

Vitenskapelig publikasjon

Arealbytte og transport langs vei i jordbruket

Land exchange and transport along roads in agriculture

Klaus Mittenzwei

Seniorforsker ved Ruralis, Institutt for rural- og regionalforskning
klaus.mittenzwei@ruralis.no

Abstract

A constant reduction in the number of active farms and more or less persistent agricultural area on a national basis leads to increased transport and emissions of greenhouse gases in agriculture. How great is the potential for reduced transport costs and lower emissions, and under what conditions can it be triggered? The problem is approached through an economic model with detailed information about farms, parcels and the road network in two Norwegian regions with different agricultural systems: grain production in Åsnes and Våler, and milk production in Voss. The results indicate that costs and emissions can be halved under certain criteria. Soil and yield potential as well as cooperation between farmers appears to be crucial to achieving better land allocation. Improved land allocation can be profitable and climate-friendly in itself, but is expected to have a limited effect on agriculture's total economy and climate challenges.

Keywords

Transport costs, land fragmentation, greenhouse gas emissions, milk, grain

Innledning

Strukturendringen i norsk jordbruk har pågått i lang tid, og fører til stadig færre bruk. Med tilnærmet uendret jordbruksareal i Norge innebærer dette at bruksstørrelsen øker. Mens et bruk disponerte 147 daa i gjennomsnitt i 1999, økte det 20 år senere til 252 daa (SSB 2020a, 2020b). En nødvendig konsekvens er økt transport langs vei mellom bruk og areal. Et eksempel er melkeproduksjonen der større besetninger krever at fôr høstes lenger unna fjøset og husdyrgjødsel transporteres tilbake over lengre avstander. Riktignok kan økt transport motsvares av mindre arbeid i fjøset slik at det for den enkelte bonde kan lønne seg å leie areal selv om det ligger et godt stykke unna bruket. Selv om økt transport under visse forutsetninger kan lønne seg økonomisk,

vil det føre til et høyere dieselforbruk og utslipp av klimagasser. Hiironen og Nuikkänen (2014) viser at fortsatt strukturrasjonalisering i Finland vil nærmest doble gjennomsnittlig avstand fra bruk til areal, fra 3,3 km i 2011 til 6,0 km i 2020. Spørsmålet er derfor likevel om en mer hensiktsmessig fordeling av jordbruksareal mellom bruk vil kunne redusere både transport langs vei og utslipp av klimagasser.

Hypotesen for denne artikkelen er at potensialet for lavere transportkostnader langs vei og klimagassutslipp knyttet til denne transporten er avhengig av veinettet, fordelingen av bruk og jordbruksareal i en region og kvaliteten på arealet og sosiale barrierer.

Til tross for skjerpet fokus på denne problematikken i jordbruket finnes det ikke noe litteratur som systematisk har sett på og beregnet hvordan areal kan byttes mellom bruk i en region for å redusere regionens samlede transportkostnader og utslipp. Derimot finnes det flere utredninger som har beregnet kjørekostnader for det enkelte bruk (Kårstad mfl. 2015; Grimstad 2015; Gjellestad 2018). Kårstad mfl. (2015) beregner omtrent like høye kjørekostnader per km for bruk med melk i Kvinnherad i Hordaland og Klepp i Rogaland, mens Gjellestad (2018) påviser at teknologi for spredning av husdyrgjødsel og samarbeid mellom bønder har innvirkning på transportkostnadene. Grimstad (2015) utvikler en modell for beregning av transportkostnader i kornproduksjonen.

I denne artikkelen presenteres resultater fra en økonomisk modell som er utviklet for å minimere transportkostnader langs vei i jordbruket ved å bytte areal mellom bruk i en gitt region. Modellen baserer seg på detaljert informasjon om bruk, jordbruksareal og veinett, og den er anvendt i to regioner: Åsnes og Våler kommuner i Innlandet og Voss i Vestland fylke. I neste kapittel presenteres data og metode. Deretter gis det en oversikt over resultatene før det konkluderes i siste kapittel.

