'luft', som betyr at importpris pluss toll ligger over innenlandsk pris, og at det derfor, spesielt for kornimporten, anvendes auksjonerte importkvoter eller importkvoter med nedsatt tall for å balansere markedet innenlands (Pettersen, 2016).

Matvarer er nødvendighetsgoder og dessuten politisk sensitive produkter. Etterspørselen etter matvarer er lite følsom for prisendringer. Ved kraftige prisendringer kan man i tillegg få motsatt etterspørselsreaksjon av hva som normalt forventes på grunn av hamstring. Tomme mathyller og prissjokk stimulerer da etterspørselen ytterligere og forsterker krisefenomenet på kort sikt, utover det som kan forklares ved underliggende markedsforhold.

Etterspørselastisiteter er et mål på etterspørselens prisfølsomhet.²⁴ Internasjonale databaser for etterspørselastisiteter for matvarer, som databasen til USDA, gir grunnlag for å anta at etterspørselastisiteten for eksempel for korn vil ligge under -1 i absolutt verdi, for enkelte land kanskje ned mot -0,2.²⁵ Det betyr altså at etterspørselen synker med mellom to og ti prosent om prisen øker med ti prosent.

I den kvantitative analysen i 7.6.2 indikerer resultatene betydelig følsomhet i etterspørselen, noe som skyldes blant annet at modellen beregner en langsiktig effekt som måles i faste priser (altså ikke i kg eller mengde kalorier), og hvor substitusjon mellom varegrupper med ulik pris kan spille vesentlig rolle.

Dersom vi antar at den utløsende hendelsen reduserer den globale tilførselen av basisjordbruksråvarer med 30 prosent, vil en prisøkning på 400 prosent implisere en ekstremt lav prisfølsomhet på mindre enn -0,1 i absolutt verdi. Det finnes neppe statistikk som kan begrunne så lav priselastisitet, slik at scenariet her må begrunnes med forsterkende endringer i atferd som hamstring på globalt nivå, for eksempel ved at enkeltland bygger nasjonale lagre som reaksjon på tilbudssvikten, og eksportbegrensninger i viktige produsentland.

²⁴ Etterspørselastisitet angir endringen i etterspørsel mengde (målt i prosent) når prisen øker med 1 prosent. En elastisitet på -0,2 betyr med andre ord at når prisen øker med 1 prosent, reduseres etterspørselen med 0,2 prosent. Alternativt: når prisen øker med 10 prosent, reduseres etterspørselen med 2 prosent. Etterspørselastisiteten er nesten alltid negativ: økt pris fører til lavere etterspørsel.

²⁵ Kilde: USDA Demand Elasticities From Literature. Hentet 10.12.21 fra <https://data.ers.usda.gov/reports.aspx?ID=17825>

Lav prislefølsomhet i tilbud på kort sikt

Avlingsnivåene innenfor en sesong med normale værforhold er i all hovedsak bestemt av hvor mye som er tilsådd i store produksjonsland, bruk av gjødsel med mer. Brå prisendringer kan med andre ord ha betydning for kommende sesong, men neppe konsekvens for nærmeste innhøsting. I de viktigste produksjonsområdene kan det være to innhøstinger årlig, og sesongene på den sørlige halvkule er annerledes enn på den nordlige, noe som gir noe, men begrenset tilpasningsevne i løpet av året.

Også her viser den kvantitative analysen i avsnitt 7.6.2 betydelig følsomhet, det vil si en sterkere økning i norsk jordbruks- og matproduksjon generelt enn det vi kan anta på kort sikt. Det er da grunn til å minne om at modellen beregner en langsiktig effekt som måles i faste priser, og mat som inneholder både sjømat og jordbruksbaserte matvarer. På lang sikt er det grunn til å forvente større endring både i produksjon og forbruk fordi atferd endres gradvis over tid, f.eks. ved at produksjonsutstyr skiftes ut og forbrukerne opparbeider nye matvaner. Det er også grunn til å regne med at evnen til å erstatte jordbruksbaserte matvarer med sjømat, øker jo lengre tidsperspektiv som legges til grunn.

Høy følsomhet i politiske regimer

Historien viser at politiske regimer er følsomme for store endringer i matpriser (Grue, 2014). Påviste konsekvenser er at store eksportørland kan innføre eksportbegrensninger som skal hindre at innenlandske konsumenter eksponeres for de prisendringene man opplever internasjonalt (Botnan, 2015). Slike restriksjoner forsterker prisendringene i de åpne internasjonale markedene. Dersom viljen til å bygge beredskapslagre vokser i situasjoner med stor usikkerhet om matforsyning, såkalt prosyklisk atferd, kan det som for det enkelte land fortone seg som rasjonell beredskapspolitikk, bidra til økt prisfluktusjon internasjonalt og altså økt global usikkerhet.

Spesielt om akvakulturfôr

For sjømatsektoren har sammensetningen av fôrråvarene (jf. Figur 4.8) betydning for forventet prisendring. Totalt regner vi med at det i 2016 ble brukt 1,6 millioner tonn fôrvarer i norsk akvakultur (Aas, Ytrestøyl, & Åsgård, 2019). Fram til 2020 er produsert laks og ørret økt fra 1,3 til nær 1,5 millioner tonn, ifølge Fiskeridirektoratet.²⁶ Vi antar at marine råvarepriser for fôr til akvakultur i mindre grad er påvirket av scenariet, mens sjømatprodukter øker i samme grad som matvarer generelt (jf. Boks 6.2).

Forholdet mellom endring i pris for fôrråvarer og produkter gir rom for økte marginer i akvakultur, tross sterk vekst i fôrkostnad. Begrunnelsen for en slik antagelse kan ligge i at endringen oppstår brått og forventes å ha begrenset varighet. Normalt vil endring i prisforholdet mellom jordbruksvarer og sjømat påvirke sammensetningen av kostholdet. I dette tilfellet antar vi at de råvarene som brukes til fiskemel og -olje til fiskefôr, i begrenset grad overføres til matkonsum selv innenfor en tiårsperiode. Dermed kan marine fôrråvarer få en annen prisutvikling enn jordbruksbaserte fôrråvarer, samtidig som sjømatprodukter prises ut fra prisen på andre matvarer.

6.2.3 Hendelse 2 – mengdebegrenset tilgang på matråvarer

Mengdebegrenset tilgang på matråvarer skyldes samme utløsende hendelser som internasjonalt prissjokk på matvarer. Mengdebegrenset tilgang kan beskrives som en situasjon hvor Norge får kvoter hos store eksportører eller eksportland. Scenariet kan knyttes til en form for statshandel (se avsnitt 6.1), hvor statlige myndigheter eller statsforetak beskytter innenlandske forbrukere og tilgodeser visse handelsforbindelser med tilgang til bestemte mengder matråvarer.

²⁶ Fiskeridirektoratet, Akvakulturstatistikk. Hentet 10.12.21 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier>

Den bakenforliggende årsaken til hendelsen er felles, men det er virkemidlene og rollen for markedsmekanismen som er ulik. Hensikten med å se på begge scenariene er at mengdebegrensningen gir andre utfordringer når det gjelder den innenlandske håndteringen. Vi vet ganske mye om hvordan kraftige prisendringer slår ut i et marked, men mindre om hvordan kvoter tildelt av store eksportland og av stor verdi for norske råvarekjøpere, skal fordeles mellom aktører på ulike ledd i verdikjeden, og dermed, indirekte, mellom forbrukere. Denne rasjoneringen med knappe matråvarer skal foregå i en situasjon hvor Norge siden årtusenskiftet har vært uten et system for rasjonering av matvarer. Samtidig vil en situasjon med kvantumsbegrenset import og vesentlig reduserte importerte mengder, antagelig skape et misforhold mellom de reelle verdiene av korn- og planteprodukter, og de prisene som er fastlagt i avtaler mellom produsenter og staten. Pristilpasningen i markedet skaper stor usikkerhet og kan her bare skisseres med noen illustrerende vurderinger.

MENGDEBEGRENSET IMPORT AV JORDBRUKSRÅVARER

Hendelse og varighet: Importen av plantebaserte jordbruksråvarer, matkorn, fôrkorn, belgvekster og oljefrø, samt sukker og sukkervarer, må reduseres med 40 prosent av normalt volum, for en periode på tolv måneder. Import av ferdige fôrvarer til akvakultur reduseres med en tredel. Vi antar med andre ord, på usikkert grunnlag, andre rammer rundt handelen med fôrvarer for akvakultur og husdyr. Innhøstingen i Norge gir normale avlinger. Preiseffektene innenlands skaper stor usikkerhet. Det skjer kun begrensede prisendringer på råvareleddet for norske primærprodusenter offisielt, men det finnes parallelle, uoffisielle omsetningskanaler hvor prisene varierer på høyere prisnivåer. Hendelsen antas å kunne opptre hvert tredje år i scenariet.

Utløsende hendelse og frekvens: De utløsende hendelsene er som for prissjokk på jordbruksråvarer. Vi antar at avlingssvikten kan dreie seg om inntil 30 prosent reduksjon i avlinger av de viktigste kornvarene, oljevekstene og sukker globalt. Her reagerer eksportører og eksportregimer med kvantumsbegrensninger som fordeles på enkeltland. Tilgangen til Norge er noe lavere enn for verdens gjennomsnitt på grunn av våre internasjonale forpliktelser til å bekjempe hunger gjennom FN-systemet. Situasjonen forventes langs høy utviklingsbane å kunne opptre hvert tredje år.

Konkretisering: Import av matkorn reduseres med ca. 60 000 tonn til 100 000 tonn regnet ut fra 2020-tall; fôrkorn med 320 000 tonn til 480 000 tonn, sukker og sukkervarer med mellom ca. 90 000 og 120 000 tonn. Priser og tilskuddsordninger innenlands demmer opp for norsk eksport av korn og andre planteprodukter (se avsnitt 7.3.2 og 7.4.2).

Import av fôrvarer til norsk akvakultur reduseres med nær 600 000 tonn til 1 300 000 tonn.

Begrensningene i tilført importmengde forventes etter hvert å opptre hvert tredje år, men den enkelte hendelsen kan bare i noen grad varsles. Vi antar at avlingssvikten, som i stor grad dreier seg om produksjon på den nordlige halvkule, varsles i forkant av normal innhøsting i Norge, det vil si mens det fortsatt er usikkerhet om tilgangsprognosene i Norge.

Prisnivået for de rasjonerte importvolumene antas ikke å stige vesentlig, men den kvantumsbegrensede importen omsettes til markedspriser som gjenspeiler knappheten på produktene. Det iverksettes ingen rasjoneringsiltak for de begrensede importmengdene.

Det er mulig å kjøpe mel gjennom grensehandel, men butikkene i grenseregionen rasjonerer antall kg pr person.

Importerte mengder fôr og fôrråvarer til akvakulturnæringen fordeles i vanlige distribusjonskanaler uten statlig intervensjon. Det anses ikke aktuelt å forsøke å omfordele importerte fôrressurser fra akvakultur til husdyr eller humant konsum.

Prioritering av humant konsum framfor husdyrfôr overlates til markedet og prisjusteringer.

Referansebane: Hendelsen drøftes uten modellberegning, ut fra en sammenligning med matsystemet slik det fungerer i dag (jf. avsnitt 5.3).

Analysemetode:

Primært kvalitativ, med visse antydninger om kvantumsmessige og prismessige konsekvenser.

6.2.4 Hendelse 3 – nasjonal tørke som i 2018

Tørkesesongen 2018 er beskrevet i avsnitt 3.9.4 med både årsaker og konsekvenser. Selv om vi formulerer denne hendelsen som et nasjonalt scenario, må vi ta hensyn til at tørke i Norge som regel henger sammen med ekstreme værforhold i Norden og i Nord-Europa. Det er også risiko for at nasjonal tørkesommer kan falle sammen med en global avlingssvikt.

2018 var et enkeltstående år. Det er sannsynligheten for økt hyppighet av ekstreme værforhold som særlig preger klimaframskrivningene i kapittel 3. Dersom to sesonger med tørkesommer skulle etterfølge hverandre, vil betydelig reduksjon i husdyrbestanden som følge av redusert tilgang på grovfôr i en sesong skape andre effekter i etterfølgende år. Som del av scenariet for en tiårsperiode i løpet av perioden 2040–60 antar vi at tørkesommer kun gjelder for enkeltår, selv om det kan opptre flere ganger i løpet av tiårsperioden.

Boks 6.4 Hendelse, nasjonal tørkesommer

NASJONAL TØRKESOMMER, SOM I 2018

Scenariet: Norske avlinger av korn, oljevekster og gras reduseres med 40 prosent. Tilsvarende reduksjoner skjer også i andre nordiske land, men i mindre grad for Europa under ett.

Norske avlinger av andre plantevekster; grønnsaker, poteter, frukt og bær, er i liten grad påvirket på grunn av utstrakt vanning.

Verdensmarkedsprisene på korn- og fôrråvarer påvirkes lite.

Utløsende hendelse: De utløsende hendelsene er spesielt stabile høytrykk utover sommer og tidlig høst.

Konkretisering: Samlet mengde plantevekster reduseres med 40 prosent. Det skjer ingen reduksjon i produksjon fra drivhus og frilandsproduksjon med kunstig vanning. Kvaliteten på korn og gras er som normalt.

Alt bortfall av korn blir erstattet av import, både fôrvarer og matkorn. Bortfall av grasavlingene blir ikke erstattet av importert grovfôr, men andelen kraftfôr i fôringen, øker noe.

Krisen håndteres gjennom reduksjon av husdyrbestand for drøvtyggere og økt import av kraftfôr. Samtidig sørges det for stabile priser innenlands gjennom ekstraordinær markedsbalansering for overskuddskjøtt og reduserte tollsatser eller sterkt økte tollfrie importkvoter for korn og oljevekster.

Husdyrprodusentene kompenseres for ekstraordinære kostnader gjennom fremforhandlede tilleggsavtaler til gjeldende jordbruksavtale, inklusive kostnader til gjenoppbygging av husdyrhold for grovfôrbasert produksjon.

Analysemetode: Primært kvalitativ, med visse antydninger om kvantumsmessige og prismessige konsekvenser.

6.2.5 Sammenfall av hendelser og komplekse scenarier

Analysen av matsystemet i kapittel 5 indikerer en rekke forhold som kan true funksjonsevnen til matsystemet generelt og uavhengig av hendelser i primær råvareproduksjon – energitilgang, digitale systemer, tilgang på arbeidskraft med mer. I *veldig høyt klimascenario: + 3°C i 2041–60* øker sannsynligheten for slike hendelser. Selv om sannsynligheten for hendelser som truer funksjonsevnen til matsystemet, spesielt verdikjedene nedenfor primærleddet ikke skulle ha økt sannsynlighet i en slik situasjon, er risikoen for sammenfall økt i en grad som tilsier at slike sammenfall fortjener en sentral plass i risikoanalysen (jf. illustrasjon i Boks 6.1 i avsnitt 6.2.1).

For å illustrere sammenfall av hendelser, bruker vi hendelser som har stor evne til å redusere funksjonsevnen til matsystemet (jf. kapittel 5). Her bruker vi følgende hendelser i kombinasjon med global avlingssvikt som gir internasjonalt prissjokk på jordbruksråvarer:

- *Nasjonal tørke og internasjonal produksjonssvikt samtidig*: Hendelsene bak internasjonalt prissjokk og nasjonale tørkesommer som i 2018, kan, som nevnt, forventes å opptre samtidig i løpet av en tiårsperiode (se Boks 6.5). Dermed svikter en vesentlig del av grovfôrproduksjonen og nasjonal kornproduksjon samtidig som importprisene for matkorn, fôrvarer og sukker øker med anslagsvis 400 prosent sammenlignet med realprisene siste tiår.
- *Energikrise* er her illustrert ved avbrudd i strømforsyning i store deler av Sør-Norge som varer en uke innenfor en periode med internasjonalt prissjokk på jordbruksråvarer. Det betyr at leveringskjedene for matvarer og private lagre av matvarer som krever kjølekapasitet settes ut av drift i den grad strømforsyning over nettet ikke blir erstattet av strømaggregater drevet med alternativ energi.
- *Cyber-hendelse* representerer et problem med mange varianter og stort omfang. Scenarioberegninger utført av forsikringsmiljøet i Lloyd antyder at man kan stå overfor skadeomfang som bare i liten grad kan dekkes gjennom etablerte forsikringsordninger (CISA, 2020). Her brukes svikt i elektroniske betalingssystemer i to uker som eksempel. Det antas at problemet ligger i bankenes transaksjonssystemer, slik at det ikke er mulig midlertidig å erstatte elektronisk betaling med sedler og mynter i butikkene.
- *Reiserestriksjoner* som påvirker kapasiteten i primærproduksjon og foredling samtidig. Fra erfaringene i 2020 og 2021 er det velkjent at særlig hagebruksnæringen hadde utfordringer med tilgang på arbeidskraft. En vesentlig del av kjøttindustrien og sjømatindustrien er også avhengig av migrerende arbeidskraft, og vi antar at situasjonen er den samme rundt 2040 som i dag. Begrenset migrasjon av arbeidskraft kan skyldes smittesituasjoner, men det kan også tenkes endringer i avtaleforholdet mellom Norge og EU som begrenser migrasjonen sammenlignet med dagens frie bevegelse av arbeidskraft. De to situasjonene vil imidlertid trolig gi ganske ulike varslingsperioder og tilpasningsmuligheter.

Slik vi har beskrevet «veldig høyt klimascenario: + 3°C i 2041–60» er det det første sammenfallet, nasjonal tørkesommer som i 2018 samtidig med internasjonalt prissjokk for jordbruksråvarer, som kan regnes som en del av forventet variasjon innenfor et tiår. De andre eksemplene på hendelser som kan falle sammen med klimarelaterte hendelser, antas her å være uavhengige hendelser. Det er imidlertid usikkert. Vi ser for eksempel bort fra at betydelig klimaendring kan anses som en risikofaktor som kan true geopolitisk stabilitet og dermed øke sannsynligheten for både cyberhendelser og avbrudd i strømforsyningen (jf. avsnitt 6.2.1).

7 Matsystemets sårbarhet for klimaendring

Risiko er en funksjon av hendelser, sannsynligheter og sårbarhet (jf. avsnitt 1.2). Et systems sårbarhet eller robusthet beskriver dets evne til å tåle en påkjenning eller et sjokk og likevel opprettholde struktur og funksjoner (NOU 2018: 17). I dette kapitlet definerer vi først sårbarhet som en funksjon av tre faktorer, og formulerer en modell for analyse av systemets sårbarhet. Deretter analyserer vi matsystemets sårbarhet ved de tre hendelsene langs klimascenariet som er beskrevet i kapittel 6. I avsnittet om prissjokk inngår også en modellbasert analyse av virkninger på tvers av sektorer i økonomien.

7.1 Tapspotensial, forebygging og gjenoppretting

Sårbarheten for klimarelaterte hendelser er en funksjon av tapspotensial, tapsforebygging og gjenoppretting. Scenariet veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60, som er beskrevet i forrige kapittel, gir grunnlag for å skissere et tapspotensial, forventede tilpasninger slik systemet forventes å fungere innenfor et tiår i perioden, og systemets evne til å gjenopprette kapasitet i etterkant av en hendelse.

Tapspotensialet er et nettobegrep siden de fleste hendelser har gevinstpotensial for noen virksomheter og aktiviteter som vi normalt kan forvente blir utnyttet. Tapspotensialet vil fungere som et sjokk for matsystemet og gjennom normal markedstilpasning og innenfor etablerte reguleringsregimer føre til tilpasninger. Et forventet langt tidsrom mellom tidlige varsler med konkrete indikasjoner av tapspotensial og oppstått hendelse eller endring, bidrar til å gjøre hendelsesbeskrivelsene og scenariene spesielt usikre.

Sårbarhetsanalysen må i tillegg til tapspotensial også vurdere systemets forventede og normale evne til å forebygge varslede tap, og dermed begrense forventet tap og skade. Evnen til tapsforebygging skal vurderes ut fra hvordan systemet kan forventes å fungere fra 2040. Sannsynligvis vil det da ha kommet varsler om høy sannsynlighet for en høyere utslippsbane for klimaendring enn den som legges til grunn som mest sannsynlig i 2021 (jf. avsnitt 3.1 og allerede varslede avvik mellom nasjonale forpliktelser og mål om inntil 1,5 graders oppvarming).

Denne forventede, normale evnen systemet tillegges til å forebygge tap er noe annet enn de mulige forbedringene som kan utledes fra risiko- og sårbarhetsanalysen. Hensikten med risiko- og sårbarhetsanalysen vil være å vise behovet for og på hvilke områder det vil gi effekt med forbedring av systemets resiliens i møtet med klimarelatert risiko. Det vil si både evne til å varsle og konkretisere risiko tidlig, og til å iverksette tiltak som begrenser skadepotensialet og gir god evne til effektiv gjenoppretting.

Matsystemets primære formål er å ivareta matsikkerhet som kritisk samfunnsfunksjon. Et velfungerende matsystem er et felles gode for samfunnet, og dreier seg blant annet om matsikkerhet, trygg mat, landbruk over hele landet, og bærekraftig forvaltning av fiskebestander og kystsoner. Det er derfor viktig at tapspotensialet relateres til aktører på alle nivåer, fra enkeltforetak og konsumenter til myndigheter. Involvering av aktører fra ulike samfunnsområder i utviklingen av risiko- og sårbarhetsanalysen kan derfor være en forutsetning for både god forståelse og for å bygge evne til å redusere skadepotensial, og for å gjenopprette funksjoner etter en hendelse.

Gjenoppretting kan dreie seg om styrking av fysiske systemer og kompensasjoner for særlige tap, som også kan skyldes skadebegrensende tiltak. Hendelser som prissjokk på matvarer vil kreve omstillinger, nedprioritering av visse funksjoner og overføring av begrensede ressurser til nye funksjoner. I verdikjeden er det mulig at systemer som gjennomfører varebestilling og logistikk i en normalsituasjon, må erstattes av mer fleksible løsninger som kan ta hensyn til hamstring og liknende. Når situasjonen normaliseres, enten ved at en hendelse går over til å utgjøre en mer normal, varig del

av omgivelsene, eller erstattes av en kjent normalsituasjon fra før hendelsen, er det realiserste tapet avhengig av at normale løsninger erstatter de midlertidige.

Gjenopprettingen innebærer å reetablere funksjoner som erstatter nød- og kriseløsninger. Det krever ressursmobilitet, systemtilpasning og organisasjonstilpasning for øvrig. Arbeidsmarkedsordninger kan være viktige siden mobilitet av arbeidskraft kan være viktig. Spesielle løsninger for ansettelsesforhold, særskilte permisjonsordninger og midlertidige finansierings- og støtteordninger hører med til forhold som kan påvirke evnen til gjenoppretting.

Den andre oppgaven under gjenoppretting kan være å omfordele byrdene som oppstod som følge av en ekstraordinær hendelse. Avsnitt 5.3 viste at det vil være stor forskjell på opplevde byrder mellom ulike sosiale grupper. Det kan også være forskjell mellom sentrale og mer perifere regioner, mellom kyst- og innlandsregioner, og mellom næringsutøvere i ulike deler av matsystemet. I noen grad vil dette være en konsekvens av utfall av klimarisiko som kan karakteriseres som tilfeldige, og i noen grad fordelingseffekter som er relativt forutsigbare konsekvenser av markedsutslag, som for eksempel sterke prisøkninger.

7.2 Analysemodell for sårbarhet i matsystemet

Sårbarheten for sjokk er i forrige avsnitt sett som funksjon av tapspotensial, tapsforebygging på basis av varslet eller sannsynliggjort hendelse eller scenario, og evne til å gjenopprette gode funksjoner. I modellen som er vist i Figur 7.1. under, bruker vi matsystemanalysen til å belyse disse faktorene. Ytterst til venstre viser vi hendelser og sjokk i en høy utslippsbane. I sentrum av figuren viser vi faktorer som avgjør tilpasning i matsystemet, slik vi forventer at det vil være i 2040–60, og til høyre de faktorene som viser sårbarheten.



Figur 7.1 Fra sjokk til sårbarhet. Analysemodell for matsystemets sårbarhet

Det vil si at analysen av sårbarhet består av følgende:

- Konkrete beskrivelser av hendelser innenfor scenariet. Disse hendelsene er beskrevet i avsnitt 6.3.
- Forståelse av matsystemet 2040–60. Endringer i matsystemet fra i dag til 2040–60 er drøftet ganske overfladisk i avsnitt 5.3. Vi gjør ingen antagelser om grunnleggende endringer i det systemet som er beskrevet i kapittel 5, det vil si vi antar om lag samme innhold i både forhandlingsdel, politikk- og markedsdelen av matsystemet. I Figur 7.1 er dette beskrevet med en forhandlingsdel som blant annet omfatter jordbruksavtalesystemet, men hvor også markedsbalansering og

kompensasjonsordninger for primærjordbruket ved avlingsskade eller ekstraordinære kostnader innenfor en avtaleperiode, anses som aktuelle forhandlingstemaer. Grunnlaget for en slik antakelse er erfaring ved situasjoner med kraftig kostnadsvekst, for eksempel økningen i gjødsel- og strømpriser som i 2021–22, eller særlige tap av avlinger som i 2018. Forhandling kan dermed påvirke primærjordsbruksproduksjon og markedet for råvarer. I tillegg kan institusjonen jordbruksforhandlinger, som gir bøndene en avtalefestet eller sedvanevunnet rett til å forhandle om egne økonomiske vilkår, også påvirke opplevd risiko og investeringsvilje blant primærprodusentene.

- Politikken påvirker, i tillegg til forhandlingsdelen, også alle leddene fra primærproduksjon og import via allokeringen av jordbruksråvarer til forbrukertilpasningen. Under politikken ligger finanspolitiske rammer, tilsyn som Mattilsynet, Dagligvaretilsynet og Konkurransetilsynet, sosiale ordninger for konsumenter, politiske vurderinger av ekstraordinære virkemidler som rasjonering kontra prisfleksibilitet, og et utvalg andre politikkområder som kan påvirke matsystemet i en klimarelatert hendelse. Flere av disse faktorene er omtalt i systemanalysen i kapittel 5.
- «Lineær» sammenheng fra råvarer til forbruk: Modellen i Figur 7.1 ser tilpasningen på forbrukerleddet som en funksjon av endringen på råvareleddet og hvordan denne nedfelles i en allokering av råvarer gjennom mer eller mindre fri pristilpasning eller rasjonering, via matindustri og dagligvarehandel. Det er en enkel tenkning. I en mer realistisk modell bør det tas høyde for sosiale feedback-mekanismer som omtales også i samfunnsvitenskapen (se f.eks. Richardson (1991)). I slike modeller vil respons på for eksempel politiske tiltak blant samfunnsgrupper og andre interessenter påvirke både muligheten for visse tiltak og evnen til å fatte beslutninger for å gjennomføre tiltak.
- Sårbarheten vurderes ut fra åtte faktorer. Disse er, som vist i høyre del av Figur 7.1: (1) Institusjonell kapasitet som dreier seg om f.eks. et fungerende Mattilsyn, fungerende forhandlingsmodeller; (2) matvaresikkerhet, som hos FAO (2006) er definert som tilstrekkelig, trygg mat til priser som gir forbrukerne tilfredsstillende valgmuligheter; (3) helse, som dreier seg om trygg mat og utvalg av mat som gir muligheter for et kosthold i tråd med norske kostråd; (4) verdiskaping, som dreier seg om bidrag til nasjonalproduktet og sysselsettingen på de enkelte leddene i verdikjeden og en tredeling av primærleddet; (5) forbrukertillit som er et mål på forbrukerens grad av aksept av de løsningene politikerne legger grunnlag for og som utvikles gjennom samspillet i verdikjeden. Lav aksept kan forventes å gi seg utslag i sosial feedback som påvirker systemet, slik det er beskrevet i forrige punkt. Til sist har vi tre parametere for bærekraft: (6) regionaløkonomisk, (7) miljømessig og (8) sosial bærekraft. Den første og den siste dreier seg om bestemte sosiale grupper og interessenter blir særlig skadelidende, eller om det oppstår særlig store forskjeller i utbytter og tap som truer samholdet i samfunnet. Både klimatiltak og klimatilpasning slår ulikt ut for forskjellige regioner og sosiale grupper. Det samme gjelder klimarisiko. Miljømessig bærekraft dreier seg særlig om plante- og dyrehelse, og opprettholdelse av jorda, kystområdenes og havets produksjonsevne.

Antakelser om matsystemet i 2040–60 med en «veldig høy utslippsbane» ligger således til grunn. Neste avsnitt drøfter forventet tilpasning i forhandlings- og politikkdelen av matsystemet, mens avsnitt 7.4 ser på tilpasning og funksjonalitet i verdikjeden, inklusive institusjonene som overvåker, dokumenter og eventuelt kontrollerer tilpasningen i verdikjeden.

7.3 Politikk og forhandling, veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60

Systemegenskapene påvirker effektene av hendelsene langs en høy utslippsbane med sterk klimaendring. Her omtaler vi punktvis hvert av systemelementene som er nevnt i Figur 7.1 for forhandlingsdel og politikkdelen.