Data og metode

I det følgende beskrives datagrunnlaget for analysen og metoden for å beregne transportkostnader langs vei og tilhørende utslipp ved ulike fordelinger av teiger mellom bruk. En teig er definert som et avgrenset stykke jordbruksareal der det dyrkes én vekst og der det utføres samme arbeidsoperasjon på samme tidspunkt. Med bruk menes et aktivt jordbruksforetak som søker om produksjonstilskudd i jordbruket. I all korthet består datagrunnlaget av informasjon om bruk, teiger og veier. Dataene er hentet fra ulike kilder slik som Landbruksdirektoratet, SSB og Statens kartverk. Metoden går ut på å koble bruk, teiger og veier slik at veinettet knytter sammen alle bruk og alle teiger. Dernest er det utviklet en matematisk programmeringsmodell som beregner og minimerer transportkostnader mellom bruk og teiger under bestemte forutsetninger.

Data

To studieområder er valgt ut for analysen: **Åsnes og Våler** som eksempel på et område med vekt på planteproduksjon (korn og potet), og Voss der melkeproduksjon står sentralt.

Brukene og deres arealbruk er basert på Landbruksdirektoratets statistikk for søknader om produksjonstilskudd i jordbruket. De aller fleste aktive gårdsbruk i Norge søker om produksjonstilskudd og omfattes dermed av denne statistikken. Landbruksregisteret, Matrikkelen og FKB-AR5 som er et datasett som beskriver Norges arealressurser, er datagrunnlaget bak identifiseringen av teiger som er koblet til landbrukseiendommer, og derfor kan kobles mot informasjon om arealbruk. Informasjon om eierstrukturen er hentet fra Matrikkelen, mens veinettet er basert på data fra Statens kartverk. Datamaterialet er beskrevet i detalj i Stokstad mfl. (2020).

Analysen omfatter areal i samme region som bruket. Det betyr at areal utenfor hhv. Åsnes/Våler og Voss er utelatt. Det samme er areal innenfor de to regionene som drives av bruk utenfor de to regionene. Videre er areal som kan byttes, begrenset til fulldyrket jord. Overflatedyrket jord og innmarksbeite er utelukket fra å bli byttet mellom bruk. Dette har forenklet analysen samtidig som det foregår mindre kjøring til slikt areal. Bruk og teiger er definert som punkter i veinettet, og denne informasjonen er brukt til å beregne den korteste avstanden mellom hvert bruk og hver teig.

Tabell 1 viser deskriptiv statistikk for bruk, areal og avstand mellom bruk og teiger i de to områdene. Avstanden er beregnet på grunnlag av et veinett som kobler bruk og arealer.

Tabell 1. Deskriptiv statistikk for de to studieområdene.

	Åsnes og Våler		Voss	
	totalt	per bruk	totalt	per bruk
Bruk (antall)	364		334	
Areal (daa)	125 358	344	35 013	105
... derav eid	57 711	159	16 147	48
... derav leid	67 647	186	18 866	56
Teiger (antall)	3 029	8	2 111	6
Gjennomsnittlig avstand (km per teig)		3,62		2,27
Gjennomsnittlig teigstørrelse (daa)	41,4		16,6	

Kilde: Egen beregning.

Analysen omfatter om lag 350 bruk i hvert av studieområdene, men Åsnes/Våler er større målt i areal enn Voss. Brukene i Åsnes/Våler er i snitt tre ganger så store som brukene i Voss. Andelen eid og leid areal er den samme i begge områdene. I overkant

halvparten av arealet er leid (54 prosent). Størrelsen av Åsnes/Våler sammenlignet med Voss reflekteres også i et større antall teiger i dette området. Teigene i Åsnes/Våler har en gjennomsnittlig størrelse på 41,4 daa, mens teigene i Voss er mindre med 16,6 daa. Teiger har en gitt størrelse og et gitt koblingspunkt til veinettet. Dataene viser noen tilfeller der flere bruk gjør krav på produksjonstilskudd for samme teig. I disse tilfellene er teigene delt mellom disse brukene, og hver del regnes som en selvstendig teig. I gjennomsnitt driver et bruk i **Åsnes og Våler** åtte teiger, mens et bruk i Voss har seks teiger. Avstanden mellom bruk og teig er definert som den korteste avstanden på vei mellom brukets driftssenter og punktet som kobler teigen til veinettet (Stokstad mfl. 2020). I **Åsnes og Våler** er den gjennomsnittlige avstanden mellom bruk og brukenes teiger beregnet til henholdsvis 3,62 og 2,27 km per teig. Den gjennomsnittlige avstanden per bruk er her vektet med antall teiger per bruk.