7.3.1 Forhandlinger: Fire punkter

Som nevnt ovenfor spiller forhandlinger en rolle i store deler av næringspolitikken. Innenfor jordbruks- og matsektoren er forhandlingsinstituttet spesielt godt utviklet. Her drøftes punktvis fire elementer i forhandlingssystemet i matsektoren:

- *Jordbruksavtalen.* Normalt vil en hendelse opptre mellom forhandlinger, det vil si at det er lagt rammer for priser og tilskudd, som er grunnlag for primærproduzentenes tilpasning. Ut fra sedvane kan vi forvente at det vil skje tilleggsforhandlinger i en eller annen form når forutsetningene for avtalene endres vesentlig.
- *Markedsbalanseringen* skal sikre at prisene på jordbruksvarer blir i tråd med jordbruksavtalene. Ved sterke prisendringer for importerte råvarer vil markedsbalanseringen vanskelig kunne fungere, og vi legger til grunn at prissettingen også på norske produkter slippes fri, med unntak hvor norsk produksjon øker og truer med å bringe priser under avtalepriser. Det kan tenkes for kjøttprodukter dersom det oppstår behov for nedjustering av husdyrbestanden.
- *Ordninger for tapsbegrensing i norsk primærjordbruk:* Det finnes ordninger som kan tenkes å komme til anvendelse, for eksempel avlingsskadeerstatning. Det er imidlertid sannsynlig at rammene for kompensasjoner eksempelvis for ekstraordinære fôrkostnader og nedslaktning av besetning går utover disse ordningene, og at erstatninger og tapsbegrensinger blir gjenstand for egne forhandlinger (jf. punktet om jordbruksavtalen).
- *Importvernet* vil både være en del av forhandling og av politikk. Importvernet er formelt ikke et tema for jordbruksforhandlingene, men i realiteten er det avgjørende for evnen til å realisere priser, og blir dermed også i realiteten et diskusjonstema i forbindelse med forhandlingene. Handlingsrommet innenfor gitte multilaterale avtaler er imidlertid begrenset og gjelder først og fremst reduksjon av toll, såkalte administrativt nedsatte tollsatser. Det ligger i premissene for dagens markedsbalanseringssystem at toll blir redusert eller fjernet når innenlandske priser eller importpriser kommer over visse nivåer.

7.3.2 Politikk og forvaltning: Ti punkter

Politikken setter rammer for forhandlinger som er omtalt ovenfor. Politikken griper dessuten direkte inn for å korrigere tilpasninger i verdikjeden og forbruket. Politikkdelen omfatter forvaltningen med ti institusjoner eller institusjonelle rammer.

- *Finanspolitiske rammer:* Endringer i matvareforsyning kan gi sterke prisutslag og dermed belastninger på husholdningenes budsjetter (jf. avsnitt 5.3), tap i visse deler av verdikjeden og omstilling i bruk av arbeidskraft. For å redusere tap og utjevne byrder er det praksis for bruk av kompensasjonsordninger. Dermed vil også de finanspolitiske rammene spille en rolle både som begrensende for hvilke løsninger forhandlinger med primærprodusenter kan lede til, og for innføring av kompensasjonsordninger og indirekte virkemidler generelt. Det er for øvrig en ganske alminnelig erkjennelse når det gjelder risikohåndtering på nasjonalt plan at finanspolitisk handlingsrom er en forutsetning for god risikohåndtering: «Finansiell stabilitet innebærer at det finansielle systemet kan utføre sine oppgaver i samfunnet på en effektiv måte, selv om systemet blir utsatt for store forstyrrelser. En liten, åpen økonomi som den norske vil ofte rammes av forstyrrelser fra utlandet. Sårbarheter kan gi opphav til eller forsterke finansiell uro og økonomiske tilbakeslag når økonomien blir utsatt for forstyrrelser»²⁷
- *Mattilsynet (mattrygghet, dyrevelferd):* Tilsynsmyndigheten på matområdet har ansvar som berører flere av de velferdsgodene matsystemet skal levere, men primært matsikkerhet, gitt at dette

²⁷ Norges Bank. Makrotilsyn. Hentet 15.12.21 fra <https://www.norges-bank.no/tema/finansiell-stabilitet/makrotilsyn/>

omfatter trygg mat, human helse og miljømessig bærekraft. Videre skal Mattilsynet sikre mattrygghet gjennom hele verdikjeden.

- *Rådet for matvareberedskap* er en del av Nærings- og fiskeridepartementets kriseorganisasjon. Nærings- og fiskeridepartementet har et samordningsansvar for forsyningsberedskapen som involverer flere departementer og forvaltningsorganer (se Boks 7.1). Rådet for matvareberedskap er ett av rådene som skal bidra til robuste forsyningsystemer som blant annet kan motstå ulike hendelser som en situasjon med økt klimarelatert risiko. Rådet og de ressursene medlemmene representerer er det viktigste hjelpemiddelet departementet har i beredskapsplanlegging og krisehåndtering. Næringsberedskapsloven (LOV-2011-12-16-65) gir hjemmel for en hel rekke tiltak som kan iverksettes i samarbeid med rådet enten ved frivillige avtaler eller ved pålegg. Rådet er et etablert organ som kan drøfte varsler og hendelser som truer matvareforsyningen. Deler av arbeidet med næringsberedskapen kan være unntatt offentlighet. Næringsberedskapsloven skal sikre tilgang på varer og tjenester. Tiltak som svar på problemer som skyldes særlig høye matpriser, trenger andre hjemler.

Boks 7.1 Nærings- og fiskeridepartementets ansvar for forsyningsberedskap

Nærings- og fiskeridepartementets ansvar for forsyningsberedskap følger fag- og sektoransvar i forvaltningen. Departementet skal legge til rette for at næringslivet kan levere de varer og tjenester samfunnet etterspør i kriser. Næringsberedskapsloven er et «robust hjemmelsgrunnlag for å sikre tilgangen til varer og tjenester når samfunnet er utsatt for ulike former for påkjenninger. Loven vektlegger samarbeid mellom myndighetene og næringslivet, samtidig som den gir myndighetene hjemmel til å iverksette særskilte tiltak ved behov.» Departementet har etablert formelle samarbeidsråd med næringslivet som f.eks. Rådet for matvareberedskap, Rådet for drivstoffberedskap og Rådet for bygg- og anleggsberedskap, samt organ for skipsfart.

Kilde: Prop. 1 S 2021–2022 Nærings- og fiskeridepartementet s. 268

- *Rasjonering vs. prismekanisme.* Pris fordeler knappe goder etter betalingsvilje, rasjonering fordeler uavhengig av pris. Valg mellom rasjonering og pris må i praksis tas av politikerne, men etter ca. 1960 har vi liten erfaring med rasjonering med råvarer kontra å slippe prisdannelsen fri. Fra situasjoner med store endringer i strømpriser, som i 2021, eller i matpriser på 1970-tallet eller nå mer nylig, er det grunn til å anta at det er vilje til å la prismekanismen sørge for ressursallokering og heller bruke kompensasjonsordninger for å lette byrden for utsatte grupper av konsumenter og bedrifter. I håndteringen av strømkrisen vinteren 2021–22 er det valgt en kombinasjon av kompensasjoner som ikke berører pris til forbruker, og rene prissubsidier. Vi legger til grunn at prismekanismen blir brukt sammen med kompensasjonsordninger med noen få unntak som er nevnt i hendelsesbeskrivelsene. Et tilfelle med rasjonering av kornvarer innenlands kan for eksempel innebære at korn vil bli forsøkt fordelt først til human konsum, dernest til fôr til grovfôrbasert husdyrhold og til sist til kraftfôrintensive produksjoner. Vi legger da til grunn at fordelingen av fôrvarer til oppdrettsnæring skjer i et eget system.
- *Forbrukerkompensasjon – sosial sikkerhet.* Vi legger til grunn, som nevnt, at sosiale ordninger og kompensasjoner vil bli benyttet som en del av normal, forventet respons innenfor dagens system. Antagelsen er i tråd med erfaringen fra den aktuelle situasjonen med høye strømpriser. Det tar imidlertid tid å få på plass slike ordninger, og det er også vanskelig å treffe alle utsatte grupper konsumenter. Videre er det krevende å sørge for at alle har tilstrekkelig kunnskap til å tilpasse sitt forbruk av matvarer slik at kostnadene begrenses og et sunt kosthold opprettholdes så langt det er mulig.

- *Arbeidsmarkedsfleksibilitet.* Matindustrien kan komme i en situasjon hvor priser mot neste ledd ikke reflekterer raske endringer i råvarepriser, eller hvor det er reell knapphet på råvarer. I dag er det også knapphet på faglært personale til matindustrien. Legger vi til grunn at denne knappheten også finnes i 2040–60, vil bedriftene ha vanskelige valg når det gjelder å permittere kontra beholde kompetansen i bedriften. Det kan bli viktig med tiltak som sikrer fleksibilitet for bedriftene. Vi antar ut fra erfaringen fra covid-19-pandemien at det, som en del av det normale systemet, skapes ordninger som gjør det mulig å permittere med opprettholdelse av tilnærmet full lønn og at det blir støtteordninger som også gjør det mulig å beholde arbeidskraften i en periode med råvareknapphet eller unormalt ugunstige forhold mellom råvarepriser og ferdigvarepriser. For dagligvarehandelen er det mer usikkert om det vil bli lagt til rette for midlertidige ansettelser i den grad raske omstillinger gjør det nødvendig å endre bemanningen.
- *Konkurransopolitikk* omfatter her tre emner: Transparens/dokumentasjon om priser og marginer, horisontalt samarbeid og vertikalt samarbeid. Vi legger til grunn at konkurransemyndighetene opptrer omtrent som i dag, ved at det fortsatt ikke finnes gode kilder som dokumenterer endringer i priser og marginer langs verdikjeden. Vi antar at forbudene mot misbruk av markedsrett og konkurransebegrensende avtaler vil gjelde som normalt. Det kan hindre råvarekjøpere i å samarbeide om innkjøp, og aktører på andre ledd i å samordne sin respons på raske endringer i priser eller vareutvalg.
- *Sjømatregulering.* Norsk sjømatproduksjon reguleres gjennom begrensninger på biomasse i akvakultur og fiskerikvoter for fangst. I en situasjon hvor jordbruksbaserte matvarer rammes av avlingssvikt globalt kan det være sterke incentiver for å tilpasse både fangstkvoter og biomasserestriksjoner. Samtidig vil dette være spørsmål som berører viktige miljøhensyn. Vi antar at slike reguleringer ikke tilpasses som følge av de skisserte hendelsene.
- *Importvern* er drøftet ovenfor under forhandlingsdelen. Justering av importvernet ut fra aktuell prissituasjon kan ha stor betydning for prisendringene innenlands. I tillegg vil justeringer i andre ordninger, som prisnedskrivning for korn, ha betydning for hvorvidt norsk korn blir eksportert eller ikke.
- *Ivaretagelse av multilaterale forpliktelser, FN, EØS, WTO.* Vi antar som nevnt i gjennomgangen av hendelsene, at Norge bidrar til å prioritere matvarer til land som er hungersrammet, og at alle reguleringer som følge av EØS-avtalen, det vil si en rekke regler på matområdet, oppfylles. Det antas det samme for WTO-avtalen, men at man også kan utnytte handlingsrommet i WTO-avtalen til å gi ekstraordinære tilskudd til primærprodusenter som eventuelt går ut over de rammene som følger av WTO-avtalen om jordbruksvarer.

I analysens forutsetninger om forhandlingssystem og politikk, er det regnet med visse tilpasninger som vil redusere skadepotensialet. Først og fremst gjelder dette justeringer i tollvernet, sosiale støtteordninger og andre kompensasjonsordninger, og en viss tilrettelegging for fleksibilitet i arbeidsmarkedet. Disse forutsetningene er basert på erfaringer fra ekstraordinære situasjoner i nyere tid. Vurderingen av sårbarheten i neste kapittel skal indikere behov for å styrke slike og andre skadeforebyggende og -reduserende mekanismer.

Temaer som ikke er berørt innenfor rammene av denne analysen inkluderer detaljer i kompensasjonsordninger (f.eks. om matmomsen er et egnet virkemiddel), administrasjonen av tollvernet, tiltak for å hindre eksport og selve klimapolitikken. Det kan være god grunn til å regne med at med en veldig høy utslippsbane vil også forebyggingen av klimaendring få betydelig økt vekt. Det kan kreve bruk av skog og organisk materiale i jordsmønn for karbonbinding, som igjen kan påvirke markedene for jordbruksråvarer nasjonalt og internasjonalt.

7.4 Markedets tilpasninger og matsystemets sårbarhet

Drøftingen følger Figur 7.1. og bygger på forutsetningene om matsystemet. Nedenfor blir systemets sårbarhet vurdert mot de åtte sårbarhetsvariablene for hver av de tre hendelsene på en veldig høy utslippsbane. For hendelsen *prissjokk* vil vi i tillegg til den kvalitative drøftingen i dette kapitlet også vise en modellberegning av virkninger for norsk økonomi som helhet (avsnitt 7.6).

7.4.1 Verdikjeden som helhet

Sårbarhetsanalysen er oppsummert i Tabell 7.1. For hver av parameterne i analysen og hver av de tre hendelsene har vi angitt vurdert effekt i form av tap av evne til å ivareta de enkelte målene for matsystemet – og, i noen tilfeller, mulig gevinst. Tap og gevinst angis ved minus- og plusstegn. De to siste kolonnene angir systemelementer som har stor betydning for hvilke tap og skader som kan oppstå. Resten av avsnittet utdyper vurderingene i tabellen. Vurderingene er skjønnsmessige og usikre. Økt bruk av mer formelle og strukturerte modeller enn den vi har benyttet her vil kunne styrke sårbarhetsanalysen.

Tabell 7.1 Sårbarhetsanalyse langs Høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60. Forventet effekt indikert ved tap og gevinst, kritiske funksjoner og systemelementer. Hendelsene er 1: Internasjonalt prissjokk for jordbruksråvarer, 2: Mengdebegrenset import; 3: Norsk tørkesommer som i 2018

	Hendelse/effekt			Sentrale funksjoner	Faktorer som påvirker potensiell skade
	1	2	3		
Institusjonell kapasitet	-	-	-	Tilsyn Forhandlinger Administrasjon av tollvern Markedsbalansering	Finanspolitisk handlingsrom; Varslingsevne; Kapasitet i tilsyn; Dialog mellom avtaleparter; Transparens om priser og marginer; Markedsbalansering (kjøtt); Multilaterale avtaleforhold
Mat-sikkerhet	-	-	○	Forbrukeres kjøpekraft Vertikal prisovervelting	Finanspolitisk handlingsrom, Forberedte støtteordninger, Prisovervelting, Arbeidsmarkedsfleksibilitet,
Helse	-	-	○	Forbrukeres kjøpekraft Mattilsyn Informasjon om vareutvalg	Som over, pluss Forbrukeropplysning Reservekapasitet i Mattilsynet
Verdiskaping/sysselsetting totalt.	+/-	+/-	+/-	Råvaresammensetning / reseptutforming Risikohåndtering Prisovervelting Tilpasning i importvern Risikodeling i jordbruket Regulering av biomasse i havbruk Forventningsdannelse	Varslingsevne, fleksibilitet i råvaresammensetning. Risikoforståelse. Ansettelsesforhold/arbeidsmarkedsregulering. Reguleringssystem for fangs og akvakultur. Konkurransespolitikk. Mattilsyn. Internasjonale avtaleforhold / forpliktelser. Innovasjonspolitik. Mat- og fôrregelverk. Administrasjon av offentlig anskaffelser.
Forbruker-tillit	-	-	○	Dokumentasjon – forklaring. Forebygging av hamstring og tomme butikkhylle	Offentlig statistikk. Forbrukerinformasjon. Tilstrekkelige kompensasjonsordninger. Fleksibel logistikkstyring
Regional-økonomi	-	-	-	Kartlegging av effekter Omfordeling mellom regioner	Statistikk / dokumentasjon. Forskjeller i utvikling mellom regioner, både etter sentrum-periferi og type jordbruksproduksjon. Regionaløkonomiske omfordelingstiltak.
Miljømess. bærekraft	-	-	○	Intensivering av primærproduksjon. Biomasseregulering Tilsyns- og reguleringsprosesser	Incentiver i politikken. Tilsynsorganer Regelverk
Sosial bærekraft	-	-	○	Inntektsfordeling Arbeidsmarkedsregulering Konkurrans og prisdannelse I verdikjedene	Kompensasjonsordninger for konsumenter og primærprodusenter. Arbeidsmarkedsregulering. Forbrukerinformasjon

Under verdiskaping drøfter vi i det følgende ulike deler av matsektoren og verdikjeden spesielt. Listen er ikke fullstendig. En av næringene som ikke blir nærmere omtalt her, er reindriften. Reindrift er vår viktigste utmarksnæring vurdert ut fra arealbruk og, som vist i kapittel 4, sterkt utsatt for klimarisiko. Vi har imidlertid ikke i scenariet lagt spesiell vekt på faktorer som påvirker beiteforholdene i utmark, som for eksempel vinterbeite for reinsdyr. Det betyr ikke at problematikken ikke fortjener oppmerksomhet.

I de følgende avsnittene vurderer vi hver enkelt linje i Tabell 7.1 nærmere.

7.4.2 Institusjonell kapasitet

Mattilsynet, Rådet for matvareberedskap og Konkurransetilsynet kan få økte oppgaver. Store prisendringer eller nye kontraktsformer overfor internasjonale råvareeksportører kan føre til endringer i leverandørforhold, transportveier, valg av ravaresorter og fôrblandinger. Endrede råvarekombinasjoner og nye importerte matvarer skal tilfredsstillende samme, strenge matregelverk. Selv om overholdelse av regelverk ikke kontrolleres gjennom inspeksjon og prøvetaking, vil Mattilsynet være det organet som skal sikre at systemet fungerer og følge opp dersom det avdekkes avvik. Husdyrsektoren vil komme under press når det blir knapphet på eller langt høyere priser på fôrråvarer som eventuelt ikke kan overveltes i tilstrekkelig grad på industrien og forbrukerne. Oppfølging av dyrevelferd og -helse blir mer belastende fordi situasjonen er mer kompleks og omskiftelig.

Rådet for matvareberedskap er et organ som skal bidra til å sikre tilgang til matvarer under Nærings- og fiskeridepartementet. Ifølge budsjettproposisjonen drøfter rådet spørsmål som berører forsyningsevnen og -risikoen (jf. avsnitt 7.3.2). Det er usikkert om det foreligger noen vurderinger eller planlagte tiltak for hendelser som dem vi beskriver under en høy utslippsbane for klimaendring.

Konkurransetilsynet vil måtte vurdere behov for samordning horisontalt og vertikalt for å få til tilpasninger i verdikjeden, og vil antagelig også være det organet som forventes å kunne dokumentere og vurdere om situasjonen fører til uønskede endringer i fortjeneste på ulike ledd.

Myndigheter med ansvar for generell forsyningssikkerhet og matsikkerhet spesielt, skal løpende vurdere risiko for mer alvorlige situasjoner som logistikkbrist, leveringsstans med mer, og varigheten av den spesielle situasjonen. Landbruksdirektoratet skal ut fra sin vurdering tilpasse tollvernet for å dempe prisøkninger, beregne og effektivere eventuelle ekstraordinære tilskudd til primærprodusenter, og fungere som sekretariat for spørsmål knyttet til håndtering av overskudd av kjøttvarer når nedslaktning av husdyr skjer som tilpasning til knapphet på fôrvarer.

Den institusjonelle kapasiteten blir utsatt under alle tre hendelser. Kapasiteten er avhengig av spesialkompetanse og velutviklede informasjonsløsninger som det kan være vanskelig eller umulig å bygge opp på kort sikt.

7.4.3 Matsikkerhet

Matsikkerhet i Norge er i offentlige dokumenter som meldinger om landbruks- og matpolitikken beskrevet som en funksjon av kontinuerlig produksjon, ivaretagelse av produksjonsgrunnlaget og velfungerende handelssystem, inklusive fungerende logistikk (Landbruks- og matdepartementet, 2012; DSB, 2017). FAO har i tillegg til den generelle definisjonen av matsikkerhet (se kapittel 2.7), også etablert en matsikkerhetsskala for å etablere et mål for ulik alvorlighetsgrad av sviktende matsikkerhet (mat-usikkerhet) (FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, 2022). Denne skalaen skiller mellom moderat og alvorlig mat-usikkerhet, jf definisjoner i kapittel 2.7. Definisjonen av matsikkerhet fra FAO dekker altså både tilstrekkelig og tilgjengelig mengde, mattrygghet og overkommelige priser. Dette krever blant annet fungerende tilsyn (forrige avsnitt) og kompensasjonsordninger der husholdningsbudsjettene ikke er tilstrekkelige for å sikre et tilfredsstillende kosthold.

I våre scenarier oppstår det ikke situasjoner med utilstrekkelig tilgang på næringsmidler til å tilfredsstillende befolkningens behov for ernæring. Ved kvantumsbegrenset import hvor tilgangen på kornråvarer og oljevekster fra andre land synker med 40 prosent, vil det være mulig å omdisponere kornvarer fra husdyr til human konsum, og fisk fra eksport til nasjonalt forbruk. Samtidig vil det skje en reduksjon i husdyrbestand som øker tilbudet av kjøtt innenfor en periode på ett år. Dette vil være tilstrekkelig til å dekke behov for proteiner, karbohydrater, fett i befolkningen. For å beregne hvor stor del av husdyrbestanden som kan beholdes, kreves grundigere analyser.

Etablering av sirkulære produksjonssystemer som utnytter næringssalter og organisk masse i organisk avfall, slam med videre, vil kunne levere betydelig fôrmateriale med høyt protein- og attraktivt fettinnhold. På 20 års sikt er det god grunn til å regne med en betydelig industri på slikt grunnlag (se f.eks. Almås og Josefsen (2020) og Pettersen (2020)).

Matsikkerhet er også et spørsmål om fordeling av matressurser i en situasjon hvor husholdningsbudsjettene for en vesentlig del av befolkningen er utilstrekkelige. I vår beskrivelse av prissjokk, regner vi med at prisøkningen for matvarer på grossistleddet kan være mellom 100 og 200 prosent. Dersom marginene i prosent er uendret nedover i verdikjeden, blir matvareutgiftene mer enn doblet for uendret matkonsum. Om vi som et regneeksempel antar at et tillegg på 100 prosent i matutgiftene må dekkes for 20 prosent av konsumet i norske husholdninger, får vi et behov for kompensasjon på nær 40 milliarder kroner over et år. En mer nøyaktig kalkyle krever mer detaljerte data for privatøkonomi og matvareforbruk for ulike befolkningsgrupper. En grundigere vurdering må også ta hensyn til forbrukernes evne til å endre sammensetningen av matvareforbruket. En av de viktigste bufferne i en situasjon med knapphet på korn, er f.eks. at mer av kornet brukes direkte til humant konsum og ikke som fôr til produksjon av husdyrprodukter.

Det er ingen elementer i scenariene som peker i retning av ekstraordinær knapphet på spesielle matvarer av betydning for allergikere eller andre med spesielle matbehov. Vi tar forbehold om at det kan være sammenhenger mellom markeder for matråvarer og legemidler som ikke vi har fanget opp her. Det kan imidlertid tenkes ringvirkninger av utfordringer med plante- eller dyrehelse under ekstreme vekstforhold som kan skape knapphet innenfor andre sektorer, som for eksempel plantevernmidler eller veterinærmedisin.

Matsikkerheten er truet for vesentlige deler av befolkningen under omfattende internasjonal avlingssvikt, men ikke ved nasjonal tørkesommer. Grunnen er at vi her forutsetter at import kan erstatte norsk produksjon og at verdensmarkedene er stabile ved nasjonal tørkesommer. Det kan gi en utfordrende situasjon når det gjelder mattrygghet og dyrevelferd, som vi har omtalt under institusjonell kapasitet, men ikke for tilgang til tilstrekkelige kalorier, proteiner og fettsyrer.

I vår analyse vil det heller ikke være vesentlig forskjell på et internasjonalt prissjokk og kvantumsbegrenset import når det gjelder matsikkerhet. Vi legger til grunn at myndighetene ikke råder over velfungerende rasjoneringsvirkemidler for leddene i verdikjeden eller forbrukerne, og derfor vil bruke prismekanismene. Myndighetene vil stå overfor vanskelige avveininger mellom direkte regulering og rasjonering og å la prismekanismene virke fritt. Har antas man å ikke ville konfiskere eller dirigere anvendelsen av importpartier for selv å distribuere til lave priser, regulere importørens videresalgspriser eller utbetale produktsubsidier til aktører i verdikjeden (f.eks. grossistene) for å redusere pris til forbruker. Det ville uansett kreve tid å forberede slik atferd. Med økt statlig handel vil myndighetene kunne få direkte kontroll over importvolumer, men i tråd med vanlig håndtering av importkvoter som markedsbalanseringstiltak, antar vi at kvotene fordeles gjennom auksjon eller disponeres direkte av næringsaktører. Et tilleggsargument for å tillate prisendring er å hindre sløsing med de knappe matressursene. Løsningen vil uansett være kontroversiell og reise spørsmål om tillit blant forbrukerne (se eget punkt nedenfor).

Måltidsservering i offentlige institusjoner, i skoler, barnehager og på studiesteder, i forsvar og helsevesen, kan sikre sunt kosthold uavhengig av hvilken gruppe av befolkningen det gjelder, men samtidig er institusjonenes matservering også risikoutsatt i en situasjon med store prisendringer (se avsnitt om storkjøkken). Offentlig involvering i matservering i skolen er lite utbredt i Norge, for eksempel sammenlignet med Sverige.

7.4.4 Helse

Sterke prisøkninger eller usikker matforsyning kan også true befolkningens helse. Trusselen følger dels av budsjettbeskrankningene i husholdningene, og av evne til å sette sammen kostholdet på en

måte som ivaretar helsen. Kompensasjon for utilstrekkelige budsjetter er drøftet under matsikkerhet ovenfor.

Et tapsreduserende eller forebyggende tiltak som vi kan forvente blir tatt i bruk, er informasjon som bedrer forbrukernes evne til å opprettholde et sunt kosthold i situasjon med store endringer i matvarepriser og vareutvalg. Likevel er det risiko for at forskjellene mellom ulike samfunnsgrupper forsterkes ved at utslagene for helse kommer i tillegg til en mer krevende, i mange tilfeller u håndterbar budsjettsituasjon. I tillegg er det sannsynlig at evnen til å bruke informasjon om kosthold varierer med utdanning og dermed også med inntekt.

7.4.5 Verdiskaping og sysselsetting

Hendelsene i en høy utslippsbane for klimaendring gir muligheter for økt verdiskaping i en del sektorer, nedgang i delsektorer av jordbruket, og mindre forutsigbarhet for de fleste sektorer.

Prissjokk og kvantumsbegrenset import dreier seg om knapphet på matråvarer og endring i margin mellom råvarekostnader for produktpriser, samt justering av priser videre nedover i verdikjeden fram mot sluttkonsument. Med økende priser på planteprodukter legger vi her til grunn at planteproduktene vil gi mest verdi for pengene ved å konsumeres direkte. Det er imidlertid bare riktig i fysisk, ikke økonomisk forstand. Spørsmålet om i hvilken grad kostnader til fôr kan overveltes i produktprisene, det vil si at regningen «sendes videre» mot handelsledd og forbrukere gjennom prisøkninger på senere ledd, er komplisert. I de hendelsene med internasjonal avlingssvikt vil det være endringer i internasjonale priser som er avgjørende, siden alle matpriser kan antas å komme på nivåer som fører til at det norske importvernet mister sin effekt (jf. avsnitt 7.3.2).

Når det gjelder reindriften gjentar vi at hendelsene i scenariet ikke sier noe om de avgjørende faktorene for vinterbeite. En tørkesommer som rammer hele landet, vil påvirke fôrtilgangen på sommerbeite slik at vi der får noen av de samme effektene som for grovfôrbasert husdyrhold. Tørkesommer kan også føre til begrenset tilgang på fôr som grunnlag for vinterfôring av rein, noe som kan bli mer aktuelt under de klimaforholdene som er beskrevet i kapittel 3. Som nevnt er det grunn til å se nærmere på klimarisikoen for reindriften.

Jordbruk

Husdyrsektoren får, under våre antagelser, problemer med å overvelte økte fôrkostnader i pris til industri og forbruker uten vesentlig fall i omsatt mengde. Det betyr nedtrapping av husdyrproduksjon i hendelser med global avlingssvikt. Økt tilbud av kjøtt på kort sikt kan både nasjonalt og globalt føre til synkende priser på kort sikt, deretter økte priser. Dermed forsterkes utfordringene for kjøttsektoren. Det kan også på kort sikt bli overbelastning av slakterier, tilsyn med slakterier, og lagring/frysing av kjøtt. På lengre sikt vil behovet for kapasitet gå ned.

For planteproduksjonen generelt vil internasjonal avlingssvikt virke stimulerende. Hvorvidt situasjonen kan utnyttes til økt produksjon avhenger av når på året hendelsen oppstår og tilgang på innsatsfaktorer som areal, frø- og såvarer, gjødsel, plantevern og arbeidskraft som kan bidra til økt produksjon.

Høy utslippsbane innebærer først og fremst volatilitet med store svingninger primært i internasjonale priser, og, i noen tilfeller også i tilgjengelige mengder i form av mengdebegrenset import. Begge fenomener antas å vare kun et år, det vil si at hendelsene berører én norsk vekstsesong. Det gir risiko for feilvurderinger hvor den ene sesongen påvirker forventninger for neste sesong og fører til betydelig overproduksjon og for sterk nedbygging av husdyrproduksjon. Gevinstpotensialet for planteproduksjoner kan derfor svekkes av for sterk satsing etterfølgende sesong, overproduksjon og dermed prisfall og økt svinn.

Hendelsen norsk tørkesommer har primært konsekvenser for norsk jordbruk og jordbrukets verdiskaping. For andre ledd i verdikjeden og forbruket, gir importøkning tilfredsstillende

erstatninger. Som nevnt i avsnitt 6.3.3 kan avlingssvikten i planteproduksjonene være på minst 40 prosent, med unntak for drivhusproduksjon og produksjon med kunstig vanning. Tapene vil være betydelige.