Det er stor variasjon i bruksstørrelse, antall teiger og avstand til brukenes respektive teiger. Tabell 2 viser gjennomsnittsverdier for hele populasjonen og for de 10 prosent av brukene med hhv. høyest og lavest areal, teiger og avstand til teigene.

Tabell 2. Areal, teiger og avstand til teiger i gjennomsnitt per bruk i de to studieområdene for hele og deler av populasjonen.

	Åsnes/Våler			Voss		
	10 % lavest	Alle	10 % høyest	10 % lavest	Alle	10 % høyest
Areal (daa)	35	344	1 174	21	105	336
Teiger (antall)	1	8	26	2	6	19
Gjennomsnittlig avstand (km per teig)	0,1	3,6	17,7	0,1	2,3	8,9

Kilde: Egen beregning.

De 10 prosent av brukene med mest areal i **Åsnes og Våler** driver 1 174 daa, over tre ganger så mye areal som gjennomsnittet for hele populasjonen. Det er enda større spredning når det gjelder avstand til teiger. Den gjennomsnittlige avstanden for de 10 prosent av brukene med høyest gjennomsnittlig avstand er nesten 5 ganger så stor i Åsnes/Våler. Avstanden til teigene er bortimot 18 km for de 10 prosent av brukene med lengst avstand til teig. Det er først og fremst disse brukene som er opphav til muligheter for reduserte transportkostnader i hele området. Situasjonen er omtrent den samme i Voss der brukene med mest areal driver over tre ganger så mye areal som populasjonens gjennomsnitt. Avstanden til teigene varierer enda mer. Gjennomsnittlig avstand for de 10 prosent brukene med lengst avstand er med 8,9 km nesten fire ganger så stor som for et gjennomsnittlig bruk i Voss.

Metode

Bruketets samlede transport langs vei og de resulterende transportkostnadene er beregnet med utgangspunkt i avstanden mellom driftssenteret og teigene. Samlet transport for et bruk er definert som kjørelengden for hver av brukets teiger summert over alle teiger, der kjørelengden beregnes ved å gange avstanden mellom brukets driftssenter og teigene med antall turer mellom driftssenter og teig i løpet av en vegetasjonsperiode. I mangel av detaljert kunnskap om hvordan brukene disponerer de enkelte teigene og hvordan dette vil kunne endre seg ved en annen allokering, er det forutsatt samme vekst (gras på Voss, korn og potet i Åsnes/Våler) på alle teiger. Likeså er det forutsatt samme «teknologi» for alle brukene. Med dette menes at brukene benytter det samme transportutstyret i form av vogner, traktorer og andre maskiner og utfører det samme antallet turer til en teig uavhengig av om teigene ligger tett inntil eller langt borte fra driftssenteret. Dette er en åpenbar forenkling. En må regne med at hvert bruk har et insentiv til å redusere sine transportkostnader ved å kjøre mer til teiger tett inntil driftssenteret og kjøre mindre til teiger lenger borte. En må videre regne med at transportutstyret varierer med bruksstørrelse, antall teiger og teigenes avstand fra driftssenteret.

Transportkostnader per km og daa transport langs vei er beregnet på følgende måte:

$$TKPerKmDaa = a_0 + a_1 \times (\text{andel_teig} \times \text{avstand_teig}) + a_2 \times (\text{andel_teig} \times \text{avstand_teig})^2$$

$TKPerKmDaa$ er transportkostnaden per km transport langs vei for en teig med størrelse 1 daa, andel_teig definerer hvor stor andel av teigen som disponeres av bruket, avstand_teig angir korteste vei mellom driftssenteret og teigen, og a_0 , a_1 og a_2 er parametre av denne funksjonen. Funksjonen gjør at km-kostnaden stiger eller faller med økt avstand til teigen, avhengig av verdien av de tre parametrene. Transportkostnaden per km er uavhengig av teigens størrelse. Teigens størrelse påvirker transportkostnadene på to ulike måter. For det første krever større teiger mer transport siden det trenges flere turer. For det andre kan stordriftsfordeler i mekaniseringen gi lavere transportkostnader per km for større teiger. I funksjonen ovenfor kommer begge forholdene til uttrykk i verdien av de tre parametrene. Rent teknisk er likevel transportkostnadene per km og daa ikke-lineær i avstand til teigen og lineær i teigens størrelse. Som det vil bli forklart nedenfor, er en viktig forutsetning i denne analysen at teiger kan deles, dvs. at flere bønder kan drive på samme teig. I funksjonen ovenfor er dette hensyntatt ved at transportkostnaden per km reduseres i henhold til andelen av teigen som drives av bonden.

Transportkostnaden per km og daa er den samme uansett veiens kvalitet (f.eks. fylkesvei, kommunevei, traktorvei) og topografi (f.eks. svinger, oppoverbakker og nedoverbakker). Slike forhold vil påvirke transporttid og dermed transportkostnad. Stokstad mfl. (2020) inneholder informasjon om maksimal hastighet for hver vei-

strekning i veinettet og veistrekningens høyde over havet ved strekningens startpunkt og slutt punkt. Det er gjort beregninger for å finne korteste avstand mellom bruk og teiger ved å ta hensyn til tillatt hastighet på veien. Beregningene viser imidlertid at korteste rute målt i tid mellom bruk og teig i de fleste tilfeller også er korteste rute målt i km. Beregningen av den korteste avstanden mellom bruk og teig i et veinett bygger på Dantzig (1963).

Det finnes lite empiri om transportkostnader i jordbruket som kan brukes til å estimere parametrene i funksjonen ovenfor. For korn og potet er parametriseringen foretatt ved hjelp av en analyse av kornøkonomien der også transportkostnader inngår (Grimstad 2015). Beregningen bygger på kalkyler for mekanisering og tilhørende transportkostnader for hver enkelt aktivitet i kornproduksjonen fra pløying og såing til tresking og hjemkjøring av avlingen. Transportkostnadene omfatter således alle aktivitetene i kornproduksjonen. Ulikt valg av mekanisering gjør at kostnadene per daa og km er forutsatt lavere for større teiger enn for mindre teiger ved samme avstand til driftssenteret. Videre stiger (faller) kostnadene per daa og km lineært med stigende (fallende) avstand fra driftssenteret. I dette tilfellet er det ikke forutsatt at transport over lengre avstander kan gi lavere kostnader per km. For grovfôr er det brukt en analyse av transportkostnader i melkeproduksjonen i Kvinnherad kommune (Kårstad, Haukås og Hegrenes 2017). I dette tilfellet omfatter kostnadene utkjøring av husdyrgjødsling og innhøsting av grovfôr. Andre aktiviteter som innebærer transport, slik som gjødsling og sprøyting, er ikke eksplisitt prissatt, men betyr trolig en mindre andel av de samlede transportkostnadene i produksjonen av grovfôr. Transportkostnadene er beregnet basert på regnskap, mekanisering, teiger og avstander for 15 eksisterende melkebruk i Kvinnherad kommune. Datamaterialet indikerer at transportkostnaden per km øker med stigende avstand fra teig til driftssenteret. Verdien av parametrene brukt i analysen er vist i tabell 3.