Konsekvensene for husholdningsinntektene i jordbruket vil variere. Gårdbrukernes samlede inntekt er sammensatt, med i snitt 28 prosent næringsinntekt fra jordbruk i 2019, en andel som er synkende, og 42 prosent lønnsinntekt (avsnitt 5.5). For deler av planteproduksjonen, spesielt den delen av mer arbeidsintensiv grønnsaksproduksjon, frukt og bær, hvor det er dårlig tilgang til vanningsanlegg, og husdyrproduksjon, utenom småfe, kan vi anta at større deler av husholdningsinntektene blir påvirket, mens andelen er lavere for typiske kornprodusenter hvor jordbruksinntekten utgjør en mindre andel av jordbrukshusholdningens samlede inntekt.

Norsk tørkesommer gir ulike utslag for ulike husdyrslag. Det er grovfôrbaserte produksjoner, det vil si produksjon med drøvtyggere, som vil rammes av svikt i grasproduksjonen og små muligheter for import av grovfôr. For kraftfôrkrevende produksjon kan import av kraftfôr gi gunstige vilkår i det norske markedet siden det, over tid, antagelig blir redusert tilgang på storfekjøtt. Men situasjonen vil være turbulent, siden reduksjon av besetninger av storfe og sau, vil gi forbigående økninger i kjøtttilbudet innenlands.

Fiskeri og sjømat

Vi har i kapittel 6 beskrevet hendelsen internasjonalt prissjokk slik at det oppstår muligheter for økte marginer i akvakultur. Det samme er sannsynlig for situasjoner hvor statlig intervensjon i markedene fører til kvantumsbegrenset import av korn og fôrråvarer til husdyrhold og matindustri. Verdien for norsk akvakultur av en slik marginøkning øker dersom biomassen kan økes innenfor den perioden prisendringen varer. Mulighetene for slike økninger i biomassen er begrenset av to grunner. For det første fordi vekstperioden for oppdrettsfisk fra smolt til slakteferdig laks er for lang. Effekten kan dermed komme på et ugunstig tidspunkt. For det andre at økt biomasse vil reise usikkerhet om miljøvirkninger.

Det er heller ikke grunn til å tro at norske fiskerimyndigheter vil justere fangstkvoter for å ta hensyn til inntektsmuligheter som følge av internasjonal prisoppgang. Det nasjonale kvoteregimet er i hovedsak begrunnet og forankret i vurderinger av bærekraftig forvaltning av fiskestammene, og ikke i hva som er mest lønnsomt på kort sikt.

Dette betyr at gevinstpotensialet for fiskeriene ved internasjonal avlingssvikt for planteprodukter, ligger i en midlertidig priseffekt. Siden prisene settes internasjonalt, vil ikke norsk fiskerinæring ha noen effekt av avlingssvikt i Norge som en norsk tørkesommer.

Sirkulær bioøkonomi

Med sirkulær bioøkonomi menes her produksjon av næringsmidler til fôr eller eventuelt til humant konsum som skjer på basis av næringsstoffer og næringssalter som ikke kan konsumeres direkte av dyr eller mennesker. Vi har i avsnitt 5.5. indikert at disse produksjonene kan utnytte organismer som konsumerer næringssalter og CO₂ direkte, eller organismer som fordøyer organisk materiale som planter og animalske restmasser.

I det siste tilfelle er i dag regelverket sterkt begrensende. Begrensningene er begrunnet i hensyn til mattrygghet. Det foregår forskning og utprøving av en rekke metoder for å omdanne organisk restmasse, slam og matavfall på trygg måte. Det betyr at fremmedstoffer og potensielt skadelige proteiner, som prioner, skal fjernes før de tilføres fordøyelsen hos eksempelvis insekter, børstemark eller ordinære husdyr. Det er likevel fortsatt stor usikkerhet rundt muligheten for å ta i bruk organisk masse fra for eksempel naturgjødning, biorest, slam eller slakteavfall som substrat til proteinproduksjon gjennom produksjonsdyr. Omdanning av biomasse ved bruk av sopp, encellede organismer med mer kan ha større muligheter for å bli akseptert ut fra dagens regelverk.

I tillegg utvikles det en rekke produksjoner som utnytter grunnstoffene, lys og CO₂ fra fabrikkaneleg eller atmosfæren direkte, det vil si produksjoner som primært utnytter fotosyntese i nye, industrielle former. Disse produksjonene er i dag på utviklingsstadiet, og kostnadene ligger relativt høyt sammenlignet med alternative protein- og fettkilder, men de vil være robuste mot klimaendring, i stor grad også mot økt knapphet på ferskvann og dyrkbart areal. Produksjonen kan derfor bli lønnsom i situasjoner med avlingssvikt internasjonalt. De vil være utsatt for svingninger i lønnsomhet langs en høy utslippsbane for klimaendring, men kan tjene som en attraktiv produksjonsteknologi for å redusere risikoen for endringer i priser på tradisjonelle fôrvarer. Langs høy utslippsbane har vi antatt at global avlingssvikt kan forekomme hvert tredje år. Det betyr at en slik sikring kan bli lønnsom, ikke på grunn av gjennomsnittsforskningene, men som følge av den økte risikoen.

Industri

Matindustrien er Norges største industrisektor og dekker stor variasjon i teknologier, arbeidsintensitet og markedsorientering (Pettersen & Kårstad, 2021). Internasjonal avlingssvikt vil påvirke alle deler av matindustrien. Norsk tørkesommer vil også påvirke all ikke-sjømatbasert matindustri innenlands, men effekten er avhengig av evnen til å veksle fra norsk råvare på kjøtt- og kornsiden, til internasjonal råvare. Vi påpeker her tre typer effekter; variasjon i sysselsetting og dermed risiko for å tape kompetanse på sikt, behov for endring i råvaresammensetningen og produktreseptene, samt utfordringer med kostnadsovervelting – det å sende regningen for økte kostnader videre – i leveringskjeden.

Vi legger her til grunn at kvantumsbegrenset import av matråvarer gir seg utslag i økte priser innenlands. Det vil si at effektene i stor grad kan antas å være som for et internasjonalt prissjokk, selv om enkelte industriforetak antagelig selv vil kunne høste fordelene av eventuelle langsiktige avtaleforhold og tilgang på begrensede importvarer som gir fordeler sammenlignet med konkurrenter.

Sterke prisendringer vil gi endringer i sammensetningen av matvareforbruket, og beskjeftigelsen vil dermed variere gjennom perioden med prisendringer. Prisivolatiliteten betyr at beskjeftigelsen blir lite forutsigbar. Den matfaglige kompetansen i matindustrien er en knapp ressurs. Vi legger til grunn at dette er spesialkompetanse som det er knapphet på i samfunnet. Variasjoner i beskjeftigelse må derfor sikres ved bruk av internasjonal arbeidskraft. Fluktuasjoner i beskjeftigelsen med permitteringer og oppsigelser kan gjøre matindustrien mer sårbar for kompetanseressurser. Norsk tørkesommer vil først og fremst skape fluktusjon i beskjeftigelsen i kjøttindustrien, hvor ekstraordinær nedslaktning etterfølges av lav råvaretilgang.

For å dempe konsekvensen av nedgang i mengde råvarer eller sterkt økte råvarepriser, vil det være naturlig å utnytte muligheter for å endre sammensetningen av råvarebruken. Slik endring av produktrecepter skaper mange utfordringer, og mulighetene vil antagelig være begrensede på kort sikt. I tillegg til å skape problemer for merkevarer og differensierte matprodukter, vil endring i råvarebruk også føre til spørsmål om kvalitetssikring og mattrygghet. Det er for eksempel vanskelig å endre importleverandør av matråvarer, egg og kjøtt uten å risikere økt risiko for smittestoffer og andre matbårne sykdommer. Risikoen dempes ved at global avlingssvikt neppe trenger å gå vesentlig ut over vår selvforsyningsgrad for viktige produkter som melk og melkeprodukter, hvor vi har høy egenproduksjon. Risikoen gjelder imidlertid også kornvarer.

Den tredje risikofaktoren som gir sårbarhet i matindustrien og hele verdikjeden er eventuelle begrensninger for og tregheter i muligheten for overvelting av økte råvarekostnader på leddene nedstrøms i verdikjeden. Forhandlinger om prisendringer foregår med en viss regelmessighet og kan være omstendelige. Treghet i pristilpasningen kan føre til at industriens produksjon av visse varer stopper opp. I dag finnes det, så vidt vi kjenner til, ingen beredskap for å gripe direkte inn i prisdannelsen nedover i verdikjeden for matvarer, og slike inngrep vil også være krevende fordi store prisendringer også krever tilpasninger på dagligvareledet.

Dagligvarehandel

Dagligvarehandelen kan ha den relativt enkleste oppgaven sett fra et foretaksøkonomisk perspektiv, i hvert fall i scenariene som analyseres i denne utredningen. Det er sjelden en ulempe for omsetningsleddene at verdien av produktene øker. En grunn er at handelens marginer i prosent synker automatisk med mindre handelen justerer opp sine påslag i kroner. Uansett synker også etterspørselens følsomhet for økte marginer i kroner. Dersom det i utgangspunktet er markedsmakt for eksempel på engrosleddet, blir det rom for å ta ut mer i form av kronepåslag på varene. Dermed er internasjonal vareknapphet en situasjon som dagligvarehandelen kan håndtere så lenge prisene kan bevege seg slik at det ikke oppstår fysisk vareknapphet. En situasjon med norsk tørkesommer og omfattende veksling bort fra norske varer over til importerte, kan også håndteres relativt enkelt, så lenge matindustrien makter omstillingen i sine råvareanskaffelser.

Det er to utfordringer som vi må regne med blir krevende for dagligvarehandelen; å håndtere tendenser til hamstring og å få ut tilstrekkelig informasjon og veiledning om større endringer i varesortiment.

Store prisfluktuasjoner kan føre til frykt for fysisk vareknapphet. Sammen med frykt for ytterligere prisoppganger kan etterspørselen fluktuere sterkere enn prisvariasjonen i seg selv skulle tilsi. Det gir risiko for tomme hyller i perioder. Dersom tomme hyller ikke raskt etterfylles, blir tendensen forsterket. Situasjonen kan dels løses med rasjonering i detaljhandelen, som når butikkene kombinerer pristilbud med begrenset antall varer pr kunde. Når behovet for den typen begrensninger derimot skyldes forhold som forbrukerne kan oppfatte som varige, eller starten på en situasjon som vil forverres, er det risiko for at denne typen rasjonering ikke er tilstrekkelig.

Behovet for forbrukerinformasjon er omtalt under helse. Butikkleddet kan være av stor betydning for at forbrukerne opprettholder et sunt kosthold i en situasjon med kraftige prisøkninger og store, uvante endringer i vareutvalg. Vi kjenner ikke til hvorvidt butikkleddet i dag er forberedt for å kunne yte denne typen veiledning, som også kan være relevant for å bidra til sunnere kosthold i dagens situasjon. De tiltakene handelen i dag gjør for å gjøre matkonsumet mer i tråd med kostråd, dreier seg, så langt vi vet, primært om å dreie sortimentene bort fra varer som har unødig høyt innhold av salt, sukker og mettet fett.

I punktet om industri ovenfor reiste vi spørsmål om koordinerte prisendringer som følge av prissjokk på råvarer. Dagens system for forhandling av priser og endringer i vareutvalg har en bestemt regelmessighet og foregår etter etablerte former (se f.eks. NOU (2011: 4) og Prop. 33 L (2019–2020) Lov om god handelsskikk i dagligvarekjeden). Systemet kan føre til manglende prisleksibilitet og dermed stans i produksjonen av visse varer inntil prisendringer på råvare- kontra engrosledd er mer harmonisert. Det vil være vanskelig for myndighetene å gripe inn i dette prissystemet på kort sikt.

Storkjøkken

Servicehandel og storkjøkken utgjør en vesentlig del av det norske markedet for matvarer (se Flesland Markedsinformasjoners rapporter og Pettersen & Kårstad (2021)). Til storkjøkken regnes her både servering, catering og institusjoner i omsorgssektoren, kantinedrift i arbeidsliv og forsvar m.m. Mens råvarekostnadene utgjør en begrenset andel av kostnadene i serveringsbransjen for øvrig, kan andelen være høyere i institusjonsmarkedet. En pågående kartlegging av innkjøp av frukt og grønt i offentlig sektor indikerer en verdikjede med stor grad av overordnede, ganske langsiktige rammeavtaler og løpende bestillinger ved den enkelte institusjon basert på et sortiment som favnes av rammeavtalen og rommes av tildelte driftsbudsjetter.²⁸

²⁸ NIBIO (under utarbeidelse). Forprosjekt om hvordan øke offentlig sektors innkjøp av norsk frukt og grønt. Oppfølging av Grøntutvalgets rapport, finansiert av nasjonale tilretteleggingsmidler over jordbruksavtalen.

Med raske, store prisøkninger vil det normale systemet få problemer. Rammeavtalene kan i mange tilfeller gi begrensede muligheter for leverandør til å justere opp prisene. Gitt mulighet for prisovervelting, vil tildelte budsjetter for eksempel for et helt budsjettår kunne være utilstrekkelige, og sortimentene må forventes å avvike fra de sortimentene som dekkes av langsiktige avtaleforhold. Tilpasningsevnen i institusjonene og i organene som eier institusjonene kan være utilstrekkelig i en slik situasjon. Som en konsekvens kan det over tid oppstå helseproblemer for sårbare grupper.

7.4.6 Forbrukertillit

Tillit på det personlige plan, på samfunnsplanet og i relasjon til arbeidslivet kan beskrives som en nøkkelfaktor i samfunnet, eller i samfunnets «sosiale kapital» (Szkudlarek & Biglieri, 2016). Fairbrother & al. (2021) viser også at befolkningens tillit til politiske organer er avgjørende for aksepten av langsiktig orientert politikk for eksempel for å redusere risiko knyttet til klimaendringer. Svekket forbrukertillit til matsystemet, næringsaktørene og matsystempolitikken kan derfor innebære vesentlige tap for samfunnet.

I dag synes tilliten til matsystemet å være sammensatt. På den ene siden scorer matselskaper som store samvirkeforetak og detaljistkjeder høyt i surveybaserte merkevarevurderinger. På den andre siden er stortingsdebattene om dagligvarehandelen preget av behov for å endre virkemiddelbruken for å sikre samfunnsmessig effektivitet på handelsleddet (jf. avsnitt 5.3.4). Det reises også spørsmål om matsikkerheten.

Svekket tillit til aktører, merkevarer og politiske regimer må forventes dersom leveringsevnen svikter, prisene gjør uforklarte, kraftige sprang, eller resultattallene tyder på kraftig økte fortjenester på enkelte ledd i en verdikjede som blir stadig med utfordrende for konsumentene. Redusert tillit kan svekke evnen til å regulere systemet til å enes om skadeforebyggende og gjenopprettende tiltak. Dersom hendelser opptrer i forkant av et valg eller en jordbruksforhandling, kan beslutningsevnen bli ytterligere svekket. I tillegg kan verdien av immaterielle rettigheter i form av varemerker skades.

Tilliten til matpolitikk, matforetakene og matsystemet kan imidlertid svikte lenge før noen opplever fysisk knapphet på ernæring. Forbrukertilliten kan bli første offer når det oppstår avbrudd i tilgang på eksempelvis kaffe, bananer og avokado, og tillitssvikt kan få alvorlige følger for den politiske og markedsbaserte tilpasningsevnen.

Dokumentasjon, tilgjengelig og oppdatert statistikk og datagrunnlag, samt utvikling og testing av prosedyrer for å iverksette avbøtende og skadeforebyggende tiltak, kan avhjelpe en slik situasjon. Vi kjenner ikke til at slike tiltak er tilstrekkelig forberedt i dag.

7.4.7 Regionaløkonomi

Kraftige prisøkninger på matvarer er tilsynelatende en hendelse som favoriserer mange distriktsnæringer og regional sysselsetting. Men forskjellene i effekter mellom regionene vil bli betydelige (jf. avsnitt 7.4.5). Som antydnet vil husdyrproduksjonen kunne oppleve tapt verdiskaping på grunn av kraftig økte førkostnader, og usikkerheten blir stor. En del av den kraftfôrbaserte produksjonen ligger i mer sentrale områder på Østlandet, sørlige deler av tidligere Hedmark, i Rogaland og i deler av Midt-Norge, mens grovfôrproduksjon og grovfôrbasert husdyrhold dominerer produksjonen på Vestlandet, i fjellbygder og i Nord-Norge. Mange av regionene med betydelig kraftfôrbasert husdyrhold vil altså samtidig dra fordel av gode muligheter for økt verdiskaping i planteproduksjoner. Rogaland er et spesialtilfelle med høy konsentrasjon av alle husdyrslag og lite plantebasert verdiskaping utover en intensiv drivhusproduksjon.

Sjømatregionene kan oppleve økonomisk stimulans på grunn av økte verdier på sjømaten og mer moderat kostnadsvekst på fôret. Effekten er imidlertid høyst usikker. I løpet av oppsvinget kan det antagelig oppstå press for å lette på biomassebegrensningene i oppdrettsnæringen ut fra forventninger om at de høye prisene kan vare ved. Dette er drøftet i avsnittet om sjømatsektoren i 7.4.5.

7.4.8 Primærnæringsens miljømessige bærekraft

Sterk prisøkning på norske jordbruksprodukter øker risikoen for miljøskader. Med press for å lette på biomasserestriksjoner i fiskeoppdrett oppstår risiko for feilbeslutninger som kan få følger for bærekraften i oppdrettsnæringen på sikt. Resultatet kan være økte skader på villaksstammer, økte problemer med lakselus, mer skade på biodiversitet på sjøbunnen og økt sykdomsrisiko på grunn av økt tetthet i merdene.

I jordbruket vil kraftig prisoppgang etter våronna få små virkninger for planteproduksjonen i inneværende sesong, men desto større effekter for kommende sesong. Både valg av plante- og kornsorter, gjødsling, bruk av plantevernmidler og ugrasmidler kan endres og forsterkes. Kontrollen av innhold av fremmedstoffer på og i produktene blir viktigere. Samtidig vil overholdelsen av maksimalgrenser for tilførsel av nitrogen rundt Oslofjorden og fosfor generelt, bli mer krevende. Svak kontroll kan medføre risiko for redusert vannkvalitet og biologisk mangfold.

I hendelse med norsk tørkesommer vil flerårige planter, busker og trær i produksjonen av frukt og bær bli varig skadet og det vil oppstå et akutt behov for import av ferdig utviklet plantemateriale. Slik import kan antas å ha vært medvirkende til raskt økt utbredelse av nye plantesykdommer i Norge de senere år, som for eksempel pærebrann. Smitten kan komme via import fra land med strengt plantehelsevern som i Norge, og kan være vanskelig å hindre. Siden 2015 har Norge hatt et relativt liberalt regime for import av ferdig plantemateriale, også når det inneholder jord (Milford & Haukaas, 2017). Tørkesommer kan også føre til risiko for redusert dyrevelferd, spesielt på grunn av knapphet på grovfôr, men også værforholdene i seg selv (jf. drøftingen av Mattilsynets funksjoner i avsnitt 7.3.2).

7.4.9 Sosial bærekraft

Som nevnt ovenfor vil global avlingssvikt ramme ulike samfunnsgrupper i ulik grad. Ulikhetene forsterkes ved skift i vareutvalg og at evnen til å endre kosthold får stor betydning. Det vil f.eks. være behov for veiledning i hvordan sammensetningen av kosthold både kan dempe kostnadsveksten og sikre god ernæring (jf. avsnitt 7.4.4). For enkelte vil det være nødvendig med avhjelpende tiltak.

Ut fra erfaringene fra koronapandemien og perioden med høye strømpriser, må man regne med at avbøtende tiltak må utredes og vurderes. Muligheten vil også være avhengig av finanspolitisk handlingsrom (jf. avsnitt 7.3.2).

Vi kan anta at måltidsservering i offentlige institusjoner, på skoler, i forsvar og helsevesen, utjevner i dag noe av forskjellene i kosthold mellom sosiale grupper. Under avsnittet om storkjøkkenen har vi imidlertid sannsynliggjort at nettopp disse tjenestene kan være risikoutsatt i en situasjon med store prisendringer, samtidig som offentlig involvering i matservering i skoler er mindre utbredt her enn for eksempel i Sverige.

7.5 Sammenfallende hendelser

Basert på systemanalysen i kapittel 5 har vi et visst grunnlag for å vurdere hvilke sammenfall av hendelser som kan true funksjonaliteten til det nasjonale matsystemet generelt og spesielt i situasjoner med internasjonale prissjokk, kvantumsbegrenset import eller norsk tørkesommer. Systemanalysen indikerer at verdikjedens styringssystemer, teknologitilgangen i matindustrien spesielt, råvarehandel – dvs. kontinuerlig tilgang til velfungerende internasjonale markeder og handelssystemer for matråvarer, ferdigvarelagre, logistikk for øvrig, betalingssystemer og butikkdrift er kritiske elementer i verdikjeden. Hendelser som truer disse funksjonene, kan forverre en klimarelatert hendelse.

Nedenfor gjennomgår vi fire eksempler på sammenfallende begivenheter. Hensikten er å drøfte om klimaendringen og klimarisikoen forsterker sårbarheten for andre hendelser som kan true matsystemet, dvs. om risikoen i matsystemet heves helt generelt.

Det første eksemplet dreier seg om sammenfall av to av de scenariene som er beskrevet: nasjonal tørkesommer og global avlingssvikt. De tre neste, cyberhendelse, strømkrise og hindringer for migrasjon av arbeidskraft, er kombinasjoner av klimarelaterte hendelser og hendelser som har direkte effekt på matsystemet. Disse beskrives under ett i samme hovedavsnitt og beskrivelsen relateres til samfunnssikkerhetsmyndighetens scenarier for det nasjonale risikobildet (DSB, 2019). Alle hendelser sees i sammenheng med en situasjon preget av scenariet «veldig høy utslippsbane: +3°C i 2040–60». Det betyr at vi har høy frekvens av tørkesommer nasjonalt og global avlingssvikt med sterke prisutslag for importerte matråvarer.

7.5.1 Nasjonal tørkesommer som i 2018 og internasjonalt prissjokk på matråvarer

I avsnitt 6.2 illustrerte vi sannsynligheten for at tørkesommer og global avlingssvikt opptrer samtidig. Vi la til grunn at et slikt sammenfall opptrer en gang i løpet av hvert tiår, det vil si at sammenfallet må regnes som ganske normalt. I det følgende gjennomgår vi den sammensatte hendelsen internasjonalt prissjokk og norsk tørkesommer med hendelsesbeskrivelse og sårbarhetsvurdering. Det er ikke antatt at matsystemet er forskjellig fra det som er beskrevet i avsnitt 7.3.

Vi legger til grunn at global avlingssvikt gir seg utslag i prissjokk, og ikke i kvantumsbegrenset import. Det har betydning for sårbarheten særlig når det gjelder matsikkerhet og helse for utsatte sosiale grupper. Grunnen til at vi prioriterer prissjokk, er at vi er i en ny normalsituasjon, hvor matsystemet har den ekstreme utslippsbanen for klimaendring som en erkjent premiss for virksomhetsstyring. Det betyr at global avlingssvikt også blir en del av det normale risikobildet innenfor relativt korte tidsperioder. Det er da også grunn til å regne med at normale forretnings-, handels- og transaksjonssystemer vil håndtere situasjonen uten at det må innføres andre rasjoneringsmekanismer som eksportkvoter m.m. Dersom det imidlertid skulle bli statsstyrt handel med kvantumsbegrensning som normal, kan utfallet bli annerledes. Vi kommenterer dette under punktet om matsikkerhet og helse nedenfor.

Hendelsen

Både global avlingssvikt som gir prissjokk internasjonalt og norsk tørkesommer som i 2018 er beskrevet i kapittel 6, mens sårbarheten i matsystemet ved hendelsene enkeltvis er beskrevet i avsnitt 7.3 og 7.4.

Begge hendelser kan forventes ved en høy utslippsbane for klimaendring. Siden overgangen til en høy utslippsbane skjer over tid, er det naturlig å regne med at endringen blir registrert med gradvis økende sikkerhet. Det gir grunnlag for betydelig varslings- og omstillingstid. Kunnskapen om at utslippene beveger seg langs denne utslippsbanen vil være tilgjengelig og godt dokumentert, samtidig som det sannsynligvis også holdes liv i et håp om at verden kan unngå en utvikling i øvre kant av mulighetsområdet som er skissert av IPCC (jf. kapittel 3).

Sammenfall av de to begivenhetene betyr at en vesentlig del av perioden med internasjonalt prissjokk eller tørkesommer, vil favne begge hendelser. Det kan være av betydning hvilken hendelse som utløses først. Det vil for eksempel være enklere å øke importen av ekstra fôrvarer dersom tørkesommeren konstateres før en brå prisoppgang på korn.

Institusjonell kapasitet

Presset på Mattilsynet øker ved at mangel på grovfôr kommer i tillegg til omstillingene som følger av høye priser på kraftfôr med mer.

Utfordringene for markedsbalanseringen forsterkes ved at det både er høye internasjonale priser og tidvis stor tilgang på kjøtt på grunn av nedjustering av husdyrbestander.

Matsikkerhet og helse

Utfordringene for matsikkerhet og sunt kosthold vil antagelig dreie seg om betalingsevne for tilfredsstillende matvarekjøp og evne til å tilpasse kostholdet ved store prisendringer og skiftende vareutvalg. Prisendringene forsterkes ikke av at de to hendelsene sammenfaller. Det er ikke grunnlag for å forvente mer alvorlige, generelle problemer med matsikkerhet.

Situasjonen kan bli annerledes om vi antar samtidig kvantumsbegrenset import og tørkesommer. Det betyr at et velfungerende system for internasjonal handel med matvarer, om enn på meget høye prisnivåer, bortfaller, samtidig som 40 prosent av norsk planteproduksjon også faller bort. Vi kan ikke her beregne potensiell dekningsgrad for å dekke nasjonale behov for karbohydrater, fett og protein i en slik situasjon. Evnen til å dekke nasjonale behov vil trolig avhenge av evnen til å omdisponere korn og spiselige fettprodukter fra husdyrsektoren til humant konsum. Samtidig kan også mer norskprodusert sjømat bli brukt til å dekke protein- og fettbehov i den norske befolkningen, men også her kan omdisponeringen være avhengig av evne til å omdisponere ressurser. Det kan da oppstå en situasjon hvor prisincentivene i markedet ikke er tilstrekkelige til å omdisponere matressursene slik at hele befolkningen får dekket sine behov. En grunn er skjevheten i inntektsfordelingen, altså at en vesentlig del av befolkningen ikke har tilstrekkelig betalingsevne til å påvirke omdisponeringen av matressursene. En annen kan være prisstivheter, det vil si at prissignalene ikke blir tilstrekkelig sterke. Utfallet kan være avhengig av når og i hvilken utstrekning husholdningsbudsjettene hos den utsatte delen av befolkningen styrkes, eller av systemer for fordeling av subsidierte, rasjonerte matvarer på siden av det ordinære markedet. Antagelig er samtidig norsk tørkesommer og global avlingssvikt et sammenfall av hendelser som bør granskes grundigere enn det vi har hatt rom for her.

Verdiskaping og sysselsetting i jordbruket og matindustrien

Hele jordbruket utenom de delene som dekkes av kunstig vanning, blir skadelidende. Tapene i husdyrproduksjonen forsterkes, og omfatter flere dyreslag enn ved tørkesommer alene. Samtidig rammes korn og annen planteproduksjon som ikke har vanningsanlegg. Tilpasningsutfordringene i matindustrien forsterkes. Effektene av de to hendelsene, internasjonalt prissjokk og norsk tørkesommer, kan legges til hverandre.

For primærnæringen, og derved også foredlingsindustrien, kan rekkefølgen av hendelsen være av betydning. Et alternativ er at det norske matsystemet tilpasser seg høye internasjonale priser i forkant av den norske sesongen. Det satses på økt norsk planteproduksjon gjennom ekstra innsats av produksjonsmidler og arbeidskraft, sesongen slår feil på grunn av tørke, og tapene blir betydelig større for planteprodusentene. Alternativt, hvis prissjokket oppstår i en sesong som allerede har slått feil på grunn av tørken, hvor drøvtyggerbestanden er nedjustert og det er lagt vekt på importavhengig føring av svin og fjørfe, vil det trolig gi ekstra tap for husdyrsektoren enn om de to hendelsene skjer hver for seg.

For øvrige sektorer er det neppe sannsynlig at utfordringene blir vesentlig annerledes enn ved internasjonalt prissjokk alene.

Andre effekter

For forbrukertillit, regionaløkonomisk, miljømessig og sosial bærekraft vil sammenfall av nasjonal tørkesommer og internasjonalt prissjokk reise samme utfordringer som ved internasjonalt prissjokk alene. De ekstra effektene av sammenfall av de to hendelsene vil først og fremst merkes på det institusjonelle planet, i primærleddet og i foredlingen av råvarer.

7.5.2 Sammenfall av klimarelaterte hendelser og hendelser med høy risiko for midlertidig funksjonssvikt

Ovenfor har vi vurdert hendelser som er alvorlige, spesielt for visse institusjoner og tilsyn, enkelte bransjer av næringsutøvere og utsatte sosiale grupper. Hendelsene har betydelig varighet, sannsynligvis også varslingsmuligheter, og de opptrer i en høy utslippsbane relativt ofte.

Matsystemet er i hovedsak i stand til å fungere i slike hendelser. Et sammenfall av kvantumsbegrenset import, hvor importert mengde korn- og fôrråvarer blir redusert med anslagsvis 40 prosent, og samtidig norsk tørkesommer, kan forsterke spørsmålene om matsikkerhet og gi behov for rasjonert matdistribusjon på siden av den ordinære leveringskjeden. Dette er kort omtalt som en eventualitet i avsnittet om matsikkerhet og helse i forrige avsnitt 7.5.1. Den sammensatte hendelsen vi har satt i sentrum for drøftelsen er internasjonalt prissjokk og nasjonal tørkesommer. Den er mer håndterbar fordi det finnes et fungerende, elastisk internasjonalt handelssystem. Det er naturligvis en fordel for en befolkning og en makroøkonomi som er særlig betalingsdyktig. I vårt scenario er statsfinansene holdt i god orden.

Cyberhendelse, strømkrise og hindringer for migrasjon er tre hendelser som ikke er klimarelaterte, men som like gjerne kan opptre under et tiår med en ny normalsituasjon på høy utslippsbane for klimaendring, som i dagens situasjon. Alle tre hendelsene er direkte eller indirekte beskrevet som relevante krisehendelser av DSB, som henholdsvis scenariet «Langvarig strømrasjonering», scenariet «Digitalt angrep mot finansiell infrastruktur», samt indirekte gjennom scenariet «Pandemi i Norge» (DSB, 2019). Vi snakker altså om en kombinasjon av krisehendelser og krisescenarier slik landets beredskapsmyndigheter bruker begrepet, og en normaltstand med høy frekvens av store og mer varige påkjenninger for samfunnet.

I Figur 6.1 har vi også indikert at det kan tenkes å være en sammenheng mellom klimaendring og slike hendelser som både kan ha tekniske årsaker eller skyldes viljeshandlinger som terror og vanlig cyberkriminalitet. Her tenker vi oss at hendelsene inntreffer i perioder med internasjonalt prissjokk på jordbruksråvarer. Også her beskriver vi først den sammensatte hendelsen, deretter drøfter vi konsekvenser for institusjonell kapasitet, matsikkerhet og helse og verdiskaping og sysselsetting.

I utgangspunktet er hver av de tre hendelsene selvstendige trusler mot viktige samfunnsfunksjoner. Spørsmålet her er om hendelser i en situasjon med ekstremt utfall av klimaendring vil ha andre effekter enn dersom hendelsen oppstår i omstendigheter som er mer lik dagens. Ekstra effekt av sammenfall av hendelser avhenger av om de to hendelsene forsterker hverandre, altså at effekten blir mer alvorlig enn summen av de to enkeltvis skulle tilsi.

Hendelsene

Vi beskriver kort tre hendelser som faller sammen med en periode med internasjonalt prissjokk på matvarer: Cyberhendelse med avbrudd i betalingssystemer, stans i strømforsyning i Sør-Norge, og stans i migrasjon av arbeidskraft.

Cyberhendelsen – stans i digital betalingsformidling: Vi bruker her en cyberhendelse med avbrudd i betalingssystemer som eksempel, det vil si en hendelse som kan være lik den som er beskrevet i DSB (2019). Avbrudd i betalingssystemer er en dramatisk hendelse for hele samfunnet, og omsetningen av matvarer spesielt overfor forbrukerne, vil stanse opp. Alle betalingstjenester stanser opp, og dermed også distribusjonen av matvarer, butikkdriften og så videre. Elektronisk betaling kan ikke uten videre erstattes med kontantbetalinger, siden bankautomater også er ute av drift. Varigheten antas å være en uke. Hendelsen oppstår når samfunnet er tilpasset høye matpriser, anslagsvis minst tre måneder etter prissjokket.

Stans i strømforsyningen i Sør-Norge i vinterhalvåret: Hele verdikjeden er avhengig av strømforsyning, fra husdyrhold via foredling til distribusjon og matvarehåndtering i husholdningene.

Vareproduksjon og -distribusjonen stanser opp der det ikke finnes strømaggregater som drives med andre energibærere enn strøm. Mat lagret i private fryserer kan råtne. Det er ikke mulig å tilberede varme måltider i mange husholdninger. Strømstans er samtidig en hendelse som rammer en rekke funksjoner og truer velferd og helse på en rekke felt (jf. DSB, 2019). Matsystemet er bare ett av de systemene som trues. Scenariet i DSB (2019) er et rasjoneringsscenario som avviker fra strømstans, men en del av en trussel med mange elementer. Energisikkerhet er for øvrig et sentralt tema i diskusjonen om samfunnssikkerhet, jf. for eksempel Meld. St. 25 (2015-2016), hvor en rekke tiltak er anbefalt, som økt produksjonskapasitet, økt kapasitet i overføringsnett innenlands og vis-à-vis utlandet, anskaffelse av reservekraftkilder, egenberedskapstiltak i husholdningene, og øvelser på lokalt og regionalt nivå (DSB, 2019). Det er særlig reservekraftkilder som dieselgeneratorer og egenberedskap som kan redusere tapene som følge av strømstans i matsystemet. Vi kjenner ikke til hvorvidt tiltakene er gjennomført. Varigheten antas å være to uker. Hendelsen oppstår når samfunnet er tilpasset høye matpriser, anslagsvis minst tre måneder etter prissjokket.

Stans i migrasjon av arbeidskraft tilsvarer situasjonen under pandemien både i sesongen 2020 og 2021. Selv om beskrivelsen av pandemi i DSB (2019) ikke inneholder migrasjonshindringer, har pandemien store konsekvenser for tilgang på arbeidskraft. Planteproduksjoner, kjøttindustri og bearbeiding av fisk rammes av særlig sterkt av mangel på arbeidskraft. I DSBs scenario med pandemi, er det ikke migrasjonen, men tilgangen på norsk arbeidskraft og arbeidskraft helt generelt som rammes gjennom sykefravær. Her omfatter også brist i tilgang på arbeidskraft en langt større andel av arbeidskraften enn det vi har erfart ved begrenset migrasjon. Varigheten av en migrasjonsbegrensning og en pandemi kan være flere år, men sammenfallet med særlig høye matpriser varer i vår hendelse ett år. Hendelsen oppstår når samfunnet er tilpasset høye matpriser, anslagsvis minst tre måneder etter prissjokket.

Institusjonell kapasitet

Under en situasjon med fungerende internasjonal handel med matvarer til høye priser er det neppe grunn til å tro at konsekvensene av sammenfallet virker gjensidig forsterkende, men summen av effekter gir store utslag på visse områder. Det ene gjelder institusjonene, med Mattilsynet og Rådet for matvareberedskap. Mattilsynet må agere under krisene siden de berører all lagring og anvendelse av næringsmidler over en eller to uker og i perioden etterpå. Under en strømkriser oppstår akutt risiko for dyrehelse og -velferd, samt driftsproblemer i slakterileddet.

Rådet for matvareberedskap kan forberede slike hendelser, men neppe ha tid til å agere gjennom samarbeid med partene under akutt strømstans eller cyberhendelse. Med en strømstans over to uker kan det eventuelt gis rom for tiltak med hjemmel i næringsberedskapsloven. Av de to institusjonene er det først og fremst Mattilsynet som i utgangspunktet vil være belastet med ekstra arbeid som følge av prissjokket for matvarer.

Hindringer for migrasjon av arbeidskraft krever samordning mellom Utlendingsdirektoratet og matnæringene. Erfaringene fra covid-19-pandemien kan ha gitt grunnlag for organisering av dette samspillet.

Matsikkerhet og helse

Svikt i strømforsyning og en cyberhendelse som rammer betalingssystemer er antagelig hver for seg nok til å stanse matvarestømmene. Stans i strømforsyning gjør også at husholdningens matlagre i vesentlig grad settes ut av spill.

De viktigste forskjellene mellom de to hendelsene er at en stor del av matvarelagrene vil gå tapt ved strømstans, mens matvarene er tilgjengelige ved betalingsstans. Den andre forskjellen er varigheten som vi har lagt til grunn. I dag kjenner vi ikke til at forbrukere kan ta ut varer fra butikker uten at det kan foretas betalingstransaksjoner eller transaksjoner og underlag for belastning kan noteres uten tilknytning til et betalingssystem. Det betyr imidlertid ikke at et slikt system, digitalt eller eventuelt manuelt, ikke kan fremskaffes relativt effektivt. Mellom aktørene på ulike ledd i verdikjeden er det

antagelig mulig å opprettholde bestillinger og fakturering selv om betalingssystemene er nede, slik at varer kommer fram til butikkene. Det er altså butikkledet som blir kritisk for om husholdningene får forsyninger ved driftsstans i betalingssystemene, mens hele verdikjeden er satt ut av spill ved strømstans.

Visse samfunnsgrupper vil i utgangspunktet være sterkt utsatt på grunn av prisøkningen. Det kan tenkes at de samme gruppene også har relativt små buffere i egne matvarelagre. I så fall øker skadepotensialet for disse gruppene. Med strømsvikt over to uker går antagelig størstedelen av husholdningenes matvarelagre tapt. Utsatte sosiale grupper kan bli vesentlig mer utsatt ved sammenfall av prisøkning og stans i distribusjonssystemet selv om varigheten er bare en uke.

Stans i migrasjonen kan ha konsekvenser for matsikkerhet på kort sikt. Det vil ta tid å omstille matimporten fra import av råvarer og fôrvarer til import av ferdigvarer direkte til grossistledet for å redusere avhengigheten av kapasiteten på primær- og i industriledet. Selv om importen av ferdigvarer er sterkt økende, dreier det seg om merkevarer og differensierte matprodukter, det vil si at man ikke uten videre kan regne med at ferdigvarene kan eksporteres til Norge uten som del av en mer langsiktig markedsstrategi rettet mot det norske markedet. Problemene med migrasjon vil også være ved. Det kan altså tenkes situasjoner med reell svikt i forsyningen for enkeltvaregrupper som kan vare over flere uker og kanskje flere måneder. Det som sannsynligvis vil være mest robust er distribusjon av varer hvor vi normalt har lagre på industriledet, og hvor industriledet har lav arbeidsintensitet, dvs. for meieriprodukter, spesielt holdbare produkter, mel og kornprodukter. Kjøtt- og sjømatkategoriene kan være mer utsatt for forsyningssvikt.

Verdiskaping og sysselsetting

Stans i strømforsyning eller cyberkrise gir tap gjennom hele verdikjeden. Konsekvensene av strømstans kan gi akutte driftsproblemer i husdyrholdet. Også gårdslagring av for eksempel poteter og grønnsaker, korn og fôr, kan bli utsatt.

Hele verdikjeden opplever tap både gjennom varesvinn og stans i omsetning. Endringen vil skje brått og uten tid til å varsle og gjennomføre permitteringer. Dermed kan det oppstå usikkerhet om håndtering av arbeidskraften.

Et klimarelatert prissjokk på matråvarer forsterker effekten av strømbruddet ved at det i utgangspunktet kan være kapasitetsproblemer i forbindelse med tilpasninger i husdyrbestander og endringer i råvaresammensetning i foredlingsindustrien. Det betyr også at strømbruddet forsterker effekten av prissjokket.

Stans i strømforsyningen i én region, blir et problem som favner flere regioner. For det første er mye av den fysiske varedistribusjonen i Norge avhengig av velfungerende knutepunkter på Østlandet. Ved stans i strømforsyningen i Sør-Norge vil effektene forplante seg over til andre regioner. For flere dyreslag vil det være vanskelig å utsette slakting en uke, uten å tape verdi både av produkter og bakover i verdikjeden for eksempel til kyllingklekkerier. Omdirigering av levende dyr på vei til slakteri, kan lett støte mot restriksjonene for maksimale transporttider for levende dyr. Forbrukere vil søke til butikker utenfor den rammede regionen.

Som for de tre hendelsene beskrevet i avsnitt 6.2, er konsekvensene avhengig av hvorvidt det internasjonale handelssystemet fungerer selv til særlig høye priser. Det betyr at hindringer for migrasjon først og fremst blir en krise for primærnæring og deler av matindustrien. Så lenge bemanningen på engros- og detaljistledet er lite avhengig av utenlandsk arbeidskraft, vil man neppe oppleve varig svikt i matforsyningen selv om migrasjonen hindres. Unntaket er en hendelse som lammer engroshandel og distribusjon. Da hjelper det lite om det internasjonale handelssystemet opprettholdes.

Andre effekter

DSB (2019) viser at flere av de hendelsene og krisescenariene som der beskrives kan utløse store sosiale og psykologiske reaksjoner i befolkningen og ha konsekvenser for myndighetenes styringsevne (jf. punktet om institusjonell kapasitet ovenfor). Flere av disse forholdene vil berøre forbrukernes tillit til matsystemet. I en situasjon med kraftige prisøkninger på matvarer vil tilliten i utgangspunktet være svekket. Når leveringskjeden i en slik situasjon også bryter sammen på grunn av svikt i strømforsyning eller betalingssystemene, kan reaksjonene bli sterke. DSB (2019) antyder at det i forbindelse med strømstans vil være grunn til å anta at toleransen for strømrasjonering vil nyte godt av at strømrasjonering er et relativt godt forberedt og, kanskje, allment kjent mulig tiltak. Det er imidlertid mer usikkert om strømstans inngår i det mulighetsrommet forbrukerne ser for seg.

7.6 Kvantifisering av tverrsektorielle virkninger ved internasjonalt prissjokk for matvarer (hendelse 1)

I kapittel 6 beskrev vi scenariet «Veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60» med tre valgte klimarelaterte hendelser: internasjonalt prissjokk, kvantumsbegrenset import og norsk tørkesommer. I dette avsnittet analyserer vi virkninger av hendelsen internasjonalt prissjokk ved hjelp av en kvantitativ modell. Vi viser hvordan en drastisk økning av prisene på jordbruksprodukter på verdensmarkedet påvirker resten av den norske økonomien. Hensikten er altså ikke å ha en fullstendig og detaljert kvantitativ analyse av scenariet og hendelsene, men å illustrere mulighetene i en kvantitativ, modellbasert analyse.

Vi ser her på hvordan et prissjokk påvirker de næringer og aktører i matsystemet som importerer råvarer og matvarer, hvordan de tilpasser seg prissjokket, og hvordan denne tilpasningen forplanter seg til andre næringer og aktører i økonomien. Vi benytter her den generelle likevektsmodellen NOREG 2. NOREG 2 er en generell likevektsmodell som er i stor grad basert på det samme datagrunnlaget (kryssløpstabeller fra SSB) som kryssløpsmodeller og ringvirkningsmodeller, men inkluderer i tillegg forutsetninger og relasjoner om hvordan prisene på de ulike varene vil endre seg, og hvordan aktørene (både produsentene og konsumentene) tilpasser sin etterspørsel og produksjon til de nye prisene. Modellen er dermed best egnet til å illustrere *langsiktige virkninger*, når aktørene har tid og mulighet til å tilpasse seg til «sjokket».²⁹ Det betyr at prismekanismer får tid til å påvirke produksjonen, råvareforbruket, teknologiene og sammensetningen av konsum. Dette er mekanismer som normalt krever noe tid (flere år) for å ha full effekt. Det er også viktig å merke seg at modellen er bare begrenset av tilgangen på arbeidskraft og kapital; med andre ord inneholder den ikke andre kapasitetsbegrensninger som for eksempel tilgang på areal.

Vi sammenligner virkningene av prissjokket i scenariet «Veldig høy utslippsbane: + 3°C i 2040–60» mot en referansebane. En *referansebane* beskriver en situasjon av «hva ville skjedd ellers», det vil si uten at hendelsene i scenariet oppstår. Referansebanen er med andre ord ikke det samme som dagens situasjon, men gjenspeiler utviklingen fra i dag til 2040–2060. Vår referansebane bygger på Perspektivmeldingen 2021, og er nærmere beskrevet nedenfor.

NOREG 2 er som sagt bedre egnet til analyser av langsiktige endringer enn til å belyse konsekvensene av dramatiske, men forbigående prissjokk som varer relativt kort tid (for eksempel ett år). Det betyr at mange av resultatene vil være urealistiske, fordi næringsaktørene ikke rekker å gjøre en langsiktig tilpasning i løpet av en kortvarig hendelse. En måte å forstå analyseresultatene på er derfor som svar på *hvordan virkningene ville være dersom det temporære prissjokket på jordbruksvarer ble erstattet av en vesentlig mer varig prisoppgang*. I tillegg er modellanalysen i seg selv ment å vise verdien i å

²⁹ Vi har illustrert mulige kortsiktige virkninger og kvantitative sammenhenger mellom matsystemet og andre deler av økonomien ved hjelp av *kryssløpsanalysen* i avsnitt 5.4.

formulere komplekse sammenhenger i en modell hvor mange faktorer kan sees i en logisk og konsistent sammenheng.

7.6.1 Referansebanen

Vi antar at utviklingen i Norge i perioden 2021-2050 følger referansebanen, som er beskrevet i Vista Analyse (2021). For en nærmere diskusjon av forutsetninger og utviklingen i referansebanen viser vi dit.

7.6.1.1 Langsiktige forutsetninger for den underliggende referansebanen 2020-2050

Den langsiktige utviklingen i økonomien er basert på forutsetninger som, så langt som praktisk mulig, er de samme som i Perspektivmeldingen 2021 (Meld. St. 14, 2020-2021) og Nasjonalbudsjettet 2021 (Meld. St. 1, 2020-2021):

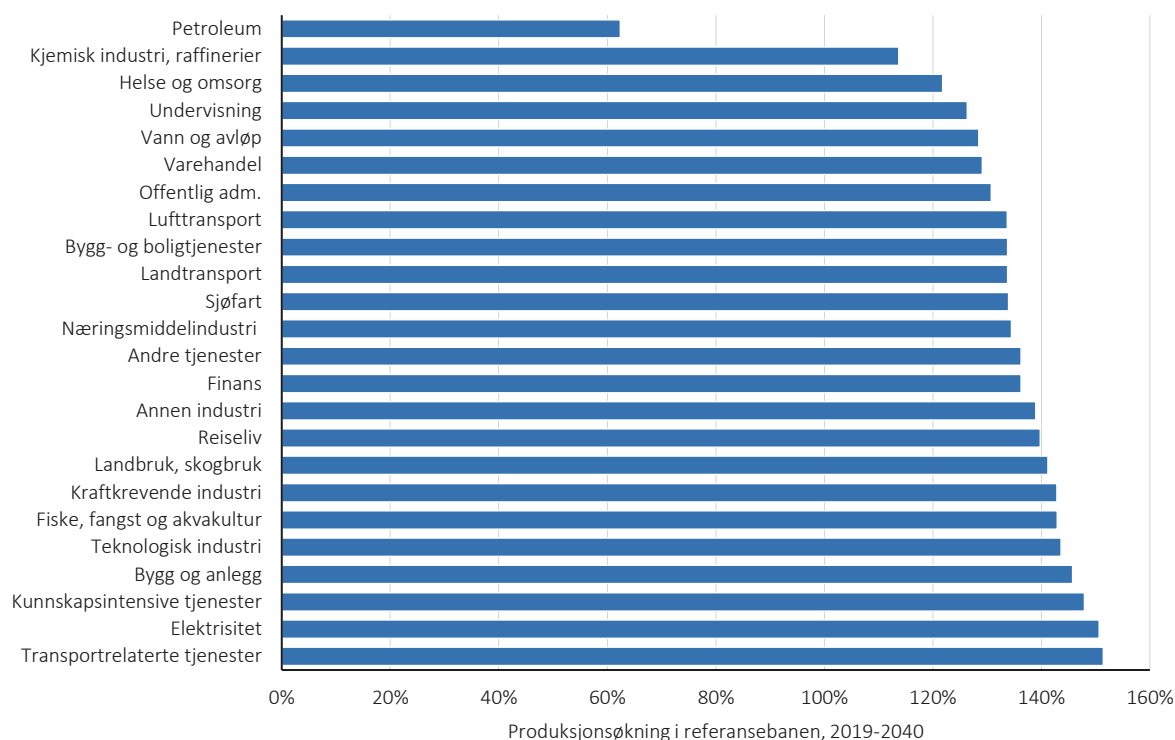
- Befolkningsutvikling er basert på befolkningsframskrivninger fra SSB, oppdatert i august 2020 (Statistisk sentralbyrå, 2020). I modellen inngår arbeidsstyrken, derfor bruker vi framskrivninger for befolkningen i alderen 16-74 år. Vi tar utgangspunkt i befolkningsutviklingen i hver kommune, som blir aggregert til fylker i modellen.
- Sysselsettingsraten øker fra ca. 70 prosent til over 71 prosent i midten av 2040-tallet.
- Produktiviteten (totalfaktorproduktivitet, TFP) antas å vokse med om lag 1,2 prosent per år i private fastlandsnæringer på lang sikt, og med 0,3 prosent per år i offentlig sektor.
- Offentlig konsum antas å øke med 1,3 prosent per år på lang sikt.
- Petroleumsproduksjonen forventes å øke de nærmeste årene (2020–2025), men på lengre sikt er det lagt til grunn en markert nedgang (65 prosent lavere produksjon i 2050 enn i 2020). Dette er konsistent med anslag fra Perspektivmeldingen (2021).
- Energieffektivisering er forventet å være omtrent 1 prosent årlig (CEPII, 2016).

7.6.1.2 Utviklingen i norsk økonomi i referansebanen

I referansebanen øker BNP (målt i faste priser) i Fastlands-Norge per innbygger i gjennomsnitt 1,4 prosent i året. Veksten er litt høyere (1,5–1,6 prosent) i begynnelsen av perioden og lavere (rundt 1 prosent) fra 2035.

Petroleumsnæringens andel av økonomien går ned, som følge av at petroleumsproduksjonen avtar (per forutsetning). Andre næringer tar over. Det er særlig tjenesteytende næringer (inkl. kunnskapsintensive tjenester, transport og reiseliv), bygg og anlegg og industri (inkl. kraftkrevende industri) som øker mest. Men også produksjonen i landbruk, fiske og akvakultur øker i referansebanen: Produksjonen i disse næringene (produksjonsverdi i faste priser) er omtrent 40 prosent høyere i 2040 enn i 2019.³⁰ Referansebanen ligger nærmest SSP2 (se avsnitt 3.1), uten at dette er undersøkt i detalj. En økning i denne størrelsesorden vil være urealistisk på kort sikt, men vi må se resultatet ut fra at modellen forutsetter mobile ressurser og relativt lang tilpasningstid. Produksjonen her er imidlertid en aggregert størrelse. Det kan skje betydelige endringer i sammensetningen av produksjonen innenfor hver næring.

³⁰ Se Tabell 2.1 for en oversikt over sektorinndelingen og hva de ulike sektorene består av.



Figur 7.2 Økning i produksjon i næringer i referansebanen, 2019-2040

Kilde: Vista Analyse

7.6.2 Virkninger av prissjokket på verdensmarkedet

Det internasjonale prissjokket, i scenariet «Veldig høy utslippbane: + 3°C i 2040–60» i avsnitt 6.2, blir implementert i modellen i 2040 som følger:

- Verdensmarkedspriser for *jordbruksvarer* femdobles (dvs. en økning på 400 prosent). Jordbruksvarer inngår i modellen i næringen Jordbruk, jakt og viltstell, skogbruk og tilknyttede tjenester (se Tabell 2.1).
- Verdensmarkedspriser for *matvarer* (dvs. varer levert av næringsmiddelindustrien) øker med 166 prosent.
- Verdensmarkedspriser for *fisk og akvakulturprodukter* øker med 166 prosent.

Denne prisøkningen gjelder både for importpriser og for eksportpriser.

Prisøkningen gjelder bare for 2040, vi antar at prisene faller tilbake til sitt «vanlige» nivå året etter.

Scenariet er spesielt på to måter. For det første antar vi en (i historisk sammenheng) relativt sterk prisøkning. For det andre gjelder prisøkningen som et gjennomsnitt for et helt år. Det siste er antagelig det mest ekstreme ved scenariet, og innebærer stor sannsynlighet for prisene i løpet av året vil være vesentlig høyere enn det antatte gjennomsnittet.

Det er naturlig nok næringene som blir direkte påvirket av det internasjonale prissjokket, som opplever de største endringene. **Import** av jordbruksvarer til Norge opphører helt som følge av den høye prisøkningen, mens import av matvarer og andre næringsmidler blir mer enn halvert (nedgang på 57 prosent) i forhold til referansebanen. Merk at også ulike fôrprodukter leveres av næringsmiddelindustrien, så prisøkningen gjelder også slike varer. Import av fiskeri- og akvakulturprodukter faller med 35 prosent.

Handelsbalansen skal være uendret (per forutsetning), så endringer i handelen med jordbruks-, næringsmiddel- og fiskeriprodukter påvirker også handelen med andre varer. Blant annet øker importen av ulike industrivarer, kjemiske og farmasøytiske produkter (som inneholder både gjødsel og medisiner).

Men prissjokket på verdensmarkedet gjelder også for **eksportvarer**. De høye prisene på verdensmarkedet gjør at eksporten av matvarer og fiskeriprodukter øker, med nesten 10 prosent fra referansebanen.³¹ Eksporten av andre varer er nesten uendret.

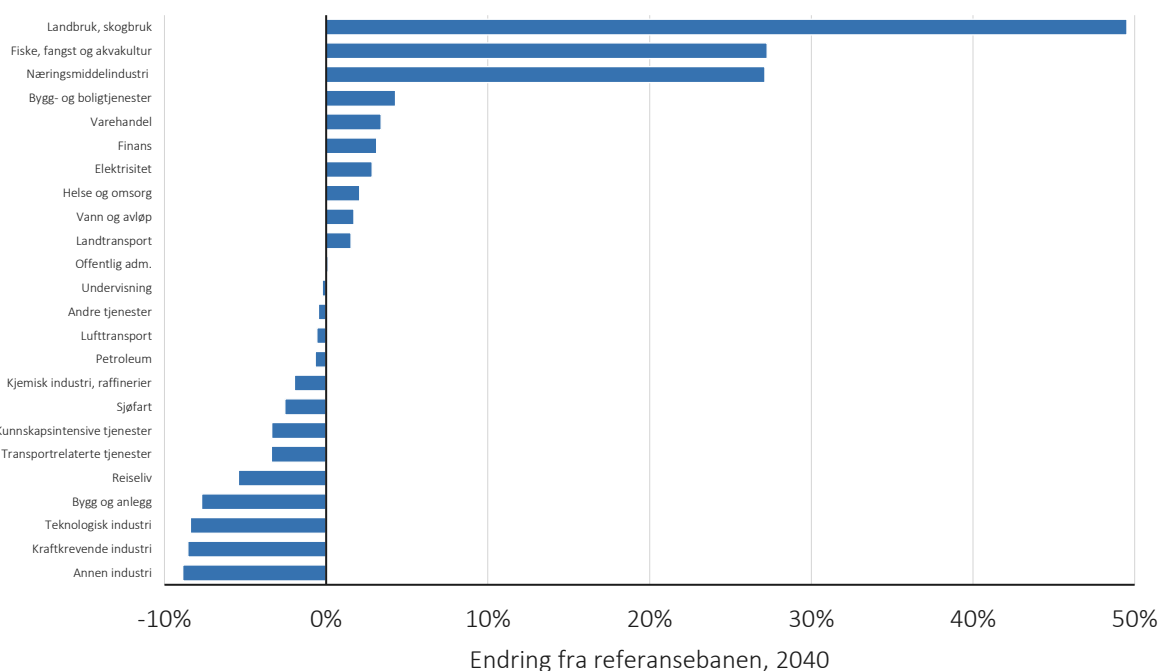
Den **innenlandske salgsprisen** på jordbruksvarer er nesten 50 prosent høyere, sammenlignet med referansebanen i 2040. Prisøkningen for matvarer og fiskeriprodukter er hhv. 24 prosent og 32 prosent. Dette er prisen i ny likevekt, etter at alle aktørene har tilpasset sin etterspørsel og tilbud til de nye prisene. Gjennom tilpasninger over tid dempes altså de samlede priseffektene av et internasjonalt prissjokk.

Når importen opphører (eller blir redusert) og eventuelt eksporten øker, betyr det at den **innenlandske produksjonen** må øke for å dekke den innenlandske etterspørselen. Produksjonen av jordbruksvarer øker med hele 50 prosent fra en periode til neste, mens produksjonen av næringsmidler og akvakulturprodukter øker med nesten 30 prosent (Figur 7.3). Økningen i disse sektorene trekker ressurser (arbeidskraft og kapital) fra andre næringer, og produksjonen i andre industrier (både teknologisk industri, kraftkrevende og annen industri) samt tjenesteytende næringer, bygg og anlegg og reiseliv, går ned.

En økning av jordbruksprodukter i denne størrelsesorden vil være urealistisk på kort sikt. Modellen illustrer likevel hvor omfattende omstilling som kan finne sted hvis prisene får virke fullt ut på ressursbruken, og ressursene (arbeidskraft og kapital) omallokeres fra en næring til en annen. Som nevnt er andre begrensninger (f.eks. areal) ikke modellert. Det er også viktig å huske at produksjonen i en næring er en aggregert størrelse, og det kan skje betydelige endringer i *sammensetningen* av produksjonen innenfor hver næring.

BNP er litt større i scenariet med prissjokket (både absolutt og per innbygger, siden det er samme antall innbyggere i begge tilfeller). BNP øker mest i Nordland, Troms og Finnmark og Vestland – fylker der fiskeri og akvakultur er viktige næringer.

³¹ Også eksporten av jordbruksvarer øker, men fra et veldig lavt nivå, så vi kan se bort fra det.