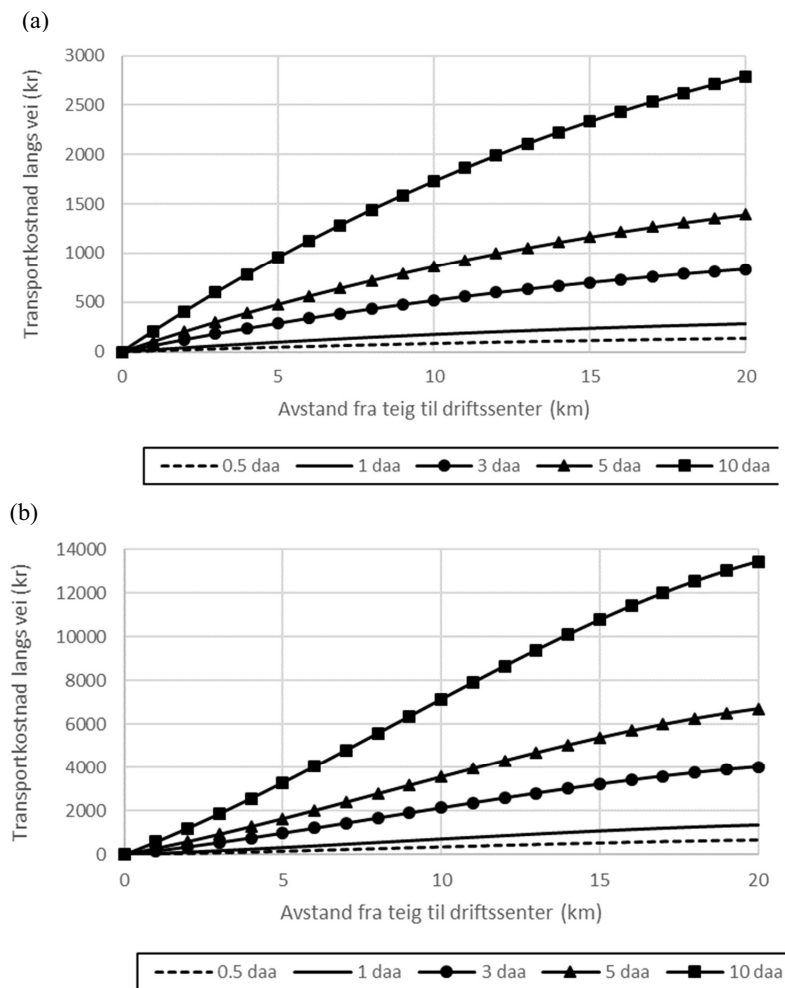
Tabell 3. Valg av parametre i funksjonen for beregning av transportkostnader per km og daa.

	Åsnes/Våler	Voss
a_0	21,10134	55,35435
a_1	-0,40638	2,62758
a_2	0,00244	-0,10171

Kilde: Egen beregning.

Transportkostnaden til en teig er beregnet ved å multiplisere transportkostnaden per km og daa ($TKPerKmDaa$) med avstanden fra driftssenteret til teigen målt i km og teigens størrelse målt i daa, og brukets samlede transportkostnad er således gitt ved å summere transportkostnaden for den enkelte teig over alle teiger, eller deler av teiger, som drives av bruket. Brukets transport som ligger til grunn for den samlede transportkostnaden, betegnes også som brukets kjørelengde.

Figur 1 viser transportkostnader langs vei for ulike avstander fra teig til driftssenteret og for ulike størrelser av teigen. Transportkostnadene i kornproduksjonen (Åsnes/Våler) er 480 kr for et areal på størrelse 5 daa og som ligger 5 km unna brukets driftssenter. Figuren viser at transportkostnadene øker litt mindre ved store avstander enn ved mindre avstander. Dette indikerer små stordriftsfordeler ved økt avstand mellom bruk og teig. Transportkostnadene er høyere i grovfôrproduksjon sammenlignet med kornproduksjon. Et areal på 5 daa som ligger 5 km unna brukets driftssenter, genererer en transportkostnad på 1 648 kr. Det er over tre ganger høyere enn ved produksjon av korn. Årsaken til denne nokså store forskjellen er blant annet behovet for å kjøre ut husdyrgjødsel på arealet. En sammenligning av de to grafene viser ellers en tilnærmet lineær utvikling i transportkostnadene ved økt avstand mellom bruk og teig og samme arealstørrelse.



Figur 1. Transportkostnad langs vei (kr) etter avstand fra teig til driftssenter og teigens størrelse for (a) Åsnes/Våler og (b) Voss.

Med dette som grunnlag vil reduserte transportkostnader i all hovedsak oppnås ved å bytte arealet mellom brukene slik at den geografiske avstanden mellom bruk og teiger i de to regionene kortes ned. Dette fordi empirien tyder på en tilnærmet lineær sammenheng mellom transportkostnad og avstand mellom bruk og teig og en lineær sammenheng mellom transportkostnad og teigens størrelse.