Figur 7.3 Endring i produksjonsvolum (målt i faste priser) i 2040, endring fra referansebanen

Kilde: Vista Analyse

Sluttforbruket av matvarer (inkl. den lille delen som er direkte levert fra landbruket og fiskerinæringen) utgjør rundt 9 prosent av husholdningenes utgifter både i 2019 og i 2040 (i referansebanen, uten prissjokket). I modellen fører den kraftige prisøkningen til lavere etterspørsel etter matvarer: Matkonsumet faller med nesten 3 prosent i 2040. Dette er resultat av en stilisert modell, og må tolkes med varsomhet. Resultatet bygger på antakelser om forbrukernes tilpasning, blant annet priselastisitet som er basert på historiske data. Vi bruker en LES-funksjon for konsum, som innebærer at det er et visst minimumskonsum av hver vare.³² Samtidig er den sentrale antakelsen i modellen om at dette reflekterer den langsiktige tilpasningen, og ett år med sjokk kan være for kort tid til å representere den nye langsiktige likevekten. På den andre siden kan et slikt sjokk lede til irrasjonelle handlinger (hamstring osv.) og større effekter på kort sikt enn på lang sikt.

At fallet i matkonsumet (-3 prosent) er betydelig mindre enn prisøkningen (25–30 prosent), illustrerer at mat har lav prisfølsomhet og at mat i liten grad kan substitueres. Et fall på 3 prosent i matkonsumet, som inkluderer effekten av å veksle mellom varegrupper med ulike prisnivåer, vil neppe true matforsynings sikkerheten generelt i Norge. Dagens matkonsum i Norge ligger betydelig høyere enn det forbruket som er nødvendig for et eksistensminimum (Helsedirektoratet, 2020). Det vil trolig fortsatt være tilfelle selv om importerte matvarer må erstattes med norske matvarer. Utvalget av matvarer vil begrenses noe (særlig av «eksotiske» matvarer), men inntaket av vitale næringsstoffer vil ikke reduseres kritisk.

At fallet i matkonsumet ikke blir større, skyldes imidlertid modellens fleksibilitet (bl.a. er arealbegrensninger ikke modellert) som muliggjør en betydelig økning av norsk matproduksjon (rundt 50 prosent). Det er trolig ikke mulig i virkeligheten, siden produksjonen av matvekster tar en vegetasjonsperiode (høst eller vår til sensommer), og økt produksjon av husdyrprodukter krever først

³² Det er antatt Stone-Geary nyttefunksjon, som gir et lineært utgiftssystem (Linear Expenditure System, LES), se Berck og Sydsæter (1995) eller Rødseth (1992).

en oppbygging av bestanden som igjen kan føre til lavere produksjon på kort sikt. Det er mulig å øke produksjonen av husdyrprodukter på kort sikt gjennom en bestandsreduksjon (nedslakting av dyr), men det vil ha betydelige følgeefferter i senere år når bestanden må bygges opp igjen.

Videre bygger modellen på et sett av forutsetninger om tilpasningsmuligheter, både for etterspørsel og i produksjon (substitusjon mellom ulike innsatsvarer) og handel, uttrykt ved elastisiteter.³³

Elastisitetene er basert på internasjonal forskningslitteratur. Det er mulig at elastisitetene ikke gir et godt bilde av tilpasningsmulighetene i enkelt næringer i Norge. Modellanalysen kan suppleres med en detaljert analyse av jordbruksnæringens, enten ved å vurdere den sannsynlige responsen nærmere og endre elastisitetene i modellen (for eksempel som en sensitivitet) eller ved å bruke andre modeller (for eksempel partielle modeller for jordbruksnæringen).

Modellresultatene kan tolkes som en illustrasjon av *hva som skal til* for at en kraftig internasjonal prisøkning (en femdobling) skal begrenses til en relativt beskjeden prisøkning (50 prosent) innenlands. Hvis en slik produksjonsøkning ikke er mulig, må importen være høyere og den innenlandske prisen vil mest sannsynlig være høyere.

7.7 Matsystemets samlede sårbarhet

I dette avsnittet oppsummerer vi drøftingen av sårbarhet i de enkelte scenariene ved å identifisere hvilke samfunns-goder som er særlig utsatte, sårbare systemelementer og kilder til robusthet.

Tre samfunns-goder står i fare ved klimarelaterte hendelser og mer alvorlig klimaendring; matvaresikkerhet for grupper med svak kjøpekraft, løpende, bærekraftig produksjon av husdyrprodukter, og tilsyn som sikrer trygg mat og dyrevelferd.

Matvaresikkerhet for sosiale grupper med svak kjøpekraft

I alle scenarier vil forskjellene mellom sosiale grupper, og i stor grad mellom grupper på ulike nivåer når det gjelder disponible inntekter og husholdningsbudsjetter, bli forsterket. Selv om gjennomsnittet av befolkningen benytter begrensede deler av inntekten til matbudsjettet, er budsjettandelen i utgangspunktet varierende. Virkningene av store prisøkninger over en periode på et år, må dempes for å unngå betalingsproblemer som truer matsikkerhet og helse.

Løpende, bærekraftig produksjon av husdyrprodukter

I analysene ovenfor er det særlig husdyrproduksjonen som vil rammes av sterke prisøkninger, rasjonert råvareimport eller etterfølgende tørkesommer. Grunnen er at prisøkninger på råvarer slår sterkere ut på pris til forbruker og forbruk gjennom fôrproduksjon og husdyrproduksjon, enn i forbruk av planteprodukter. Vi regner altså med at generelle, kraftige prisøkninger på korn og andre fôrråvarer fra jordbruket vrir etterspørselen bort fra animalske over til vegetabiliske matvarer. Vi regner også med mindre press på sjømatsektoren, hvor vi antar at etterspørselen på verdensmarkedet er mindre prisfølsom. Ved en nasjonal tørkesommer, rammes norsk produksjon av korn og andre planteprodukter direkte, og husdyrholdet indirekte. Det grasbaserte husdyrholdet kan heller ikke i tilstrekkelig grad baseres på importert korn og kraftfôr selv til sterkt økte priser.

Tilsyn som sikrer trygg mat og dyrevelferd

Tilsynsfunksjonene vil i vår analyse bli satt under press ved betydelige klimaendringer. Grunnen er at vi forventer at leverandørrelasjoner vil skifte, antagelig også sammensetningen av importen. Med ukjente leverandører og kanskje også uvante leverandørland, vil det oppstå flere spørsmål om

³³ En etterspørselselastisitet uttrykker endringen i etterspørselen etter en vare (målt i prosent) når prisen på varen øker med 1 prosent. Elastisitetene i NOREG 2 er dokumentert i vedlegg C.3 i Vista Analyse (2020).

tilstrekkelig dokumentasjon. I første omgang vil ansvaret ligge hos importører og dem som distribuerer matvarene, men økt sannsynlighet for avvik krever økt innsats fra tilsynsmyndigheten.

Mattilsynet har ansvar for å sikre tilfredsstillende dyrehelse og for å overvåke dyrevelferd. Husdyrsektoren kan være særlig utsatt, både dersom husdyrbestanden blir nedjustert over kort tid med økt press på slakterier og kjøttindustri, eller dersom fôringen må endres i betydelig grad på grunn av endret tilgang og kraftige prisøkninger på fôr.

8 Metode for analyse av klimarisiko i produksjonssystemer og verdikjeder

Utredningen presenterer en bred analyse av klimarisiko for den norske matsektoren. I tillegg til å dekke klimaendring, matsystem, scenarier, hendelser og sårbarhet, har vi forsøkt å tydeliggjøre stegene i analysen, med en omverdensanalyse med fokus på klimaframskrivninger med generelle virkninger for matproduksjon globalt og regionalt. Vi har gjort en bred gjennomgang av matsystemet og utviklet av en scenariosituasjon over et betydelig tidsrom med forekomst av enkelthendelser som kan true matsystemet. Til sist har vi gjort en kobling av scenario og systemforståelse som avdekker sårbarhet og motstandskraft i matsystemet.

I dette kapitlet presenterer vi først i korte trekk håndteringen av matsikkerhetsrisiko i EU og en informasjonsplattform knyttet til overvåkning av matsikkerhet på globalt nivå, som er etablert av G20-landene. Vi tror det er nyttig bakgrunnsinformasjon for risikovurderinger i Norge, og for denne rapportens metodiske tilnærming, å gi beskrivelse av hovedtrekk i hvordan dette håndteres hos våre viktigste handels- og samarbeidspartnere, som EU og G20 landene. Deretter beskriver vi vårt forslag til metode i form av konkrete steg med påpekning av punkter som bør styrkes i videreføring av arbeidet, før vi avslutter med en vurdering av overførbarhet til andre sektorer.

8.1 Risikohåndteringen i EU og G20

Risikohåndtering er i hovedsak et nasjonalt ansvar i EU. Det betyr at samfunnssikkerhet og beredskap ivaretas med ulike virkemidler på nasjonalt nivå (Pursiainen & Rød, 2021). Det er likevel en økende involvering fra kommisjonens side i den samlede håndteringen av samfunnsrisiko i EU. I det følgende omtaler vi kun initiativ på unionsnivå. Omtalen gjelder også generell samfunnsrisiko med vekt på katastrofer. Vi har ikke lagt EU-metodikken til grunn for vårt arbeid og våre forslag, men vi mener den er relevant for sammenligning med vår tilnærming, men også når det gjelder generell metode i risikoanalyse og for konkret analyse av enkelthendelser. EUs program for omstilling til endret klima, er en del av den helhetlige EU Green Deal strategien.

Først redegjør vi for EUs retningslinjer for samfunnsrisiko. Her kommenterer vi også forholdet mellom disse retningslinjene og vår tilnærming. Deretter ser vi nærmere på EUs beredskapsplan for matforsyning og matsikkerhet.

8.1.1 EUs generelle retningslinjer for analyser av samfunnsrisiko; sammenligning med metoden i vår analyse

Ifølge Pursiainen og Rød (2021) skal fem prinsipper og føringer ligge til grunn for analysen av samfunnsrisiko på EU-nivå. I hvert av punktene gjør vi også en sammenligning med vår analyse.

- *Klar risikodefinsjon:* Definisjonen av risiko gir viktige føringer for risikoforståelsen. Ifølge forfatterne skal naturlige sammenhenger mellom eksponering og hendelser hensyntas, slik vi har gjort ved å inkludere naturlig systemrespons i vår sårbarhetsanalyse. I praksis er imidlertid risikohåndteringen blant EU-landene preget av ganske varierende risikodefinsjoner.
- *All-hazard-tilnærming – generell risikotilnærming:* Ifølge forfatterne er denne tilnærmingen i tråd med felles retningslinjer fra kommisjonen. En slik tilnærming skal unngå ensidig fokus på visse typer farer, som terrorisme eller naturkatastrofer, og dermed risiko for at andre viktige risikoforhold overses. I systemanalysen og vurderingen av systemets generelle sårbarhet her (kapittel 5) er tilnærmingen åpen og favner i prinsippet alle typer risikofaktorer. Beskrivelsen av klimarisikoen i kapittel 3 og 4, scenario og sårbarheten for matsystemet i kapittel 7 ser primært på

klimarisiko, mens generell risiko dekkes ved å drøfte mulig sammenfall av klimarelaterte og andre hendelser. Økt vekt på det vi kaller sammenfallsrisiko ville være i tråd med «All-hazard-tilnærming».

- *Inkludering av komplekse/multiple risikofaktorer:* Risiko knyttet til ulike scenarier og hendelser, for eksempel scenariene som er presentert i DSB (2019), anses gjerne som urelaterte fenomener eller uavhengige risikofaktorer. EUs felles retningslinjer oppfordrer til å vurdere såkalt kompleks risiko eller multirisikoer. Pursiainen og Rød (2021) illustrerer dette med eksemplet ekstremvær som kan utløse teknologiske og sosiale risikoer. I vår analyse har vi sett på sammenfall av hendelser, som for eksempel global avlingssvikt samtidig med nasjonal tørkesommer, og det første i kombinasjon med energikrise, cyber-hendelse eller hindringer for rekruttering av arbeidskraft. Vi har ikke drøftet om hendelsene er uavhengige hendelser eller om det kan være en sammenheng mellom de ulike hendelsene. Det viktige i vår analyse er å påpeke at det over tid kan være betydelig sannsynlighet for sammenfall både av relaterte og ikke-relaterte hendelser.
- *Inkludere grenseoverskridende risiko:* Dette er risikoer som er særlig relevant for EU hvor vannveier, tørke og flomsituasjoner nødvendigvis vil påvirke flere land samtidig, og håndtering i et land kan påvirke situasjonen i naboland. Vi har i vår utredning fulgt prinsippet om grenseoverskridende risikoforståelse, spesielt i kapittel 4, mens systemanalysen og scenariene kan videreutvikles for å gjenspeile avhengighet mellom nasjonale myndigheters risikohåndtering.
- *Inkludere konsekvenser på flere nivåer:* Retningslinjene inkluderer virkninger på for eksempel menneskelige, økonomiske, miljømessige og politiske/sosiale områder. Det betyr, etter vår vurdering, at det i bunnen ligger en bred systemanalyse og et vidt sett med parametere som skal beskrive samfunnets robusthet. De nivåene som er nevnt hos Pursiainen og Rød (2021) samsvarer godt med kriteriene som benyttes i DSB (2019) og i vår sårbarhetsanalyse som ellers holdes på et mer detaljert nivå.

Prinsippene skal følges opp systematisk. EUs beslutning om den såkalte sivilbeskyttelsesmekanismen – UCPM – (Decision nr. 1313/2013/EU) krever at EU-medlemsstater og UCPM stater skal rapportere til Kommisjonen om deres aktiviteter når det gjelder håndtering av katastroferisiko. Rapporteringen skal støtte utformingen av en EU felles politikk for risikohåndtering som vil utfylle og forbedre de nasjonale systemene for risikohåndtering.

8.1.2 EUs arbeid med klimarisiko, matforsyning og matsikkerhet

Systematisk analyse av klimarisiko for enkeltsektorer og økonomien som helhet, er i stor grad av nyere dato. EU-kommisjonen beskriver covid-19-pandemien som en stor og uforutsett forstyrrelse for EUs matforsyningskjeder og at dette er en påminnelse om at matforsyning og matsikkerhet, kan være truet av andre eksterne faktorer og risikoer. Kommisjonen vedtok 12.11.2021 en beredskapsplan for matforsyning og matsikkerhet i krisetider.

EU-kommisjonen legger følgende veiledende prinsipper til grunn for å sikre matforsyning og matsikkerhet i krisetider:

- Styrke samarbeid mellom offentlige myndigheter og privat sektor
- Vurderer gjensidig avhengighet i forsyningskjedene
- Sikre åpen internasjonal og innenlandsk flyt av varer og arbeidskraft
- Sikre proporsjonal og pålitelig kommunikasjon og markedsinformasjon
- Overvåke informasjonsutveksling

Bakgrunnen for planen er den økende innvirkningen av klimaendringer og miljøforringelse på matproduksjon, som samt risiko knyttet til folkehelse, cybertrusler eller geopolitiske endringer som

truer funksjonen til matforsyningskjeden. Planene legger til grunn at nøkkelen til å forbedre EU-beredskapen, er at denne beredskapsplanen omfatter samarbeid mellom alle offentlige og private parter som er en del av matforsyningskjeden. Dette omfatter privat sektor som inkluderer bønder, fiskere, akvakulturprodusenter, matforedlere, handelsmenn og forhandlere samt transportører og logistikkfunksjoner. Både EU-nivået, nasjonale og regionale myndigheter er sentrale i planen.

Selve planen vil bli utrullet i et samarbeid mellom EU-kommisjonen, medlemslandene, private aktører i matsystemene og land utenfor EU. Kommisjonens rolle er overvåking av potensielle risikoer og sårbarheter for matforsyningskjeden, å undersøke hvordan digitale verktøy kan bidra til rask respons i kriser samt ha dialog med medlemslandene og interessentene om krisehåndtering og om forbedret og tilpasset kommunikasjon.

For å støtte gjennomføringen av strategien har kommisjonen opprettet European Food Security Crisis preparedness and response Mechanism (EFSCM). EFSCM baseres på en gruppe eksperter fra medlemsland og noen land utenfor EU som representerer aktører fra alle ledd i matverdikjeden. Det forutsettes at gruppen vil møtes med jevne mellomrom, og ved krise møtes på svært kort varsel og så ofte som nødvendig.

Gruppen vil de to første årene fokusere på spesifikke aktiviteter knyttet til foresight-analyser, risikovurdering og overvåking for å forbedre beredskapen ved å gjøre bruk av tilgjengelig data (inkludert om vær, klima, markeder); videre analyse av sårbarheter og kritiske infrastruktur i matforsyningskjeden; koordinering, samarbeid og kommunikasjon: deling av informasjon, beste praksis, nasjonale beredskapsplaner; utvikling av anbefalinger for å håndtere kriser; koordinering og samarbeid internasjonalt.

8.1.3 Agricultural Market Information System – Plattform for økt åpenhet om matmarkedet og matsikkerheten

G20 landene har ved flere anledninger satt søkelys på risiko i de globale forsyningskjedene for mat. Det er tatt ulike initiativ blant annet i 2011 da G20-landbruksministrene etter de globale matvareprisøkningene i 2007–08 og 2010 besluttet å etablere Agricultural Market Information System (AMIS). Dette er en samarbeidsplattform som skal bidra til å øke åpenheten i matmarkedet og politikkresponsen for matsikkerhet. Ved å samle de viktigste handelslandene for landbruksvarer, vurderer AMIS globale matforsyninger (med fokus på hvete, mais, ris og soyabønner) og er en plattform for å koordinere politiske tiltak i tider med markedsusikkerhet.³⁴

AMIS er sammensatt av G20-medlemmer pluss Spania og ytterligere sju store eksporterende og importerende land av landbruksvarer. Til sammen representerer AMIS-deltakerne en stor andel av den globale produksjonen, forbruket og handelsvolumene for de produktgruppene, typisk i området 80-90 prosent.

Ved å forbedre åpenhet og koordinering av politikk i internasjonale matmarkeder, har AMIS bidratt til å forhindre uventede prisøkninger og styrke global matsikkerhet.

For å utføre sine funksjoner består AMIS av:

- Global Food Market Information Group (informasjonsgruppen), består av tekniske representanter fra AMIS-deltakere som har til oppgave å gi pålitelig, nøyaktig, tidsriktig og sammenlignbar markedsinformasjon. Gruppen organiserer rettidig innsamling av nasjonale politiske utviklingstrekk som kan påvirke markedssituasjon og markedsutsikter. Gruppen møtes to ganger i året for å vurdere fremdriften til AMIS og for å diskutere tekniske spørsmål, inkludert innsamling

³⁴ Se <http://www.amis-outlook.org/amis-about/en/>

av siste tilbuds- og etterspørselsdata, utarbeidelse av prognoser, etablering av indikatorer og kapasitetsutviklingsinitiativer.

- Rapid Response Forum (forumet), sammensatt av høytstående tjenestemenn fra AMIS-deltakere, for å fremme tidlig diskusjon om kritiske markedsforhold og måter å håndtere dem på
- Sekretariatet, som involverer ti internasjonale organisasjoner og enheter, for å produsere kortsiktige markedsutsikter, vurderinger og analyser og støtte alle funksjonene til informasjonsgruppen og forumet

G20 landenes landbruksministre viste på møtet i Buenos Aires i 2018 til at klimaendringer vesentlig endrer mange regioners evne til å produsere mat (G20_landene, 2018). Ministrene uttalte at det kan forventes at internasjonal handel med landbruksprodukter, vil bli stadig viktigere for å sikre global matforsyning og for å respondere på klimarelaterte sultsituasjoner. Samtidig vil effekter av klimasjokk på avlinger vil kunne føre til ulike politiske responser som ytterligere reduserer tilgangen på jordbruksvarer i de globale markedene. I lys av disse utfordringene har G20-landenes landbruksministre bedt om utvidelse av virksomheten til AMIS for å inkludere vurdering av avbruddrisiko i logistikksystemene. Dette er spesielt knyttet til et antall strategiske passasjer for sjøtransporten. G20 landene bad derfor AMIS om å overvåke kapasitet ved slike passasjer ved å samle data om transportvolumer, risiko for overbelastning og resiliens (Declaration G20 Meeting 2018, referert i Bardalen (2018)).

8.2 Forslag på metode for studier av klimarisiko og matsystem

Metoden som er utviklet arbeidet med denne rapporten, kan sammenfattes i to hovedelementer: For det første en omverdensanalyse med fokus på klimaframskrivninger med generelle virkninger for matproduksjon globalt og regional og en bred dokumentasjon av matsystemet. For det andre en sårbarhetsanalyse hvor konkrete scenarier og hendelser testes ut, som en stresstest, ved scenariometodikk basert på systemforståelsen. Metoden bruker både kvalitative og kvantitative analyser som utdypes i avsnitt 8.2.3. I avsnitt 8.2.4 oppsummerer vi vår metode i syv punkter.

8.2.1 Bred omverden- og systemanalyse

Scenariobeskrivelser og mulige hendelsesforløp risikerer å snevre inn risikoforståelsen. Det er derfor viktig at utgangspunktet er generelt.

I denne analysen har vi beskrevet en rekke perspektiver på klimaendring globalt og nasjonalt, med vekt på forhold som bioproduksjoner samt systemiske og politiske kaskadeeffekter. Vi har også inkludert en generell systembeskrivelse som kan egne seg til å avdekke risiko og sårbarhet som ligger langt utenfor det som normalt regnes som klimarisiko.

Bredden i analysen gir for det første en forståelse av begrensningene i det scenariet og de hendelsene som er utgangspunkt for sårbarhetsanalysen. For det andre retter analysen oppmerksomhet mot sammenfall av hendelser, det vil si en form for kompleks risiko (se avsnitt 8.1.1.). Klimaendring er en relativt varig endring og klimarelaterte hendelser kan forventes å oppstå samtidig med andre forstyrrelser.

Den brede analysen gir også grunnlag for å utrede positive og negative sider ved risiko, dvs. både oppside og nedside. Norge har den fordelaktige situasjonen at vi har en matsektor som i økende grad bidrar til nasjonaløkonomisk vekst, og som samtidig er relativt diversifisert. Med vekst i sirkulær bioøkonomi kan disse fordelene bli enda tydeligere.

En annen side ved systemanalysen slik vi har gjennomført den, er at den inneholder normale, forventede responser på hendelser. Det er for eksempel lite relevant å drøfte skadelige hendelser som varer mer enn en til to uker, uten å ta hensyn til at både forvaltning, tilsynsorganer, politikere,

forhandlingsparter og næringsaktører har sterk motivasjon for å begrense egen skade eller dra gevinst av en kraftig endret situasjon i matsystemet. Slike responser kan både forverre og dempe samlet velferdseffekt. Og det er nettopp slik responsevne, både i varslingsfase, under hendelse og ved gjenoppbygging, som bør være sentralt i et opplegg for oppfølging, sammen med varige tiltak for å styrke systemets motstandskraft (resiliens).

En hovedutfordring ved omverdens- og systemanalysen er at dette er krevende arbeid som bør ha solid forankring hos aktørene i verdikjedene. Det kan være riktig å utfordre næringslivet på egen risiko- og systemforståelse, men arbeid som i for stor grad skjer isolert fra det aktive næringslivet, kan innebære risiko for å virke villedende.

8.2.2 Sårbarhetsanalyse basert på konkrete scenarier og hendelser

Risikoen må konkretiseres i form beskrivelse av mulige, konkrete påkjenninger, i denne rapporten omtalt som scenarier og hendelser, for å kunne settes opp mot systemets egenskaper og evne til å fungere. Det er imidlertid stor avstand mellom klimaframskrivingene til FNs klimapanel og konkrete forutsetninger for import, eksport og egenproduksjon og distribusjon av matvarer. Utfordringen forsterkes ved at klimaframskrivninger for Norge ennå ikke er oppdatert ut fra siste delrapport om kunnskapsgrunnlaget for det fysiske klimasystemet. Det betyr at heller ikke kunnskap om hvordan norske produksjonsforhold i landbruket og sjømatsektoren, er oppdatert i lys av den mest oppdaterte globale klimakunnskapen. Eksempelvis mangler oppdatert modellering av hvordan klimaendringer kan slå ut i kvantitative effekter for norsk planteproduksjon. Tre forhold som kan understrekes i dette arbeidet er tidsperspektiv, forankring og konkretisering.

Vår vekt på scenarier og hendelser kan sees som et alternativ, eller en kontrast til EUs understreking av en «All-risk»-tilnærming. Alternativene trenger ikke utelukke hverandre, og det er nettopp de brede beskrivelsene av omverden som rommer en rekke konkrete risikoaspekter, scenarier og hendelser, som ivaretar kravet om en generell risikoanalyse.

Tidsperspektivet bør være en del av scenariobeskrivelsen. Som vist i de tidligere kapitlene er det viktig å skille mellom effektene av kortsiktige, plutselige klimarelaterte hendelser og effektene av langsiktige og gradvise klimaendringer. Også varslingsperioder er av stor betydning.

Tørkesommeren 2018 er et eksempel på en kortsiktig klimarelatert hendelse. Utfordringene knyttet til mer ekstremvær i Norge og til økende internasjonale matpriser eller fysisk knapphet av matvarer grunnet global oppvarming, er et eksempel på en langsiktig effekt av klimarisiko. Denne egenskapen ved klimarisiko betyr at også oppfølging av klimarisikoforståelsen, for eksempel gjennom øvelser, bør dekke begge typer risiko.

Hendelser og scenarier krever forankring blant aktører. Det er nå velkjent at hos DSB (2019) var pandemi et scenario med høy sannsynlighet og alvorlige konsekvenser for norsk samfunnsliv, trolig uten at scenariet fikk tilstrekkelig oppmerksomhet og plass i samfunnssystemets konkrete plan- og beredskapsfunksjoner. Til syvende og sist er det strategi og planarbeid på de enkelte leddene i matsystemet som avgjør matsystemets robusthet. Det er derfor en viktig del av risikokartleggingen å undersøke aktørenes risikoforståelse.

Arbeidet med denne rapporten, inklusive workshopen med relevante aktører og intervjuene, har vist at det er særlig tre aspekter som er viktig for en vellykket gjennomføring av en klimarisikoanalyse: (1) Alle hendelser skal konkretiseres slik at de kan være gjenstand for egne stresstester og øvelser. (2) Alle relevante aktører må involveres slik at risikoforståelsen spres og håndteringen kan samordnes. (3) Tidsperspektivet må tilpasses aktørenes planhorisonter og vice versa.

En tilbakemelding fra drøfting med næringsaktører er at et tidsperspektiv på tjue år ligger utenfor en normal planhorisont i næringslivet. Forutsetningen for at et slikt tidsperspektiv skal være relevant, er at en proaktiv holdning overfor slike spesielt langsiktige utfordringer på en eller annen måte

verdsettes av omgivelsene, altså at verdien av langsiktighet internaliseres. I dag arbeider mange aktører med høye ambisjoner for å kunne dokumentere bærekraft, antagelig fordi forbrukerne verdsetter slike tilpasninger og er villige til å orientere sitt forbruk ut fra oppfattet bærekraft. Resiliens mot klimarisiko har neppe tilstrekkelig plass innenfor vurderinger av miljømessig bærekraft. En synkronisering av tidsperspektiver og samordning av verdsetting av økt motstandsdyktighet gjennom matsystemet, kan vanskelig sikres uten at myndighetene korrigerer incentivene blant aktørene.

For at aktørene i matsystemet skal kunne tilegne seg ferdigheter i håndtering av klimarisiko, f.eks. gjennom øvelser, bør risikoen konkretiseres. En illustrasjon kan være en fem- eller tidobling av soyaprisen i Brasil etter en svikt i avlingen. Første steg i klimarisikoanalysen vil være å vurdere om krisen er av betydning for den norske verdikjeden for matvarer. Vil norsk fôrindustri kunne bytte til andre leverandører av soya? Vil industrien kunne erstatte soya med annet proteinfôr? Hvordan vil en fem- eller tidobling av soyaprisen i Brasil påvirke verdensmarkedsprisen for soya? Å kunne svare på disse spørsmålene for å avgjøre om denne hendelsen er relevant for det norske matsystemet, krever betydelig innsikt i de internasjonale matvaresystemene og hvordan disse fungerer. Vi har i dette arbeidet ikke vurdert hvor god kunnskap kommersielle aktører i Norge og norske myndigheter har til å svare på disse spørsmålene.

8.2.3 Verktøy for analysen

Hvis den klimarelaterte hendelsen vurderes å ha betydning for Norge, går analysen over i neste fase, som vil være å vurdere hvilke deler og hvilke aktører av det norske matsystemet som direkte og indirekte påvirkes av hendelsen. I tilfellet soya, vil fôrindustrien være direkte berørt, mens primærjordbruket og etterfølgende ledd i verdikjeden vil være indirekte berørt. Når aktørene er kartlagt, vil et neste steg være å analysere for hver aktør hvilke avbøtende tiltak som kan settes i verk. Det kan eksempelvis tenkes at fôrindustrien kan erstatte brasiliansk soya med et dyrere substitutt uten at mengden produsert kraftfôr går ned eller kvaliteten forringes. I så fall vil akvakultur og primærjordbruk påføres høyere kostnader som enten kan kompenseres av myndighetene eller prisene ut fra bonden/fiskeoppdretteren går opp og prisøkningene forplanter seg videre i verdikjeden.

Kvantitativ, modellbasert analyse, forskningslitteratur og annen dokumentasjon vil være viktige elementer i kunnskapsgrunnlaget som underbygger og kan forberede gjennomgang av eksisterende risikohåndtering for eksempel ved øvelser og andre former for stresstester. Kunnskapsgrunnlaget vil også bidra til å kvantifisere mulige effekter av den klimarelaterte hendelsen og på denne måten gjøre øvelsen mer konkret. I denne rapporten har vi eksemplifisert dette ved hjelp av kryssløpsanalyse og den regionale, generelle likevektsmodellen NOREG 2. Det finnes også partielle likevektsmodeller for jordbruket som inneholder en mer detaljert beskrivelse av primærjordbruket og matindustrien enn det som er mulig å få til i en generell likevektsmodell. Styrken med modellbasert analyse er at den analyserer effekter av hendelser i et strukturert og teoriforankret rammeverk, som kan være et nyttig korrektiv til aktørenes egne forståelser av hvordan hendelser påvirke matsystemet. Svakheten med slike analyser er at modeller nødvendigvis forenkler virkeligheten og at viktige elementer og relasjoner ikke omfattes av modellene.