Det kan argumenteres for at modellen overvurderer transportkostnader for lange avstander mellom driftssenter og teig. Der kan det være aktuelt å bytte teknologi. Trailertransport av rundballer er et eksempel på dette.

I mangel av norske data er dieselforbruket knyttet til transport langs vei beregnet ved hjelp av tyske normtall (KTBL [Kuratorium für das Bauwesen in der Landwirtschaft] 2020) som publiserer arbeidsbehov og kostnader, blant annet dieselforbruket, for ulike vekster avhengig av mekanisering, driftsform, avstand fra driftssenter til teig og teigens størrelse. For grovfôr er det valgt konvensjonell produksjon av silofôr med tre slått, mens konvensjonell bygg sådd om høsten er forutsatt for korn. En mekanisering på 102 kW er valgt for begge produksjoner. Det normerte dieselforbruket for avstander fra bruk til teig mellom 1 og 10 km og størrelser på teigen mellom 10 og 100 daa er så brukt i en lineær regresjon for å bestemme dieselforbruket per km vei og per daa teigstørrelse. Verdiene vises i tabell 4. Hovedforskjellen i det høyere dieselforbruket for grovfôr ligger i at det er flere arbeidsprosesser som utføres i grovfôrproduksjonen sammenlignet med korn.

Tabell 4. Normert dieselforbruk for korn (Åsnes/Våler) og grovfôr (Voss) langs vei og på teig.

	Korn – Åsnes/Våler	Grovfôr – Voss
liter per km avstand fra bruk til teig	3,91	20,10
liter per daa	3,39	14,02

Kilde: Egen beregning basert på KTBL (2020).

I et forsøk på å validere verdiene i tabell 4 er strukturen for hhv. kornproduksjonen i Åsnes/Våler og grovfôrproduksjonen på Voss skalert opp for hele Norge. Hvorvidt jordbruksstrukturen og veinettet i disse to regionene er representative for forholdene for de to vekstene i hele landet, ligger utenfor rammen av denne analysen. Kårstad mfl. (2015) viser imidlertid at transportkostnader per km i melkeproduksjonen ikke trenger å være ulike i så forskjellige regioner som Kvinnherad og Klepp. Resultatet vises i tabell 5.

Tabell 5. Estimert dieselforbruk i produksjon av korn og grovfôr i hele landet fordelt på transport langs vei og kjøring på teig.

	Korn	Grovfôr	Sum
Areal (daa)	3 318 295	6 532 821	9 851 116
Teiger (antall)	80 179	393 879	
Dieselforbruk (liter)			
På areal per teig	140,23	232,57	
På areal alle teiger	11 243 296	91 602 563	102 845 859
På vei per teig	14,15	45,63	
På vei alle teiger	1 134 213	17 971 311	19 105 524
På areal og vei alle teiger	12 377 509	109 573 874	121 951 383

Kilde: Egen beregning basert på verdier i tabell 1 og tabell 4.

Jordbruksarealet i Norge var 9,85 mill. daa i 2017 fordelt på 3,32 mill. daa åker- og hagebruksvekster og 6,53 mill. daa eng til slått og beite (SSB 2020b). Gitt at en teig med korn i snitt har samme teigstørrelse som i Åsnes/Våler, gir dette 80 179 teiger. For grovfôr blir det 393 879 teiger dersom Voss legges til grunn som gjennomsnitt for hele landet. I kornproduksjonen gir en teigstørrelse på 41,4 daa et dieselforbruk knyttet til kjøring på areal på 140,2 liter. I produksjon av grovfôr er det tilsvarende dieselforbruket 232,6 liter per teig. Summert over alle teiger blir dieselforbruket 102,9 mill. liter fordelt på 11,2 mill. liter i kornproduksjon og 91,6 mill. liter i grovfôrproduksjon. Dieselforbruket knyttet til kjøring mellom bruk og teiger er 14,2 liter per teig med korn og 45,6 liter per teig med grovfôr. Summert over alle teiger gir dette et dieselforbruk knyttet til transport langs vei på 19,1 mill. liter fordelt på 1,1 mill. liter i kornproduksjonen og 18,0 mill. liter i grovfôrproduksjonen. Dieselforbruket for både transport langs vei og kjøring på teiger er estimert til 122,0 mill. liter, og av dette er 16 prosent knyttet til transport langs vei. Dette estimerte forbruket er 91 prosent av dieselforbruket på 134,1 mill. liter oppgitt av Budsjettnemnda for jordbruket (2020).