Det andre viktige aspektet for en vellykket gjennomføring av en klimarisikoanalyse er at alle berørte aktører involveres og deltar. Dette gjelder ikke minst for myndighetene og forvaltningen. Vår beskrivelse av institusjonene i matsystemet viser at sektoransvaret og sektoravgrænsningen står sterkt i norsk forvaltning. Koordinering av for eksempel fôrforsyning fra samme kilder til marine og jordbruksbaserte deler av matsystemet, krever koordinering på tvers av departementer. Matsystemet krysser mange forvaltningsgrenser. Sentrale direktorater med ansvar for deler av matsystemet er Landbruksdirektoratet, Fiskeridirektoratet, Helsedirektoratet og Mattilsynet. I forbindelse med pandemien fikk også Utlendingsdirektoratet en viktig rolle for å avklare innreiseregler for utenlandsk arbeidskraft i jordbruket. I et klimaperspektiv vil Norges vassdrags- og energidirektoratet og Miljødirektoratet inneha viktige roller, og i et beredskapsperspektiv er Direktoratet for beredskap og

samfunnssikkerhet en sentral aktør, Et viktig formål med klimarisikoanalyser vil derfor være å analysere og styrke muligheter for god koordinering på tvers av forvaltningsenheter ved en klimarelatert hendelse.

8.2.4 Punktvis gjennomgang av metoden.

Nedenfor følger en oversikt over metoden som er benyttet i denne studien. Som vist i avsnitt 8.1.1 er metoden i stor grad i tråd med anbefalinger for risikoanalyser i EU. Samtidig er det grunn til å videreutvikle metodikken.

1. *Risikobegrep:* Det er forskjell på analyser av kriserisiko og langsiktig, krevende omstilling til en ny normaltilstand. I en ny normaltilstand kan det som normalt betraktes som krisehendelser være del av normal fluktuasjon. Klimarisiko favner begge typer. I vår analyse har vi lagt vekt på å relatere vår studie både til den generelle analysen av norsk klimarisiko i NOU 2018:17 og tilnærmingen i de nasjonale krisescenariene til DSB (2019). Vekten er lagt på hendelser som normalt antas å kunne utløse samfunnskriser, men som langs en veldig høy utslippsbane blir en del av normal fluktuasjon. Dette er drøftet og begrunnet i avsnitt 5.3.4.
2. *Omverdensanalyse:* Analysen av omverden bør være bred. I EUs retningslinjer snakker man om en «All-hazard» tilnærming (jf. avsnitt 8.1.1). I denne rapporten er fokus rettet mot klimarisiko der kunnskapsgrunnlaget i stor grad basert på rapportene fra FNs klimapanel. Sårbarheten i matsystemet er imidlertid i utgangspunktet vurdert på generelt grunnlag. Når det gjelder å overføre klimapanelets perspektiver til konkrete forutsetninger for et nasjonalt system for risikoanalyse av ulike sektorer og samlet økonomi, er det behov for omfattende analyser som også krever løpende oppdatering. De foreliggende overføringene av klimapanelets globale framskrivninger til nasjonale klimaforhold, innebærer i seg selv usikkerhet. Både den nasjonale klimaframskrivningen og den tilhørende, forventede samfunnsomstillingen fortjener større oppmerksomhet enn det har vært rom for i vår analyse.
3. *Systemanalyse* som er konkret og dekker et vidt spekter av risikofaktorer også utover klimarisiko, og dermed gir mulighet for å analysere risiko for sammenfall av hendelser i en ny normalsituasjon. I denne utredningen er beskrivelsen av matsystemet derfor ment å gi rom for å identifisere et bredt sett med risikofaktorer og sårbare funksjoner. Samtidig har det vært begrenset rom for å analysere og vurdere endringer i matsystemet de neste tjue årene.
4. *Konkrete scenarier og hendelser* med klare tidsperspektiv. Scenariene skal spenne ut mulighetsområdet og det må skilles klart mellom sannsynlighet og mulighet. For risikoanalyser som skal belyse sårbarhet er som regel det mulige viktigere enn de sannsynlige. For analyser som skal legge grunnlag for forventede verdier av konkrete tiltak og tilpasninger, stiller det seg annerledes. Som nevnt i forrige avsnitt må tidsperspektivet være klart, kunne varieres og være relevant for beslutningstagerne. Scenarier og hendelser må være konkrete slik at det er mulig å rette oppmerksomhet mot aktører, virksomheter og prosesser som har stor betydning for matsystemets resiliens. Samtidig bør ikke scenariotilnærmingen være begrensende for risikoforståelsen slik at samfunnsaktører blir blindet for andre utfall av klimaendring og annen samfunnsrisiko. Scenariene bør forankres blant aktører i systemet. Det er risikoforståelsen blant beslutningstagerne som avgjør systemets beredskap og resiliens, ikke forståelsen i en rapport. I dette foreliggende arbeidet har det vært begrenset rom for drøftingen med aktørene i næringen.
5. *Inkludere kompleks risiko og sammenfall av hendelser:* Klimaendring er overgang til nye varige tilstander med enkelthendelser med ekstreme priser eller redusert råvaretilgang som også har en viss varighet. Dermed blir scenariodrøftingen en kombinasjon av en ny, varig normaltilstand og enkelthendelser som i dagens situasjon anses som individuelle, nasjonale krisescenarier. Scenariene bør derfor inkludere muligheten for sammenfall av uavhengige hendelser, som skaper et mer komplekst risikobilde. I tillegg til å løpe risiko for klimarelaterte hendelser og

omstillingsproblemer, løper man minst samme risiko for andre, ikke-relaterte hendelser som kan true matsystemet. I vår rapport er slik kompleks risiko dekket, men hovedvekten er på klimarelaterte hendelser. Vi har påpekt behov for å se nærmere på sammenfall av hendelser, spesielt gjelder dette samtidig global avlingssvikt og norsk tørkesommer. Det kan også være grunn til å gå nærmere inn på sammenfall av energikriser og svekket tilgang på matvarer samtidig.

6. *Sårbarhetsanalysen bør skille mellom skadepotensial, forventet respons i systemet og evne til å tilbake stille systemet til en normal situasjon.* Dette reier seg om risikoanalyse på flere nivåer slik retningslinjene i EU er formuler (avsnitt 8.1.1). Responsevnen i systemet er en viktig del av systembeskrivelsen. Som vist i vår bruk av kvantitativ, modellbasert analyse, kan nettopp tilpasningen i markedet som følge av f.eks. prisendringer, dempe effekten og skadepotensialet betydelig. Systemet er i stor grad basert på desentralisert beslutningsfatning med aktører som har motiver for å dempe tap og utnytte muligheter også under endret klima og volatile forhold i globale matvaremarkeder. Sårbarhetsanalyse må forsøke å forstå den autonome tilpasningen og naturlig respons enten det dreier seg om å maksimere fortjenesten i en situasjon med stor knapphet på matvarer, eller å legge til rette for stabile varestrømmer og best mulig veiledning for forbrukerne. Samtidig finnes det rigiditeter som kan føre til unødvendig vareknapphet ut mot forbrukerne. Det bør også skilles mellom den responsevne som ligger i systemet i utgangspunktet, og den som bør og kan opparbeides ut fra den sårbarheten som påpekes i risikoanalysen. I denne utredningen er det tredje punktet om gjenoppbygging og tilbakestilling i liten grad dekket. Det kan også være grunn til et mer systematisk skille mellom det som er antatt, autonom tilpasning og de tilpasningene som bør vurderes som bidrag til økt resiliens.
7. *Sårbarhetsanalyse som understøttes av kvantitative beregninger.* Kvantifisering fremtvinger tydelige, etterprøvbare antagelser og mer kritisk sammenstilling av statistikk. Kvantifiseringen forutsetter også bruk av modeller. Analysen av et matproduksjonssystem favner flere, komplekse leveringskjeder, et mangfold av aktører og spørsmål om prismekanismer, etterspørsels- og tilbudstilpasning, gjennom leveringskjeden. I tillegg har tollvernet og en rekke matpolitiske virkemidler, stor betydning. Kvantifisert, modellbasert analyser innebærer forenkling, men gir økt mulighet for å oppdage svikt i resonnementer og ulogiske resultater. Vår analyse av matsystemet, for eksempel av prisendringer gjennom verdikjeden, disponering av begrensede mengder kornressurser, ville vært styrket gjennom mer utstrakt modellanalyse. Erfaringen med analysen av internasjonalt prissjokk, reiser problemstillinger som dels viser behov for å tilpasse modellen til temaområdet, men viser også at modellen kan utfordre og styrke konklusjoner fra mer kvalitative resonnementer. Den modellanalysen som er gjennomført, reiser viktige problemstillinger for videre bearbeiding og styrket forståelse av sammenhengene innenfor og mellom systemer.

8.3 Oppfølging og bruk i andre sektorer

En naturlig oppfølging av studien er for det første å styrke risikokommunikasjonen i matsystemet. Et viktig arbeid i denne sammenheng skjer i det eksisterende Rådet for matvareberedskap. Rådets arbeid dekker imidlertid kun en begrenset del av problematikken, slik vi oppfatter rådets arbeid.

Alle risikoelementer som er beskrevet i scenariene og hendelsene kan brukes til å gjennomføre øvelser eller stressteste eksisterende systemer, prosesser og rutiner på de fleste ledd i matsystemet. En oppfølging kan derfor være at man gjennomfører regelmessige *klimarisikoanalyser* for å trene på hvordan aktørene i matsystemet kan håndtere en klimarelatert krisesituasjon på best mulig måte. Som en illustrasjon kan det trekkes paralleller til andre type beredskapsøvelser der aktører simulerer krisehåndtering slik som brannvernøvelser eller havsnødøvelser. Sammenligningen kommer likevel til kort fordi aktørene ikke vil kunne øve på klimarisiko i praksis. I stedet for må det utformes konkrete scenarier for klimarelaterte hendelser som aktørene bør gå gjennom og vurdere betydningen av for det norske matsystemet og som grunnlag for å formulere avbøtende strategier og tiltak.

Metodikken som er beskrevet i rapporten, er antagelig et av de første eksemplene på norsk klimarisikoanalyse etter Klimarisikoutvalget. Tilnærmingen i de to analysene har viktige fellestrekk. En sektororientert analyse som vår, vil imidlertid være forskjellig fra en overordnet analyse av norsk økonomi som helhet. Utgangspunktet, forståelsen av klimaendringenes betydning og risiko er den samme, mens vektlegging av ulike risikofaktorer og detaljeringsgrad i analysen av det økonomiske systemet, er ulik.

Den grunnleggende strukturen i analysen bør ha overføringsverdi for andre sektoranalyser. Strukturen består av hovedelementer med god forankring for eksempel i praksis innenfor EU og i norsk analyse av samfunnsrisiko. Dermed er det også grunn til å anta analysen her gir nyttig innsikt også for studier av andre sektorer. Tre forhold kan imidlertid gjøre at studien av klimarisiko for matsystemet skiller seg fra andre studier.

- Primærproduksjonen i matsystemene er, til forskjell fra andre sektorer, og næringer, en integrert del av de terrestriske og marine økosystemene som påvirkes sterkt og direkte av klimaendringen. Matproduksjonen er direkte eksponert for effektene av endret klima og vær. Denne direkte eksponeringen innebærer at klimarisikoenes påvirkning på primærproduksjonen på land og i sjø er helt avgjørende for hvordan klimarisiko forplanter seg videre i de biobaserte verdikjedene. Andre sektorer og verdikjeder er ikke så direkte utsatt for svikt i verdikjedenes første ledd (råvareforsyningen). Dette skiller matsystemet fra andre systemer.
- Mat er både nødvendig for liv og helse og viktig for levestandard. Befolkningen vil derfor være følsom for selv begrensede forstyrrelser i matsystemet enn for forstyrrelser i andre systemer og verdikjeder.
- Et tredje forhold som særpreger matsektoren, er det institusjonelle rammeverket. Samspillet mellom marked, næringsorganisasjoner og politikk med mangfoldig virkemiddelbruk, tilsynsapparat og regelverk, er et av matsektorens unike særpreg.

Gitt at man tar hensyn til disse forskjellene mellom biobaserte (fotosyntesebaserte) næringer og de fleste andre sektorer i økonomien, vil vi forvente at metoden vi har benyttet og beskrevet i denne rapporten, med videreutvikling og tilpasninger, kunne anvendes i andre sektorer og verdikjeder.

Referanser

- Abubakra, A., Baraibar, M., Kemucie Mwangi, K., & Artan, G. (2020). *Climate change and locust outbreak in East Africa*. Nairobi: Te Intergovernmental Authority on Development Climate Prediction and Applications Centre (ICPAC). Hentet fra ICPAC.
- Adams, K., Benizie, M., Croft, S., & Sadowski, S. (2021). *Climate change, trade and global food security. A global assessment of transboundary climate risk in agricultural commodity flows*. Stockholm: Stockholm Environment Institute.
- Akvaplan NIVA. (2019). *Kunnskapsgrunnlag for nye arter i oppdrett. APN-rapport 60679-1*. Akvaplan-niva AS.
- Almås, K. A., & Josefsen, K. (2020). *Bærekraftig fôr til norsk laks Sintef-rapport 2020:01128*. SINTEF.
- Almås, K., & Aursand, M. (2019). *Biobaserte verdikjeder. Veikart for fremtidens næringsliv. SINTEF-rapport 63, 2019*. Trondheim: SINTEF.
- Aven, T. (2007). *Risikostyring, grunnleggende prinsipper og ideer*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bailey, R. (2015). *Climate and global crop production shocks. Final Project Report from the UK-US Taskforce on Extreme Weather and Global Food System Resilience*. London: Chatham House.
- Bardalen, A. (2018). *Klimarisiko og norsk matproduksjon. NIBIO-rapport VOL. 4 NR. 115 2018*. Ås: NIBIO.
- Baumeister, C., & Kilian, L. (2013). *Do Oil Price Increases Cause Higher Food Prices? Bank of Canada, Working Paper/Document de travail 2013-52*. <https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2013/12/wp2013-52.pdf>: Bank of Canada.
- Bellona. (2022, Januar). *Matsystemet må endres*. Hentet fra Bellona: <https://bellona.no/nyheter/klima/2022-01-derfor-ma-matsystemet-endres>
- Berck, P., & Sydsæter, K. (1995). *Matematisk formelsamling for økonomer*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bjartnes, A. (2021). *Vippepunkter i klimasystemet. Temanotat*. Oslo: Norsk klimastiftelse.
- Bjartnes, A., & al. (2019). *Hvordan møte klimarisiko?* Oslo: Norsk klimastiftelse.
- Bollyky, T. J., & Bown, C. P. (2020). The Tragedy of Vaccine Nationalism Only Cooperation Can End the Pandemic. *Foreign Affairs*. Vol 99, n. 5. 2020, ss. pp 95 -108 <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2020-07-27/vaccine-nationalism-pandemic>.
- Borgman, E., Foldager Pedersen, M., & Upadhyay Stæhr, P. A. (2022). *Marine Heatwaves in Northern Sea Areas. Occurrence, effects, and expected frequencies*. Miljødirektoratet.
- Botnan, J. I. (2015). *Matsikkerhet i et klimaperspektiv*. 2015: Forsvarets forskningsinstitutt.
- CEPII. (2016). *EconMap Database*. Hentet fra http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/presentation.asp?id=13
- CISA. (2020). *Cost of Cyber Incident: Systematic Review and Cross-Validation*. Cybersecurity & Infrastructure Security Agency.
- Dagligvaretilsynet. (2021). <https://www.dagligvaretilsynet.no/>.
- Dalvin, S., & Oppedal, F. (2019). *Utvikling av lakselus ved ulike temperatur og lys*. Bergen: Havforskningsinstituttet.

- Ditlevsen, P. (2017). *Tipping Points in the Climate System pp 33-53*. Cambridge University Press.
- DNV. (2021). *OCEAN'S FUTURE TO 2050. A sectoral and regional forecast of the Blue Economy*. Det Norske Veritas group.
- Dombu, S. V., Bardalen, A., Strand, E., Henriksen, B., & Lamprinakis, L. (2021). *Norsk matsikkerhet og forsyningsevne. NIBIO Rapport Vol 7 Nr 145, 2021*. Ås: NIBIO.
- DSB. (2017). *Risiko- og sårbarhetsanalyse av norsk matforsyning*.
- DSB. (2019). *Analysen av krisescenarier 2019*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
- DSB. (2019). *ANALYSER AV KRISESCENARIOER 2019*.
https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/p1808779_aks_2018.cleaned.pdf:
 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) .
- Dury, S., Bendjebbar, P., Hainzelin, Giordano, T., & Bricas, N. (2019). *Food Systems at Risk: new trends and challenges*. Rome, Montpellier, Brussels: FAO, CIRAD and European Commission.
- EAT-Lancet Commission. (2019, 07). *Eatforum*. Hentet fra Eatforum.org:
https://eatforum.org/content/uploads/2019/07/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf
- EEA. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe - An indicator-based report. EEA Report No 1/2017*. Hentet fra <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impactsand-vulnerability-2016>
- EEA. (2019). *Climate change adaptation in the agricultural sector in Europe*. Hentet fra <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>
- EU. (2019). *EU Forum for a better functioning food supply chain*. Hentet fra ec.europa.eu:
https://ec.europa.eu/growth/sectors/food-and-drink-industry/competitiveness-european-food-industry/forum-better-functioning-food-supply-chain_en
- EU-Commission. (2020 a). *Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. European Commission.
- EU-Commission. (2020b). *EU Biodiversity Strategy for 2030*. Brussel: European Commission.
- European Commission, D.-G. f. (2021). *Everyone at the table: co-creating knowledge for food systems transformation*, Webb, P. (editor), Sonnino, R. (editor). Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/21968>.
- Fairbrother Malcolm, A. G. (2021). Governing for Future Generations: How Political Trust Shapes Attitudes Towards Climate and Debt Policies. *Frontiers in Political Science 3/2021 p 47-*, <https://www.frontiersin.org/>.
- FAO. (2002). *Agricultural state trading enterprises and developing countries: some issues in the context of the WTO negotiations*. . Hentet fra FAO Papers on Selected Issues Relating to the WTO Negotiations on Agriculture.
- FAO. (2006). *fao.org*. Hentet fra FAO Policy Brief June 2006 Issue 2..
https://www.fao.org/fileadmin/templates/faoitaly/documents/pdf/pdf_Food_Security_Cocept_Note.pdf
- FAO. (2010). *The State of Food Insecurity in the World, Adressing Food Insecurity in Protracted Crisis*. Rome: FAO.
- FAO. (2015). *The State of the World Soil Resources*. Rome: FAO.
- FAO. (2018a). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. FAO fisheries and aquaculture technical paper 627. 630 sider*. FAO.

- FAO. (2018b). *The future of Food and Agriculture. Alternative pathways to 2050*. Roma: FAO.
- FAO. (2020a). *The State of the Worlds Fisheries and Aquaculture*. Roma: FAO.
- FAO. (2020b). *Animal health and Climate Change*. Roma: FAO.
- FAO. (2020c). *Global Report on Food Crisis 2020*. Roma: FAO.
- FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Synthesis Report*. Rome: FAO.
- FAO. (2021a). *The State of Food and Agriculture*. Rome: FAO.
- FAO. (2021b). *The State of the Worlds Land and Water Resources for Food and Agriculture*. Roma: FAO.
- FAO. (2022). *Food and Agriculture Organization of UN*. Hentet fra Resilience: <https://www.fao.org/resilience/background/en/>
- FAO. (2022b). *Food Outlook, Biannual Report on Global Food Markets*. FAO.
- FAO. (2022c). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO*. Rome: FAO.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. Rome, FAO*. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>.
- FAO, IPCC. Secretariat. (2020). *Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Roma: FAO on behalf of the IPPC Secretariat*. Rome: FAO.
- Finanstilsynet. (2020). *Risiko- og sårbarhetsanalyse 2020*. Hentet fra [finanstilsynet.no](https://www.finanstilsynet.no): <https://www.finanstilsynet.no/nyhetsarkiv/pressemeldinger/2020/risiko--og-saarbarhetsanalyse-ros-2020/>
- FN. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. FN.
- Food Security Information Network. (2019). *Global Report on Food Crises*. FSIN.
- Fossheim, M., Primicerio, R., Johannesen, E., & al., e. (2015). Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. *Nature Clim Change* 5, 673–677 (2015). <https://doi.org/10.1038/nclimate2647>.
- Framsenteret. (2021, 11 17). *Framsenteret.no*. Hentet fra Hvilke konsekvenser får klimaendringene for reindrifta?: <https://framsenteret.no/arkiv/hvilke-konsekvenser-faar-klimaendringene-for-reindrifta-5996259-146437/>
- Friberg, R., Pettersen, I., Steen, F., & Ulsaker, S. A. (2020). Annerledeslandet Norge: Butikktilgjengelighet og markedskonsentrasjon i Sverige og Norge». I F. Steen, & I. (. Pettersen, *Mot bedre vitende i norsk matsektor*. Oslo: Cappelen Damm.
- G20_landene. (2018). *Declaration of Agricultural Ministers 27-28. July 2018, Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires: G20.
- Giorgani, P., Rocha, N., & Ruta, M. (2012). *Food Prices and the Multiplier Effect of Export Policy*. Staff Working Paper ERSD-2012-08, WTO April 2012.
- Gladek, E., & al. (2017). *The Global Food System: An analysis*. WWF Netherlands.
- Global Commission on Adaptation. (2019). *Adapt now: A global call for leadership on climate adaptation*. Global Commission on Adaptation og World Resource Institute.

- Grefsrud, E. S., & al., &. (2021). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2021. Risikovurdering. Rapport fra havforskningen nr 2021-8* <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=40200&22318618>. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Grue, P. H. (2014). *Norsk landbrukspolitikk 1970-2010. bd 2*. Oslo: NILF.
- Hansen Bauer, I., & al. (2015). *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015*. Oslo: Norsk klimaservicesenter.
- Hauge, A., & Haraldsen, T. (2017). *Planering og jordflytting. NIBIO Bok VOL. 3 NR 4 2017*. Ås: NIBIO.
- Hegrenes, A., Prestegard, S. S., & Mittenzwei, K. (2016). *Norsk jordbrukspolitikk. Handlingsrom i endring*. Oslo: Fagbokforlaget.
- Helsedirektoratet. (2020). *Utviklingen i norsk kosthold 2019. Matforsyningsstatistikk og forbruksundersøkelser*.
- Helsedirektoratet. (2021). *Utviklingen i norsk kosthold 2020*.
- High Level Experts Forum. (2009). *Global agriculture towards 2050*. Rome: FAO.
- Hjukse, O. (. (2020). *Resultatkontroll for gjennomføringen av landbrukspolitikken*. Ås: NIBIO, Budsjettnemnda for jordbruket.
- HLPE. (2014). *Fodd losses and waste in the cont of a sustaniable food system. A report by the High Level Panel of Experts on Food Securityr and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome: FAO.
- HLPE. (2017). *Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Rome: FAO.
- Hohle, E. E., & al. (2016). *Landbruk og klimaendringer*. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.
- Hommedal, S. (2022, 06 22). *Havforskningsinstituttet*. Hentet fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/juni/hi-lanserer-risikokartet-for-kysten>
- Huserbråten, M., Eriksen, E., Gjørseter, H., & Vikebø, F. (2019). Polar cod in jeopardy under the retreating Arctic sea ice. *Nature Communication Biology*.
- IPBES. (2019). *The Global Assesment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES.
- IPCC. (2014). *Summary for policymakers. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.
- IPCC. (2018). *Global warming of 1.5°C A special report on the impacts of global warming of 1,5 degrees*. Geneve: IPCC.
- IPCC. (2019b). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Geneve: IPCC.
- IPCC. (2019c). *Special Report on Climate Change and Land*. Geneve: IPCC.
- IPCC. (2021). *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Geneve: IPCC.
- IPCC. (2022). *IPCC WGII Sixth Assessment Report, Impacts, Adaptation and Vulnerabilities*. IPCC.
- Isaksen, K., Nordli, Ø., Ivanov, B., & al. (2022, 06). Exceptional warming over the Barents area. . *Nature Scientific Report 12*, s. 9371.
- Jansson, T., & Wilhelmson, F. (2022). *Impacts on agricultural markets of a large production loss in Ukraine*. Uppsala: AgriFood Economics Centre.
- Jarli, T. (2020). *Korn og konjunktur 2020. Rapport 1-2020*. Oslo: Agri-Analyse.

- Jones, A., & Hiller, B. (2017, 9). Exploring the Dynamics of Responses to Food. *Sustainability*.
- Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A., & al, e. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nat Food* 2, 873–885 (2021). *Nat Food* 2, (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>.
- Kjesbu, O. S., & al. (2021, August). Highly mixed impacts of near-future climate change on stock productivity proxies in the North East Atlantic. *Fish and Fisheries DOI: 10.1111/faf.12635*, ss. 601-615.
- Klima- og miljødepartementet. (2021, 01 8). *Regjeringen.no*. Hentet fra Meld. St. 13 (2020–2021) Klimaplan for 2021–2030 Tilråding frå Klima- og miljødepartementet 8. januar 2021: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-13-20202021/id2827405/>
- Kornhuber, K., & al. (2019). Extreme weather events in early summer 2018 connected by a recurrent hemispheric wave-7 pattern. *Environmental Research Letters, Volume 14, Number 5*.
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography,. *Journal of Political Economy* (99), ss. 483-499.
- Landbruks- og matdepartementet. (2012). *Meld. St. 9 (2011–2012) Velkommen til bords*. Oslo.
- Landbruksdirektoratet. (2020). *Målprisrapport 2019–2020*. Oslo
https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/filarkiv/rapporter/M%C3%A5lprisrapport%202019-2020.pdf/_/attachment/inline/dff65e21-6cda-47ba-acd1-7c955cfb4525:5402e7c8dff6922f7b83208b96ad80693997442c/M%C3%A5lprisrapport%202019-2020.pdf: Landbruksdirektoratet rapport 31/2020.
- Landbruksdirektoratet. (2021, 3 24). *Landbruksdirektoratet.no*. Hentet fra Rundskriv 2020-23 Pristilskudd for korn og kraftfôr: <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/industri-og-handel/pristilskudd-og-avgifter/pristilskudd-for-korn-og-kraftfor/2.matkorntilskudd>
- Malthus, T. R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. London: London J. Johnson. Pelican Classics Ectitioon., Penguin Books, 1970 (First Essay).
- Meld. St. 1. (2020-2021). *Nasjonalbudsjettet 2021*. Finansdepartementet.
- Meld. St. 10. (2016–2017). *Risiko i et trygt samfunn – Samfunnssikkerhet*. Oslo: Justis- og beredskapsdepartementet.
- Meld. St. 11. (2016–2017). *Endring og utvikling – En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*. Landbruks- og matdepartementet.
- Meld. St. 14. (2020-2021). *Perspektivmeldingen 2021*. Finansdepartementet.
- Meld. St. 25. (2015-2016). *Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030*.
- Meld. St. 9. (2011–2012). *Landbruks- og matpolitikken – Velkommen til bords*. Landbruks- og matdepartementet.
- Menon Economics. (2019). *Markedsanalyse - encelleprotein. Kartlegging av markedet for gjærbasert encelleprotein til dyre- og fiskefôr*. Oslo: Menon-publikasjon nr. 110/2019.
- Milford, A. B., & Haukaas, T. (2017). *Åpning for import av epletrær og jordbærplanter: Økonomiske årsaker og konsekvenser. NIBIO rapport VOL.: 3, NR.: 15, 2017. Ås: NIBIO*.
- Miljødirektoratet. (2022). *Miljøstatus*. Hentet fra Nordsjøen og Skagerak: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/nordsjoen-og-skagerrak/>
- Molteberg, E. L., & Vågen, I. (2015). *Endret klima - effekter av endret klima og behov for tilpasninger. Potet og grønnsakproduksjon. Fagnotat til arbeidsgruppas rapport om landbruk og klimaendringer*. NIBIO.

- Nielsen. (2021). *NIELSEN Kvartalsrapport DVH Q1 2021*. Oslo: Nielsen. Hentet fra nielsen.no: <https://www.nielsen.com/wp-content/uploads/sites/3/2020/04/Nielsen-Norge-kvartalsrapport-Q1-2020.pdf>
- Norges Bank. (2019, 04 10). *Hvordan får vi betalt?* Hentet fra norges-bank.no: <https://www.norges-bank.no/kunnskapsbanken/penger/hvordan-far-vi-betalt/>
- NOU. (2011: 4). *Mat, makt og avmakt – om styrkeforholdene i verdikjeden for mat*.
- NOU 2018: 17. (2018). *Klimarisiko og norsk økonomi*. Oslo: Norges offentlige utredninger .
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2011, 05 06). *Prop. 111 L (2010–2011)*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop-111-l-20102011/id642130/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2020). *Daglegvare og konkurranse – kampen om kundane Meld. St. 27 (2019–2020)*. Nærings- og fiskeridepartementet.
- OECD. (2021, February 11). *Using trade to fight COVID-19: Manufacturing and distributing vaccines*. Hentet fra OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19): <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/using-trade-to-fight-covid-19-manufacturing-and-distributing-vaccines-dcod37fc/>
- Olsen, P. I., & Pettersen, I. (2021). *Food supply chains in Norway, causes and consequences of agrofood policies. A background report for the OECD Agricultural Policy review for Norway Paper issued by NIBIO 23.02.2021*. ÅS: NIBIO - arbeidsdokument.
- Omholt, E. L. (2019). *Økonomi og levekår for lavinntektsgrupper 2019. SSB Rapporter 2019/33*. Oslo: SSB.
- Ortiz-Bobera, A., Ault, T., Carrillo, C., & al., e. (2021, 4 01). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nat. Clim. Chang.* 11, 306–312 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>.
- Pettersen, I. (2016). Markedsordning og regulering i jordbruket. I A. Hegrenes, K. Mittenzwei, & S. Prestegard, *Norsk jordbrukspolitikk. Handlingsrom i endring* (s. 282). Bergen: Fagbokforlaget.
- Pettersen, I. (2020). *Ivar Pettersen. Fra nødvendighet til mulighet. Norsk Proteins posisjon og fremtidige rolle i sirkulær biøkonomi* . Nibio rapport 6/51/2020 .
- Pettersen, I., & Kårstad, S. (2021). *Mat, matindustri og verdikjeder*. Ås: NIBIO-rapport;7(67) 2021.
- Pettersen, I., Steen, F., & Ulsaker, S. (2020). Produktivitetsutvikling i norsk matsektor. I F. P. Steen, *Mot bedre vitende i norske matsektor*. (s. 268). Cappelen Damm Akademisk.
- Porritt, J., & McCarthy, M. (2015). The Global Protein Challenge. *Background Brief*. Stockholm Resilience Centre.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: The Free Press. A Division of Macmillan, Inc.
- Porter, M. E. (1979, May). How Competitive Forces Shape Strategy. . *Harvard Business Review*, Vol. 57, No.2 , ss. 137-145.
- Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York: Free Press.
- Prytz, E., Storhaug, F., & Fadnes, Y. (2019). *Utredning om kunnskap og håndtering av klimarisiko i andre land*. Oslo: EY.
- Pursiainen, C., & Rød, B. (2021). National disaster risk assessments in Europe. How comparable are they and why? *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 12 (2), ss. 194–214.

- Quiggin, D., Meyer, K., Hubble-Rose, L., & Froggatt, A. (2021). *Climate change risk assessment 2021. Reserach Paper, Environment and Society Program*. London: Chatham House.
- Regjeringen. (2020, Oktober). *EØS-notatbasen*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/okt/eus-klimaplan-for-2030-/id2783480/>
- Regjeringen. (2021, 05 31). *Avtaler for sunnere mat med næringslivet*. Hentet fra Regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/folkehelse/innsikt/avtaler-for-sunnere-mat-med-naringslivet/id2575961/>
- Regjeringen. (2021, Juni 16.). *regjeringen.no*. Hentet fra Nasjonal strategi for ein sirkulær økonomi: <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf>
- Reve, T., & Sasson, A. (2012). *Et kunnskapsbasert Norge*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Richardson, G. (1991). *Feedback Thought in Social Science and Systems Theory*. . Philadelphia. : University of Pennsylvania Press.
- Riekeles, H., Hoel, M., Rosnes, O., & Skjelvik, J. (2022). *Samfunnsøkonomiske nytteeffekter av beredskapslagring av matkorn*. Oslo: Vista Analyse Rapport 2022/14.
- Ring, P. H., & Hjukse, O. (2019). *Melding om årsveksten 2018. Normalårsavlinger og registrerte avlinger. NIBIO RAPPORT, vol. 5, nr. 87*. Ås: NIBIO.
- Riseth, J. Å., & Tømmervik, H. (2017). *Klimautfordringer og arealforvaltning for reindrifta i Norge. Kunnskapsstatus og forslag til tiltak. Eksempler fra Troms. NORUT Rapport*. Tromsø: NORUT.
- Riseth, J., Tømmervi, H., & Tryland, M. (2020). Spreading or Gathering? Can Traditional Knowledge Be a Resource to Tackle Reindeer Diseases Associated with Climate Change? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(16), 6002; <https://doi.org/10.3390/ijerph17166002>.
- Rommetvedt, H. (2002). *Matmakt – politikk, forhandling, marked*. (H. Rommetvedt, Red.) Oslo: Fagbokforlaget.
- Rødseth, A. (1992). *Konsumentteori*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Sandmo, A. (2006). *Samfunnsøkonomi - en idéhistorie*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Skaland, R. G., & al. (2019). *Tørkesommeren 2018. MET Info 14/2019*. Meteorologisk institutt.
- Smith, A. D., & al. (2011, 07). Impacts of Fishing Low-Trophic Level Species on Marine Ecosystems. *Science* 333 :1147, ss. 1147-1150.
- Statistisk sentralbyrå. (2020). *Regionale befolkningsframskrivninger. Oppdatert 18. august 2020*. . Hentet fra <https://www.ssb.no/befolkning/befolkningsframskrivninger/statistikk/regionale-befolkningsframskrivninger>
- Stensland, A. (2020). *2020 Global Agricultural Productivity Report: Productivity in a time of pandemics. T.Thompson (Ed)*. . Virginia Tech College of Agriculture and Life Science.
- Sterman, J. D., & Dogan, D. (2015). I'm not hoarding, I'm just stocking up before the hoarders get here. Behavioral causes of phantom ordering in supply chains. *Journal of Operations Management. Article in Press*. .
- Szkudlarek, P., & Biglieri, J. (2016). Trust as an element of social capital – evidence from a survey of Polish and Spanish students. *Journal of International Studies, Vol. 9, No 1, pp. 252-264. DOI: 10.14254/2071-8330.2016/9-1/19*.
- Søgaard, G., Bardalen, A., O'Toole, A., Belbo, H., Walland, F., Bakkebø Fjellstad, K., . . . Hietala, A. (2021). *Klimatiltak i landbruket i Trondheim kommune*. Ås: NIBIO.

- TCFD. (2017). *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. The Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD).
- Uleberg, E., & Dalmannsdottir, S. (2018). *Klimaendringenes påvirkning på landbruket i Norge innenfor ulike klimasoner*. NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 75 | 2018 . Tromsø: NIBIO.
- UN Office for Disaster Risk Reduction. (2021). *Special Report on Drought 2021*. Geneva: UN Office for Disaster Risk Reduction.
- UNEP. (2021). *Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and*. Nairobi: United Nations Environmental Program.
- UNFCCC. (2021). *Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat*. UNFCCC.
- Vederhus, A. (2007). *Forsøk på å flytte ein koloss. Dei norske medlemskapsforhandlingane med EU på landbruksområdet 1993–94. Rapport-01*. Oslo: NILF.
- Veggeland, F. (2016). Institusjonelle bindinger og interessekamp: Norges tilpasning til EU på mat-og landbruksfeltet». *Internasjonal Politikk*, 74, 2: 1–23. h. *Internasjonal politikk 74, 2: 1–23* <http://dx.doi.org/10.17585/ip.v74.459>.
- Vista Analyse. (2020). *Regional økonomisk framskrivning basert på likevektsmodellen NOREG 2*. Vista Analyse rapport 2020/08.
- Vista Analyse. (2021). *Langsiktige virkninger av korona-pandemien for økonomien i norske fylker En modellbasert analyse med likevektsmodellen NOREG 2*. Vista Analyse rapport 2021/11. .
- VKM . (2014). *Benefit-risk assessment of fish and fish products in the Norwegian diet – an update. Scientific Opinion of the Scientific Steering Committee. VKM Report 15 [293 pp]*. Oslo: Vitenskapskomiteen for mattrygghet.
- Woetzel, J., Pinner, D., Samandari, H. E., Krishnan, M., Denis, M., & Melzer, T. (2020). *Will the world's breadbaskets become less reliable? Case study*. McKinsey Globale Institute.
- World Meteorological Organization. (2021). *State of Global Climate 2021. WMO Provisional report*. WMO.
- Aas, T. S., Ytrestøyl, T., & Åsgård, T. (2019). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture Reports*, 15, 100216.

Vedlegg 1: Det norske matsystemet – verdikjede- og næringsbeskrivelse

I dette vedlegget drøfter vi verdikjedene i matsystemet helt generelt, fra råvareleddet til omsetning til forbrukerne. Det betyr at vi både er opptatt av klimarisiko direkte og mulig sammenfall av hendelser i verdikjeden for øvrig, samspill mellom ulike ledd i verdikjeden og med andre risikofaktorer og systemer. Drøftingen er den del av systemanalysen i kapittel 5 og leder fram til vektingen av ulike risikofaktorer for en velfungerende verdikjede (jf. Figur 5.2).

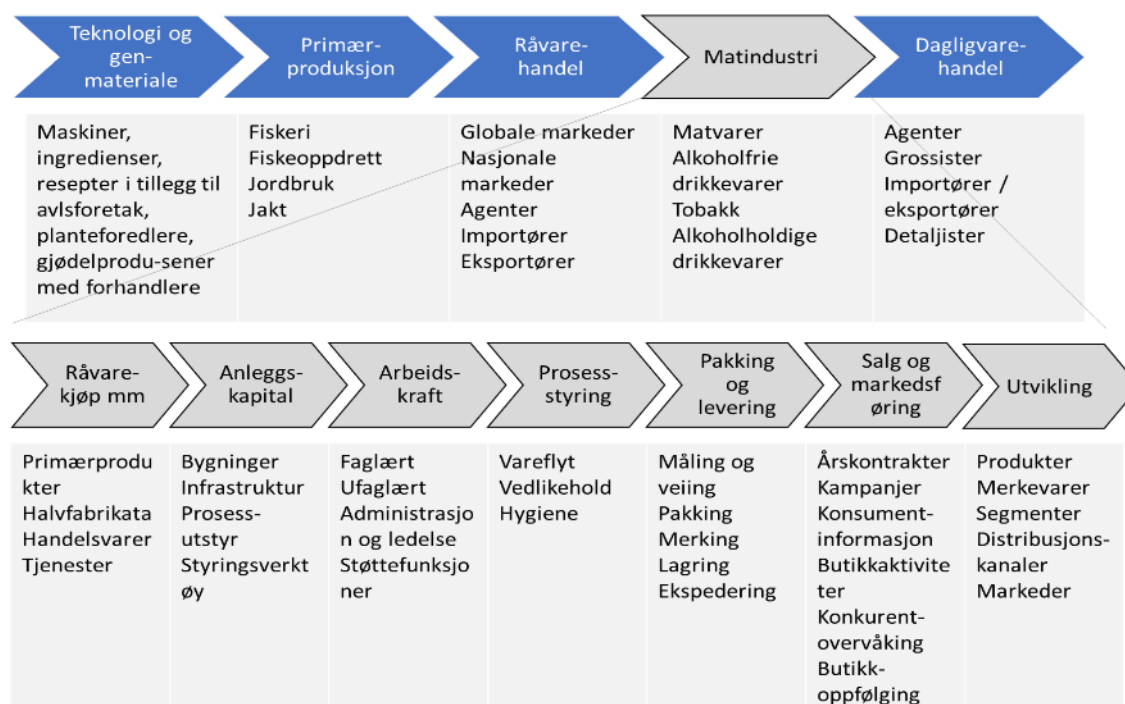
Elementene i markedssystemet; prosesser, verdikjeder, klynger og markedsregulering

De enkelte leddene i en kjede av prosesser fra teknologi eller råvarer til produkter klare for konsum, står i et gjensidig avhengighetsforhold. Teknologi og råvarer må tas i bruk i produksjon, produktene må bearbeides for lagring og distribusjon, de konsumferdige produktene må distribueres og transaksjoner gjennomføres. Avhengigheten gjør at sårbarhet på et ledd, normalt kan være sårbarhet for alle ledd. Eller; det mest risikoutsatte leddet bestemmer risikoen for hele verdikjeden under ett og for de endelige brukerne av produktene. Erfaringen fra covid-19-pandemien med avbrutt migrasjon av sesongarbeidskraft, har vært en tydelig påminnelse om at det risiko på ett punkt i en verdikjede, er risiko for hele verdikjeden.

Markedet har en tilbuds- og etterspørselsside. Forhandling om rammebetingelser og politiske organer med internasjonale avtaler, setter rammer for tilpasningen i det nasjonale markedet (jf. avsnitt 4.2.1). Verdikjeden beskriver tilbudssiden.

Prosessene

En måte å beskrive et tilbudssiden i markedet på, er som en verdikjede, dvs. prosesser som følger hverandre i en kjede fra innsatsfaktorer til ferdig konsumprodukt. Denne tilnærmingen er gjerne forbundet med Michael Porters strategilitteratur (1985). Figur V.1 beskriver, øverst i figuren, verdikjeden for matvarer fra innsatsfaktorer for primærproduksjon via primærproduksjon, råvarehandel og matindustri til dagligvarehandel som møter forbrukerne i butikkene eller over netthandelen. Denne verdikjeden i makro, fra innsatsvarer til ferdigvarer, kan detaljeres for enkeltledd. Nederste del av figuren illustrerer en mulig verdikjede for matindustrileddet, fra råvarekjøp til salg og virksomhetsutvikling.

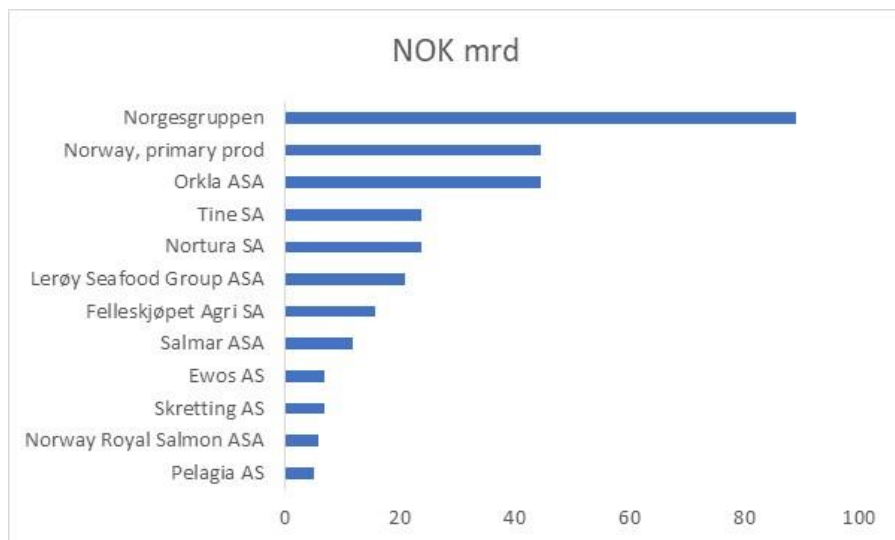


Figur V.1 Verdikjeder for matvarer, øverst, og industriledet, nederst. Illustrasjon.

Kilde: Konseptet er opprinnelig knyttet til Porter (1985)

Aktørene og markedsstrukturen

Matsystemet må, som sagt, konkretiseres. Vi har så langt konkretisert matsystemet som flere delsystemer og en rekke funksjoner og prosesser. Matsystemet er også noen enkeltaktører, hvor den ene kan være langt mer betydningsfull enn den andre. F.eks. er situasjonen i dag slik at to enkeltfamilier har evne til å fatte avgjørende beslutninger om nær 70 prosent av all norsk butikkhandel med matvarer og engroshandel, inklusive innkjøp fra matindustrien. På industriledet er Orkla, Tine og Nortura sammen ansvarlig for en stor andel av vareutvalget i butikkene. Sammenligner vi omsetningen i ulike norske foretak, blir samlet norsk primærproduksjon mindre enn halvparten så stor som den største norske dagligvareaktøren.

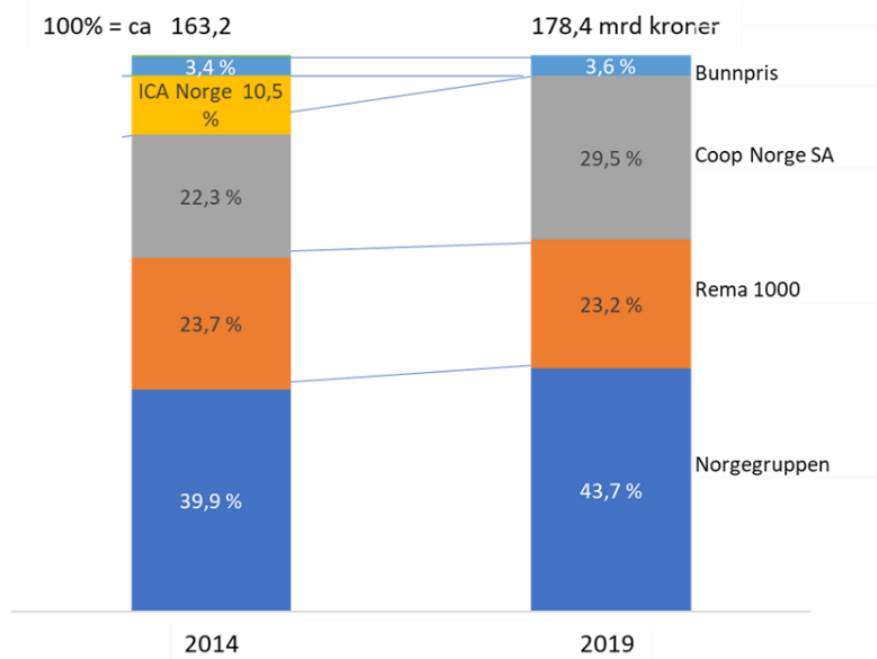


Figur V.2 De største foretakene i det norske matsystemet etter omsetning. Figuren inkluderer primærjordbruket som helhet, regnet til produksjonsverdi i nasjonalregnskapet. Mrd. kroner, 2019, men året kan variere.

Kilde: Diverse kilder, bl.a. årsregnskap. Dels estimater. Pettersen og Kårstad (2021)

En risiko- og sårbarhetsanalyse må derfor ta hensyn til at risikohåndteringen og sårbarheten kan være avhengig av en håndfull styre og eiergrupperinger. Samarbeidsavtalen mellom norske forsyningsmyndigheter og dagligvareaktørene om forsyningsberedskap tar hensyn til dette.

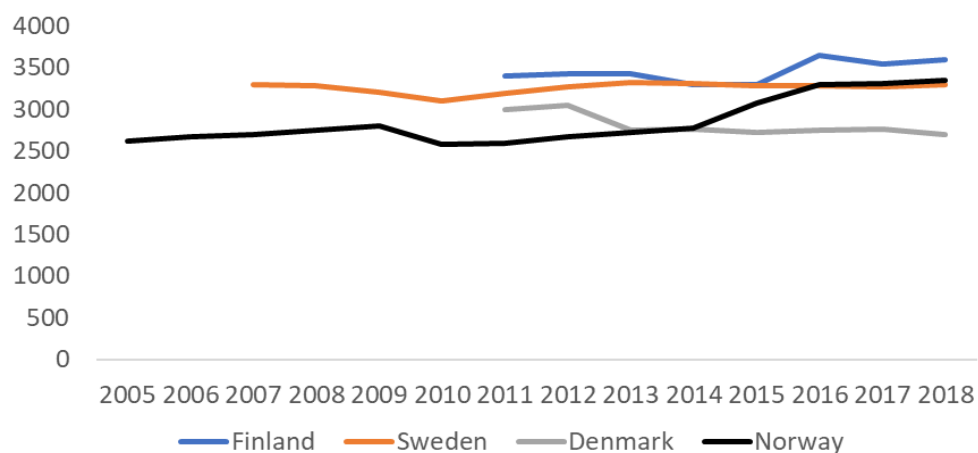
Dagligvaremarkedet dekkes av tre landsdekkende dagligvarekjeder; NorgesGruppen, Coop og Rema1000 (Figur V.3). Detaljhandelskjeden “Bunnpris” bruker NorgesGruppen som grossist. De tre dominerende aktørene er vertikalt integrerte når det gjelder engroshandel, logistikk og detaljhandel, og også dels integrert mot matindustri, import og merkevarebygging.



Figur V.3 Markedsandeler for paraplykjedene i dagligvarehandelen, 2014 og 2019.

Kilde: Nielsen. Dagligvare rapporten 2015 og <https://www.nielsen.com/no/no/insights/article/2020/lavere-vekst-i-norsk-dagligvarehandel-i-2019/>

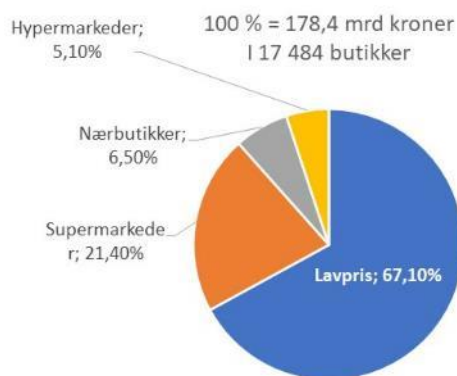
For å måle konsentrasjon på tvers av bransjer og land, brukes gjerne konsentrasjonsindekser. Figur V.4 sammenligner konsentrasjonsindeksene i dagligvarehandelen i Nordiske land ved hjelp av Herfindahl-indekser. Figuren viser at konsentrasjonen i norsk dagligvarehandel har økt siden 2015, da ICA forlot det norske markedet, og ligger på samme nivå som Sverige og Finland. Det er likevel forskjeller i strukturen som bl.a. drøftes i Friberg et al. (2020).



Figur V.4 Herfindahl indekser for dagligvaresektoren; Finland, Sverige, Danmark og Norge.

Kilde: Friberg et al. (2020)

NorgesGruppens og Remas engrosvirksomheter dekker rundt 50% av tilbudet til distribusjonskanalene utenfor dagligvarehandelen. Coop er ikke leverandør til disse andre delene av matmarkedet, bortsett fra i deler av grensehandelen mot Sverige (Olsen & Pettersen, 2021).



Figur V.5 Dagligvarebutikker fordelt på butikktype

Kilde: Nilsen Norge AS. Gjengitt fra Pettersen og Kårstad (2021)

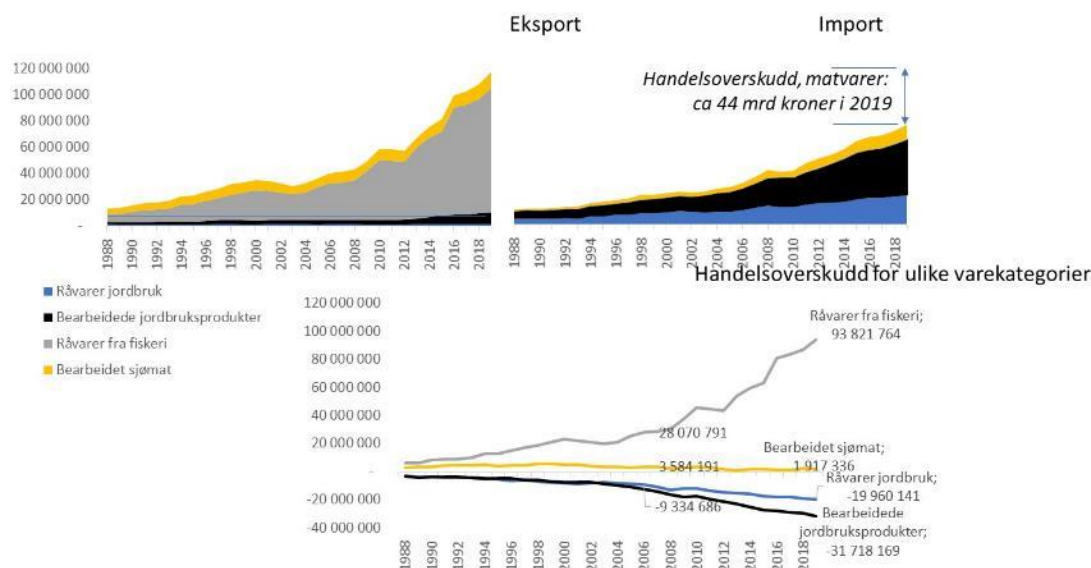
Olsen og Pettersen (2021) viser at strukturen i dagligvarehandelen i nordiske land er ganske lik den norske. Det er likevel noen viktige forskjeller som kan ha betydning for sårbarheten i matsystemet. I alle våre tre naboland har internasjonale dagligvarekjeder som Aldi og Lidl en viss, men begrenset markedsandel. De to internasjonale aktørene som har vært i Norge, Lidl og ICA er forsvunnet. Friberg & al. viser også at butikk tettheten i de mest tettbefolkede områdene i Norge er vesentlig høyere enn i Sverige. Dette kan skyldes ulike handlemønstre hvor dagligvarehandel foregår spredt over uken med mer småhandler enn f.eks. i Sverige. Et annet særtrekk ved norsk dagligvarehandel er den høye

andelen for lavprisbutikkene med relativt smalt vareutvalg. Det betyr at mens forbrukere flest kan velge mellom et betydelig antall lavprisbutikker for daglige innkjøp, må de normalt reise lengre for å finne spesialvarene.

Internasjonaliseringen

Det norske matsystemet blir i økende grad et internasjonalisert system. Vår nasjonaløkonomi nyter godt av et raskt økende, stort overskudd på handelsbalansen for matvarer. Beholdningen av levende lask og ørret i norsk akvakultur er økt med nær 50 prosent fra januar 2011 til januar i år og utgjør ved årsskiftet ca. 920 000 tonn, eller 170 kg pr. innbygger i Norge. Over nitti prosent av vår sjømatproduksjon eksporteres.

Men det er importen av konsumferdige matvarer som øker mest (Figur V.6). For jordbruksråvarer har vi et økende importoverskudd. Det tidligere dominerende importoverskuddet for jordbruksråvarer utgjør nå en liten del av den samlede handelsbalansen for jordbruksvarer. Mengden er imidlertid økende og kan være mer avgjørende for robust matforsyning til Norge som ferdigvareimporten.

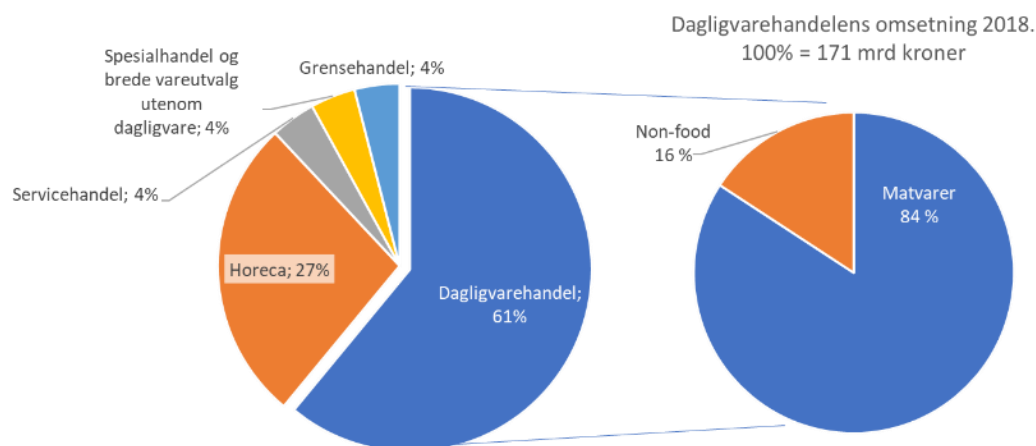


Figur V.6 Handel med matvarer, bearbejdede og råvarer, 1988-2019. Løpende norske kroner.

Kilde: SSB, tabell 08819. Tallene på SITC-tresifternivå er gruppert etter eget skjønn.

Etterspørselssiden og forbrukerne

Gjennom hele verdikjeden skjer det kontinuerlig tilpasning mellom tilbyder og etterspørere, f.eks. mellom primærprodusenter organisert i et produsentsamvirke, som f.eks. Gartnerhallen, og grossisten, Bama, mellom frukt- og grøntgrossisten og dagligvarehandelens kjeder. Disse transaksjonene er en del av verdikjede-systemet.



Figur V.7 Ulike distribusjonskanaler for matvarer: Butikkhandel fordelt på typer butikker og dagligvarehandelens sammensetning på varegrupper.

Kilde: Gjengitt fra Pettersen og Kårstad, 2021

Verdikjeden skal som helhet tilfredsstille etterspørselen hos de endelige forbrukerne. Forbrukerne henter matvarer gjennom ulike verdikjeder. Det norske matmarkedet kan i store trekk deles i fem deler (Figur V.7) hvor den ordinære dagligvarehandelen utgjør vel seksti prosent (Olsen og Pettersen, 2020). De øvrige delene er hotell, restaurant og catering (Horeca), med 27 prosent, servicehandel 4 prosent, servicehandel med brede vareutvalg utenom dagligvare, 4 prosent, og grensehandel 4 prosent. Dagligvarehandelens omsetning kan igjen deles i matvarer med 84 prosent og non-food med 16 prosent.

Kjøpermakt er et omdiskutert tema i norsk matsektor. Tradisjonelt har man vært opptatt av at selvstendige bønder må vernes mot mulig kjøpermakt i store industriforetak. Derfor er det vanlig at konkurranselovgevingen i vestlige industriland gir primærnæringsaktørene anledning til å samarbeide om priser og andre salgsvilkår overfor råvarekjøperne (Pettersen, 2016).

Under covid-19-pandemien har dagligvarehandelen vist stor omstillingsevne. Nielsen (2021) anslår en kraftig reduksjon i grensehandelen og flerdobling av omsetningen i netthandel med dagligvarer. Netthandel anslås i dag til ca. tre milliarder i årlig omsetning, som vil si mellom 1,5 og 2 prosent av omsetning i tradisjonelle dagligvarehandel.