Gitt at det er brukt normtall fra Tyskland og at Åsnes/Våler og Voss ikke nødvendigvis representerer gjennomsnittet for hhv. produksjon av korn og grovfôr i hele landet, må det sies å være rimelig god overensstemmelse. Imidlertid er det i regnestykket forutsatt transportkostnad for fulldyrket jord i grovfôrproduksjonen også for overflatedyrket jord og innmarksbeite. Fulldyrket jord utgjør omtrent tre av fire daa i grovfôrproduksjonen (Landbruksdirektoratet 2020), og det er trolig mindre kjøring til

overflatedyrket jord og innmarksbeite. Regnestykket vil da overvurdere dieselforbruket. Det er også forutsatt samme transportkostnad for potet, frukt og grønt som for korn. Korn utgjør 93 prosent av alle åker- og hagebruksvekster (Landbruksdirektoratet 2020), men det er trolig mer kjøring for potet, frukt og grønt enn for korn. Dermed vil regnestykket undervurdere dieselforbruket. I tillegg er det tilleggsnæringer i jordbruket som fanges opp av Budsjettnemnda for jordbruket, men som er utenfor metoden brukt i denne analysen. Utslipp av klimagasser fra traktorer og andre maskiner i jordbruket er anslått til 346 000 t CO₂-ekv. i 2016 (Teknisk arbeidsgruppe 2018) eller 2,63 kg CO₂-ekv. per liter diesel.

Flere forhold kan være relevante for gårdbrukerne når jord skal byttes mellom bruk: forventet reduksjon i transportkostnad, eierforhold og arealets bonitet. Det er opplagt at disse forholdene vil påvirke mulighetene for arealbytte og dermed potensialet for reduserte transportkostnader. Formålet med arealbytte av jord mellom bruk i denne analysen er å redusere summen av de samlede transportkostnadene langs vei for alle bruk i regionen. Det er benyttet følgende forutsetninger og kriterier som styrer mulighetene for arealbytte:

- **Antallet bruk:** Arealbytte skal ikke påvirke antallet bruk.
- **Areal:** Bytte av areal skal ikke påvirke bruken av areal i regionene. Alt areal skal drives også etter byttet.
- **Areal per bruk:** Brukene skal ha like mye areal som før arealbyttet. Dette er en restriktiv forutsetning, og derfor er det gjort beregninger med et krav om at hvert bruk må beholde minst 90 prosent av arealmengden bruket hadde før byttet.
- **Deling av teiger:** Siden teiger har ulike størrelser, vil det være svært krevende å oppfylle forutsetningen ovenfor om at brukene skal ha like mye areal som før arealbyttet, hvis ikke teiger tillates delt. Deling av en teig betyr at to eller flere bruk disponerer sin respektive andel av teigen. Transportkostnader beregnes på samme måte som for udelte teiger og for alle bruk som driver (deler av) teigen.
- **Transportkostnader per bruk:** Når formålet er å redusere transportkostnaden for hele regionen under ett, kan arealbytte føre til at noen bruk får høyere transportkostnader. Derfor er det gjort beregninger som krever at arealbytte ikke skal føre til høyere transportkostnader for det enkelte bruk.
- **Eieforhold:** Det kan være enklere å bytte leid areal (dvs. avslutte en leiekontrakt og inngå en ny leiekontrakt om et annet areal) enn å bytte jord en eier. Derfor er det gjort beregninger der arealbytte omfatter enten alt areal eller kun leid areal.
- **Bonitet:** For Åsnes/Våler foreligger data om hver teigs dyrkingsegenskaper (f.eks. jordtype, forekomst av stein, ugras) der det skilles mellom tre klasser for jordkvalitet (svært god, god og mindre god) og fem klasser for potetdyrking (svært godt egnet, godt egnet, egnet, dårlig egnet, uegnet). Beregninger er gjort for tre varianter av bonitet: 1) bonitet er ikke vurdert, 2) jord byttes kun innenfor hver av de tre klassene for jordkvalitet og hver av de tre beste klassene for potetdyrking. Det innebærer at arealbytte er kun tillatt for teiger innenfor samme klasse for jordkva-