Markedsklarering: Desentralisert og sentralisert beslutningsfatning med rasjoneringsystem til 2004

Markedsklarering vil si at all etterspørsel tilfredsstilles og alle tilbudte varer omsettes. I et fritt markedssystem med desentralisert beslutningsfatning, dvs. hvor enkelttilbydere og konsumenter bestemmer mengder tilbudt og etterspurt, det si at prisen justerer seg slik at det oppnås en likevekt mellom etterspørsel og tilbud. Markedet kan også klareres gjennom ulike former for rasjoning. Norge hadde et rasjoningssystem for matvarer som et beredskapsverktøy inntil 2004. Omtrent på samme tid ble statlig lagring av korn avviklet.

Sentraliserte markedssystemer og mekanismer for markedsklarering finner man i typiske sentralstyrte planøkonomier. Det norske markedssystemet er for de fleste varer, basert på desentralisert beslutningsfatning; dvs. den enkelte tilbyder og etterspørter på hvert ledd i verdikjeden, fastsetter egne volumer og priser ut fra selvstendige vurderinger.

Det norske matsystemet kombinerer desentralisert beslutningsfatning med vesentlige elementer av sentraliserte beslutninger og sentralisert forvaltning på viktige områder. De viktigste elementene av sentralisert beslutningsfatning er målpriser, markedsbalansering og administrative tollnedsettelse, råvarepriskompensasjon – RÅK-ordning, samt flere ordninger som er spesifikke for melkemarkedet og kornmarkedet. Dette er ordninger som gjør at markedet f.eks. i en situasjon med akutt knapphet eller svært store prisfluktuasjoner, kan oppføre seg annerledes enn markeder med mindre grad av sentralisert beslutningsfatning og styring.

- Målpriser er priser som avtales i forhandlingssystemet (jf. Figur 5.1) for et år av gangen. Vi har målpriser for noen produktkategorier; korn – fem kornsorter, melkeråvare – både ku og geit, egg, ti grønnsaker, samt epler og poteter over en viss minstestørrelse (Landbruksdirektoratet, 2020). For viktige varegrupper som storfekjøtt, svinekjøtt sau/lam og egg er målprisene erstattet av en volummodell, dvs. et system med tilsvarende formål og funksjon, dvs. som skal bidra til at priser som budsjetteres for kommende år blir som forutsatt i jordbruksavtalen. Prisdannelsen på mange jordbruksråvarer er utenfor disse prissystemene. Den viktigste gruppen er kylling. Dersom målprisene et år avviker fra det som kan forventes å gi en rimelig markedsdekning, kan det bli behov for økt import eller for å realisere betydelige lagre av råvarer gjennom sterke prisnedsettelse eller nye former for industriell bearbeiding.
- Markedsbalansering i det norske matmarkedet er sentralt styrt markedsoperasjon med sikte på å oppnå priser som er lagt til grunn eller avtalt i jordbruksoppgjøret. Markedsbalansering kan dermed resultere i at produkter holdes borte fra markedet gjennom subsidiert lagring eller overførsel til bestemte typer industriell bearbeiding som f.eks. spritproduksjon av poteter. Eksport av overskuddsmengder som kan true prisnivået i Norge, er i ferd med å bli faset helt ut. Dersom virkemidlene for markedsbalansering ikke er tilstrekkelig til å sikre klarering til priser som er lagt til grunn i jordbruksoppgjøret, kan overskuddstilførsel til markedet gi store prisfall for primærprodusenter.
- Administrative tollnedsettelse betyr at det settes en lavere tollsats enn normal tollsats i en periode, for å legge til rette for import av varer som supplement til norsk produksjon når prisene beveger seg over målpris eller prisnivåer er forankret i grunnlaget for jordbruksavtalen. For viktige norske jordbruksvarer iverksettes det normalt generelle tollnedsettelse, men det kan også benyttes kvoter med tollnedsettelse. Tollnedsettelse er tidsbegrensede. Dersom etterspørselen overstiger tilbudet til en prissetting i tråd med jordbruksoppgjøret, vil administrative tollnedsettelse redusere importbarrierene. I normale situasjoner vil importen øke raskt. Dersom imidlertid importen er lite elastisk, f.eks. på grunn av en unormal markedsituasjon internasjonalt, vil prisøkningen kunne bli stor. En slik situasjon oppstod uventet i forbindelse med feilvurderinger av det norske markedet for smør i november/desember 2011.
- Råvarepriskompensasjon – RÅK – ordning er virkemiddelbruk for å utjevne råvareprisforskjeller mellom EU og Norge for visse jordbruksbaserte matvarer. Typiske RÅK-varer er pizza, posesupper, bakervarer, kjeks, syltetøy og sjokolade. Virkemiddelbruken omfatter tollsatser og tilskudd. Tollsatsene er fastlagt i EØS-avtalen og ligger konstant over tid, mens tilskuddene, de såkalte prisnedskrivningstilskuddene – PNS – må justeres avhengig av utviklingen i relative råvarepriser i EU og Norge. Uten tilpasning av prisnedskrivningene kan man risikere at etterspørselen etter en betydelig del av norsk produksjon, og en vesentlig del av norsk matindustri, stenges ned.
- For melkemarkedet benyttes både ovennevnte systemer pluss kvoteregulering av råvareproduksjon og prisutjevningssavgifter og subsidier på melkeråvare avhengig av hvilken anvendelse råvaren har på meieriledet. Kvotereguleringen bidrar til spredt produksjon over hele landet. Selv om produksjonen normalt ligger på kvoten, er det betydelige muligheter til å justere melkevolumet noe oppover avhengig av markedsituasjon. Redusert av melkevolum må gjerne skje ved oppkjøp av kvoter. Oppnådd pris for bonden er også avhengig av satsene i prisutjevningssystemet og at etterspørselen blir om lag som forutsatt når satsene bestemmes. Et særtrekk for det norske

melkemarkedet sammenlignet med markeder f.eks. på kontinentet, er at det omsetts meget små mengder langtidsholdbar melk til det norske markedet. Det er heller ingen vesentlig bruk av tørrmelk eller fløtepulver i norske husholdninger.

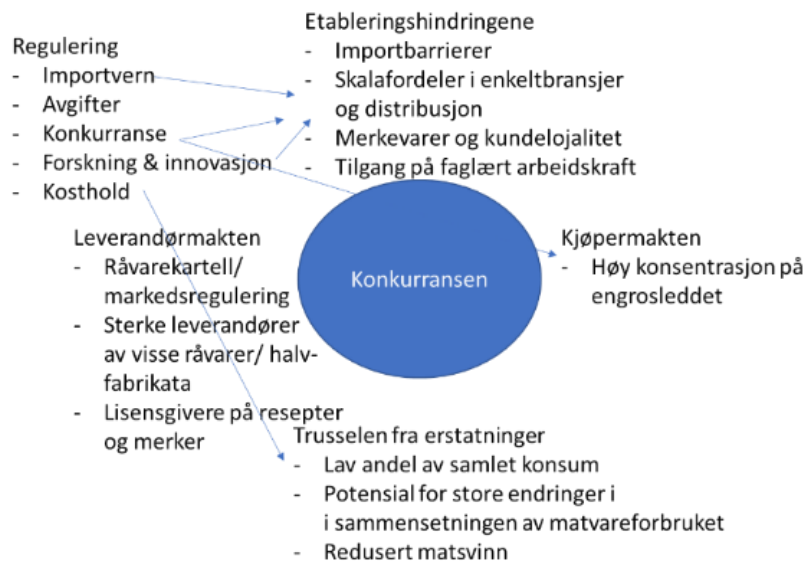
Myndighetsbestemt forbruksrasjonering i Norge fra 1940 til i dag: Under den annen verdenskrig ble alt fra mat og klær til vanlige forbruksartikler rasjonert. Restriksjoner på brennevin og tobakk ble opphevet i 1946. Smør, melk, fløte og andre meieriprodukter var rasjonert til 1949. Kaffe, te og sukker ble frigitt i 1952, tekstiler i 1954. Det var fortsatt restriksjoner på biler og boliger til 1960. Under oljekrisen i 1973 og 1974 ble det innført restriksjoner på bensin. Etter opphør av rasjoneringen ble det fortsatt oppbevart rasjoneringskort som beredskap for nye forsyningskriser. I 2004 ble det bestemt å avvikle rasjonering som en beredskapsordning. Tonnevis med rasjoneringskort ble destruert. (Kilde: <https://www.aftenposten.no/norge/i/lw1R7/faren-over> datert 11. aug. 2004 12:14, sist oppdatert 3. oktober 2018, lest 14.06.21)

I kornmarkedet tilpasses målprisene over året slik at kornprodusentene får motiver for å utnytte egen lager- og tørkekapasitet på gårdene. Det benyttes prisnedskrivningstilskudd til kornkjøpere for å sikre at korn omsettes gjennom ordinære omsetningsledd f.eks. i stedet for å bli benyttet til fôr for husdyr på egen gård. Kjøpere av norsk matkorn får matkorntilskudd for å sikre konkurransevnen for norsk korn og norske bakervarer, som det heter (Landbruksdirektoratet, 2021). Det finnes også frakttilskuddsordninger for korn. Prisnedskrivningstilskuddene for korn er i praksis en barriere eller avgift på eksport av korn, siden tilskuddet ikke utbetales for eksportert norsk korn. Til siste finnes det statlige tiltak for lagring av en kritisk innsatsfaktor for kornproduksjon; såkorn (Forskrift om beredskapslagring av såkorn, FOR-2012-10-30-1020)..

I tillegg til disse ordningene har Norge omfattende tradisjoner for rasjonering. Rasjoneringene fra 2. verdenskrig fortsatte for visse varegrupper inn på 1960-tallet. Rasjonering av drivstoff ble gjeninnført en kort periode på 1970-tallet (se boks). Beredskap for innføring av rasjonering ble avviklet i 2004. Det er likevel grunn til å regne med at man med dagens digitale teknologier og hjelpemidler relativt raskt kan gjeninnføre rasjonering for den store majoriteten av befolkningen.

Klyngeteori og agglomerasjon

En tredje type systembeskrivelser for en sektor bygger på agglomerasjons- eller klyngeteori. Begrepet ha røtter tilbake til tradisjonell teori om lokalisering av virksomheter, og er videreutviklet bl.a. av Paul Krugmans analyser av industrimiljøene i USA (Krugman, 1991). Poenget med klyngeteoriene er at det er samlingen av virksomheter og samspillet mellom disse, som i stor grad avgjør forutsetningene for vekst og konkurransevne over tid.



Figur V.8 Drivkrefter for matindustriens utvikling

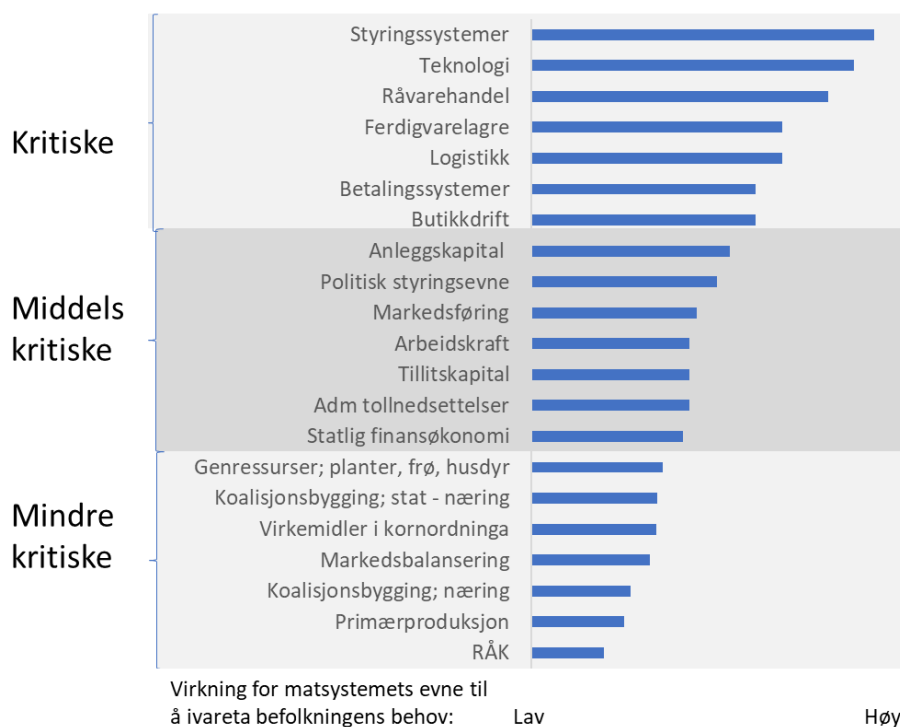
Kilde: Basert på Porter (1979)

Reve og Sasson (2012) bruker næringsklynger i sin diskusjon av kunnskapsbasert næringsutvikling i Norge og retter oppmerksomhet mot kunnskap, kunnskapsinvesteringer og kunnskapsdynamikk. De legger vekt på næringsmiljøenes evne til å tiltrekke seg talenter og investorer som både har kapital og kompetanse til å drive frem kunnskapsbasert virksomhet. Neste avsnitt benytter en slik form for næringsmiljøbeskrivelse, dvs. en klyngeteori.

En anvendelse av klyngeteorien er Michael Porters teori om fem drivkrefter for industriell utvikling (Porter M. E., 1980). Figur V.8 bygger på Porters modell, men er samtidig utvidet med en egen boks for regulering, dvs. for politisk bestemte rammebetingelser. Figuren inneholder momenter i forståelsen av fremtidig struktur og konkurranse innenfor norsk matsektor. Dette er faktorer vi kommer tilbake til i del neste avsnitt som drøfter i alt ti drivkrefter for endring i matsystemet.

Matsystemets utsatte elementer og risikofaktorer

Her gjennomgår vi i alt 21 utsatte elementer i det norske matsystemet og 14 hendelser, risikofaktorer, som kan påvirke de utsatte elementene. En fullstendig oversikt over elementer og hendelser er vist i vedlegg 1. De 21 systemelementene er basert på beskrivelsene i avsnittene foran og i kapittel 5. Til hver av systemelementene har vi identifisert hendelser som kan føre til svikt. De neste avsnittene beskriver hendelsene og rangerer dem etter betydning for matsystemets samlede funksjonalitet.



Figur V.9 Kritiske elementer i matsystemet, skjønsmessig gradert.

Kilde: Egen analyse

Risikoutsatte systemelementer

Ut fra beskrivelsene av matsystemet har vi identifisert 21 elementer i matsystemet. Hver av elementene er vurdert ut fra hvilke konsekvenser svikt i elementet kan ha for ivaretagelsen av befolkningens behov på matområdet. Analysen indikerer at matsystemet har sju meget kritiske elementer, som vi her gjør rede for.

Styringssystemer

All vareflyt styres i dag ved digitale teknologi basert på avansert databehandling, utnyttelse av store dataregistre, kunstig intelligens som bidrar til å forutse vareomløpet i butikken, oversikt over lagerbeholdninger og hylleplasseringer m.m. Sammenbrudd i styringssystemene anses derfor for en av de mest alvorlige systemsviktene i matsystemet.

Teknologi

Teknologi betyr her tilgang på innsatsfaktorer som avgjør evnen til å håndtere og bearbeide råvarer slik at kvalitet og sunnhet opprettholdes i størst mulig grad gjennom bearbeiding, lagring og distribusjon fram til endelig forbruk. I dag er disse teknologiene svært varierte og dels basert på en rekke avgjørende innsatsfaktorer som spesielle aminosyrer, spesielle fettsyrer, enzymer, kjemiske forbindelser, spesielle rensemidler og så videre. Laboratorier bruker meget avanserte metoder for å hindre forbudte stoffer og forurensning av eksempelvis smittestoffer og tungmetaller utover gitte toleransegrenser, og å sikre at råvarene kommer fra godkjente kilder. Evnen til raskt og effektivt å rense anlegg som har vært utsatt for smitte, kan være avgjørende for om kapasitet blir ute av drift over lengre perioder.

Råvarehandel

Råvarehandel foregår gjennom komplekse verdikjeder med både øyeblikks-, dvs. spot- handel og handel med varierende periode fra avtaleinngåelse til gjennomføring av avtalen. Den norske næringsmiddelindustrien er i betydelig og økende grad avhengig av internasjonal råvarehandel.

Sammen med råvarehandelen må det finnes fungerende logistikk som kan sørge for at lagerbeholdninger er som forutsatt når handler inngås, og ikke forurenses eller ødelegges. Terminkontraktene kan bety at en rekke aktører blir sittende med stort udekket finansieringsbehov når kontrakter skal gjøres opp. De handelspolitiske regimene er også en av de viktige forutsetningene for kontraktinngåelsen. Råvarehandelen er utsatt for både stor fysisk og finansiell sårbarhet. Råvarehandelen er mer oversiktlig for nasjonale produksjon til innenlandsk forbruk enn internasjonalt. I vår analyse er råvarehandel først og fremst transaksjonssystemet, inklusiv internasjonal handelspolitikk og -regulering, mens logistikk, ferdigvarelagre og tilbudssvikt i betydningen avgjørende bortfall av mengder i nasjonalt og internasjonalt handelssystem, er egne punkter.

Ferdigvarelagre

Ferdigvarelagrene er først og fremst nasjonale systemelementer. Norge har en struktur med sentraliserte knutepunkter og lagre for dagligvaredistribusjon som håndterer stort sett alle varestrømmer, med unntak for Tines ferskvarer, og sannsynligvis deler av volumvarer som mineralvann, som går direkte til regionale knutepunkter eller enkeltbutikker. Bama og COOP har også sentrale knutepunkter på Østlandet for store deler av frukt- og grønt. Kjeden og grøntgrossistene har også regionale distribusjonssentra som håndterer varestrømmene for omlasting til distribusjon ut til detaljistene. Det er dette systemet som har avgjørende betydning for kriseberedskapsarbeidet for matforsyningen i Norge i regi av Rådet for matvareberedskap (jf. avsnitt 7.3.2).

Logistikk

Logistikk utover ferdigvarelagre og selve transaksjons- og det regulatoriske, handelspolitiske systemet dreier seg om konsolidering, omlasting, lastbærere, transportkapasitet, transportveier og kompliserte informasjonssystemer både nasjonalt, men, spesielt, globalt. Under covid-19-pandemien har logistikkutfordringer fått stor oppmerksomhet både som følge av økte ubalanser i verdenshandelen som har gitt stor knapphet på lastbærere, containere, og blokkering av Suezkanalen på grunn av grunnstøting. I arbeidet med matkornforsyningen i Norge så vi også spesielt på sammenhengen mellom volatilitet i verdens kornmarkeder og det globale markedet for tørrbulkrakter.

Betalingsystemer

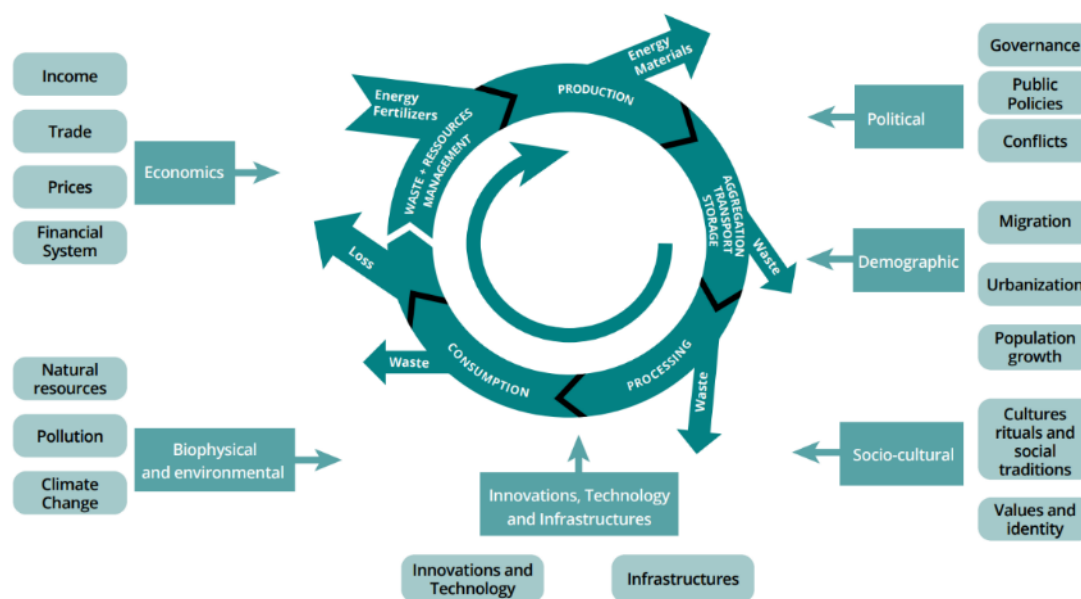
Betalingsystemene er i dag i all hovedsak digitale. Flest transaksjoner utføres med bankkort, mens det er girobetaling, dvs. betaling i nettbank o.l. som utgjør de største summene. Andelen digital betaling er økende (Norges Bank, 2019). Selv om total verdi av sedler og mynter i omløp bare synker svakt, er det neppe mulig å tenke seg fungerende omsetning av matvarer i Norge i dag, uten digitale hjelpemidler. Når sentralbanker i økende grad vurderer også å ta i bruk digital valuta, kan både omfanget av digital betaling og kompleksiteten i de digitale betalingsystemene øke betydelig.

Butikkdrift

Som vist i Figur V.8 er detaljhandelen hovedkanalen for omsetning av matvarer i Norge. Etter hvert vil vi få tall som viser betydelig vekst i netthandelen, men foreløpig må vi forvente at direkte leveranser av matvarer utgjør en begrenset del av omsetningen. Videre er også en vesentlig del av netthandelen basert på de tradisjonelle dagligvareaktørenes verdikjeder med grossistfunksjon for både tradisjonell butikkhandel og netthandel, og netthandel med distribusjon fra eksisterende detaljister.

De risikoutsatte elementene fra systemanalysen her kan f.eks. sammenlignes med elementene i matsystemanalysen i Dury et al., (2019) (Figur V.10). Sammenligningen indikerer at vår analyse er mer detaljert når det gjelder risikofaktorer i verdikjeden (indre sirkel i Figur V.10). Mens vi peker på betydningen av IKT-ressurser og f.eks. elektrisitet, begrenser Dury et al. seg til å påpeke to viktige innsatsfaktorer på primærleddet; energi og gjødsel. Dury et al. er også mer opptatt av drivkreftene på etterspørselssiden enn systemanalysen her har vært. Det er f.eks. mulig å utvide vår analyse ved å anta at etterspørselen innen f.eks. 2045 kan skifte betydelig i retning av plantebasert mat. Klimarisikoen

dreier seg primært om planteressurser og dermed, for husdyrnæringene, tilgangen på vegetabilsk fôr. Om vi tar høyde for en slik dreining i etterspørselen over tid, kan vi få en noe forsterket effekt av hendelser på klima- og værområdet.



Figur V.10 Oversikt over drivkrefter som påvirker ulike deler av matsystemer, som presentert i rapporten Food Systems at Risk fra FAO/EU

Kilde: Dury et al. (2019)

Hendelser og risikofaktorer

Til hver av de risikoutsatte systemelementene i avsnittet ovenfor, har vi forsøkt å identifisere hendelser som kan føre til sviktende funksjonalitet. Gjennomgangen av de 21 risikoutsatte systemelementene har på denne måten gitt grunnlag for å vurdere et sett risikofaktorer som viktige for matsystemet.

Tabell V.1 viser i høyre kolonne de 14 risikofaktorene. Tabellen sammenligner disse med det samlede sett trusler som DSB (2019) har brukt som utgangspunkt for sitt nasjonale risikobilde.

Sammenligningen viser at systemanalysen for matsystemet legger vesentlig mer vekt på politiske og institusjonelle risikofaktorer, mens det nasjonale risikobildet har vesentlig flere nyanser av naturkatastrofer, vold og konflikt. Systemanalysen av matsystemet har også gitt grunnlag for mer detaljert spesifisering av ulike typer forsyningssvikt.

Tabell V.1 Hendelser, farer og trusler: Sammenligning av det nasjonale risikobildet og systemanalysen

Identifiserte farer og trusler (DSB, 2019)	Hendelser behandlet i systemanalyse
1. Ekstremvær og flom	Ekstremvær, nasjonalt Ekstremvær globalt
1. Skred	
2. Smittsomme sykdommer	
3. Skog- og utmarksbranner	Annen naturskade og fysisk skade
4. Romvær	
5. Vulkansk aktivitet	
6. Jordskjelv	

7. Kjemikalie- og eksplosivhendelser
8. Atomulykker
9. Offshoreulykker

	Forsyningssvikt for elektrisitet
10. Forsyningssvikt	Tilbudssvikt for innsatsfaktorer utenom råvarer Logistikkbrist Ettersp.sjokk
11. Transportulykker	Logistikkbrist
16. Digitale angrep	Cyber-krise
Hendelser i DSB (2019) som i hovedsak ikke er dekket i systemanalysen	
12. Politisk motivert vold	
13. Hevnmotivert vold	
14. Sikkerhetspolitisk konflikt	(Svikt i politisk styringsevne) (Svikt i statlige finanser)
Hendelser i systemanalysen som ikke er dekket i DSB (2019)	
	Sviktende tillit
	Svikt i politisk styringsevne
	Svikt i statlige finanser
	Svikt, koalisjon; stat - næring
	Svikt, koalisjon; næring
	Stengte grenser for arbeidskraft

Kilde: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB, 2019). Egen analyse

Nedenfor følger en kort omtale av enkelte av hvilke trusler vi legger til grunn som potensielt mest skadelige for den norske leveringskjeden for matvarer:

- Cyber-krise betyr at størstedelen av IKT-ressursene det nasjonale matsystemet faller ut. Dersom de digitale ressursene og IKT-systemene faller ut, er de direkte effektene for varebestilling og betalingstjenester store. Indirekte påvirkes vareflyten gjennom hele verdikjeden, logistikken, lagerholdet, råvarehandelen osv. Nasjonale cyber-kriser kan være del av samtidige internasjonal og globale kriser, f.eks. pga. store, internasjonale og velregisserte angrep mot global IKT-infrastruktur eller pga. sviktende leveranser og sikkerhet hos noen få kritiske leverandører av datachips og halvledere.³⁵ Antall datatyverier, spesielt med sensitive persondata som mål, er raskt økende og omfatter mellom 500 og 600 millioner registerdata årlig (<https://www.securitymagazine.com/articles/91366-the-top-12-data-breaches-of-2019>). Samme magasin anslår markedet for cyberkriminalitet til 2 000 milliarder årlig i 2021, og at det kan øke rundt 60 prosent innen 2025 (<https://cybersecurityventures.com/hackerpocalypse-cybercrime-report-2016/>). Når det gjelder den delen av IKT-ressursene som knyttes til betalingssystemene, har Finanstilsynet en regelmessig overvåking (Finanstilsynet, 2020). Tilsynet påpeker risiko knyttet til sårbarheter i IKT-drift, skjerming av konfidensiell informasjon og forsvarsverk mot digital kriminalitet som de mest sentrale truslene. Tilsynet er f.eks. opptatt av oppfølging av

³⁵ <https://fortune.com/2021/05/09/chip-semiconductor-shortage-global-end/>

leverandører og deres etterlevelse av foretakets sikkerhetskrav. Tilsynet reiser tvil om risikoanalysene avdekker den reelle risikoen, og om bankers har tilfredsstillende rutiner f.eks. for utveksling og håndtering av informasjon og sikkerhetstesting.

- Forsyningssvikt for elektrisitet: Elektrisitetsforsyning er en av 14 kritiske funksjoner for samfunnstryggheten, ifølge Meld. St. 10 (2016–2017) *Risiko i et trygt samfunn*. Kraftforsyning omfatter der systemer og leveranser som er «naudsynte for å ta vare på samfunnets behov for elektrisk energi til oppvarming, hushald, produksjon, transport med meir og fjernvarme der slike anlegg er utbygde». Alle funksjoner i det norske matsystemet er avhengige av velfungerende kraftsystem og pålitelig strømforsyning.
- Ekstremvær nasjonalt: Både jordbruksproduksjon og også til dels. Sjømatproduksjon, er avhengig av værforhold, og dermed utviklingen i klimaet både når det gjelder gjennomsnittlige væreforhold, uforutsigbarhet, turbulens og ekstremvær. Siden klimautviklingen og fremtidig væreforhold er hovedtema senere i rapporten, er det de andre risikofaktorene som omtales nærmere her. Disse risikofaktorene kan danne relaterte til tilfeldig sammenfallende begivenheter som bidrar til å forsterke aktuelle risikobilder for matsystemet. I systembeskrivelsen her skiller vi mellom nasjonalt vær og klima, og værforhold globalt.
- Tilbudssvikt dreier seg om at forsyninger stanser opp, dvs. markedene klareres ikke til veldefinerte priser. Som regel må dette forventes å være hendelser av begrenset varighet. Som nevnt er det tilstrekkelig at hendelsen kan vare i sju dager med stor skadevirkning for tilfredsstillelse av befolkningens behov, for at risikofaktoren kan anses som samfunnskritisk. For matsystemet er det naturlig å peke på forsyninger f.eks. av veterinærmedisiner, teknologikomponenter som de nevnte chips og halvledere som får raskt voksende betydning for alle typer landbruksmaskiner, tilgang på kjemikalier og biomaterialer til bekjempelse av plantesykdommer, muligheter for forsyning av rensede genmaterialer for produksjon av planter og trær til frukt- og bærproduksjon, visse kritiske innsatsvarer i fôrproduksjonen som soya fra Brasil, tilgang på plantetilgjengelig fosfor osv. hendelser på disse områdene vil sannsynligvis være globale, dvs. ha samme type effekt både på det norske og globale produksjonssystemet. De kan også påvirke sjømat- og jordbrukssektoren i samme grad.

I neste kategori, med lavere samlet vekt, kommer faktorene sviktende tillit til matsystemet, logistikkbrist, svikt i politisk styringsevne, svikt i statlig finanser og ekstremvær globalt, samt etterspørselssjokk.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.