litet og samme potensial for potetdyrking. 3) Hver klasse for jordkvalitet og potetdyrking gis en vekt som ganges med arealets størrelse. Summert over brukets teiger gir dette et uttrykk for arealets samlede bonitet. Hvert bruk må ha minst samme bonitetsverdi etter arealbyttet. Vektene gjelder både jordkvalitet og potetdyrking og er satt til 2500 for klasse 1, 2000 for klasse 2 og 1000 for klasse 3. Vektingen gir fleksibilitet for å bytte areal, men den begrenses likevel av kriteriet om at bruket skal ha minst like mye areal som før byttet.

Kriteriene kombineres for å kunne analysere både enkelteffekter av hvert kriterium og samspillseffekter mellom kriteriene for arealbytte og dermed for reduksjonen i de samlede transportkostnadene. Dette gir et sett med 24 beregninger for Åsnes/Våler og et sett med 8 beregninger for Voss siden det ikke foreligger informasjon om arealets bonitet i Voss.

Det er satt opp en matematisk modell som beregner allokeringen av bruk og teiger under de gitte kriteriene for arealbytte ved å minimere regionens samlede transportkostnader. Allokeringen av teiger til bruk, brukets transportkostnad og brukets transport langs vei er modellens endogene variabler. Plasseringen av bruk og teiger i veinettet og parametrene for transportkostnadsfunksjonen (jf. tabell 3) er modellens eksogene variabler. Modellen er programmert i GAMS (General Algebraic Modelling System, Bisschop og Meeraus 1982).¹

Resultater

Transportkostnad og kjørelengde for de to regionene etter ulike kriterier for arealbytte vises i tabell 6. Tallene i tabellen angir den prosentvise reduksjonen i hhv. transportkostnad og kjørelengde fra situasjonen før arealbyttet. Potensialet for en reduksjon i transportkostnader langs vei gjennom arealbytte av teiger mellom bruk kan komme opp i 55 prosent i Åsnes/Våler og 59 prosent i Voss, men det forutsetter at det knyttes færrest mulige begrensninger til arealbytte. I analysen betyr dette at bruk kan miste opptil 10 prosent av sitt opprinnelige areal, at noen bruk kan få økte transportkostnader, at alt areal tillates byttet, og at bonitet ikke vurderes. Dersom det kreves at brukene må ha like mye areal som før arealbyttet, at arealbytte ikke skal føre til økte transportkostnader for det enkelte bruk, og at kun leid areal tillates byttet, går reduksjonspotensialet ned til 27 prosent i Åsnes/Våler og 28 prosent i Voss. Vurderes i tillegg bonitet som kriterium for arealbytte, kan reduksjonspotensialet bli tilnærmet borte, i alle fall hvis arealbytte kun tillates innenfor samme bonitetsklasse.

Bonitet dominerer de andre kriteriene for arealbytte. Krav om arealbytte innenfor samme klasse for jordkvalitet og egnethet for potetdyrking gir ikke rom for mindre transport. Om bonitet derimot håndteres gjennom en vektning av de ulike klassene, er det mulig å oppnå opptil 35 prosent lavere transportkostnader og 36 prosent mindre

1. Koden og inputdataene kan fås ved henvendelse til forfatteren.

transport langs vei i Åsnes/Våler forutsatt at de andre kriteriene for arealbytte slakkes. Restriktiv bruk av disse (dvs., krav om uendret areal per bruk, ikke økt transportkostnad og kun leid areal tilgjengelig for arealbytte) gir kun én prosent lavere transportkostnader selv med vektet bonitet.

Tabell 6. Prosentvis reduksjon i samlet transportkostnad langs vei og kjørelengde for Åsnes/Våler og Voss etter kriterier for arealbytte sammenlignet med samlet transportkostnad og kjørelengde før arealbytte.

Kriterier for arealbytte				Åsnes/Våler		Voss	
Areal	Transportkostnad	Eieforhold	Bonitet	Transportkostnad	Kjørelengde	Transportkostnad	Kjørelengde
Uendret per bruk	Ikke tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	0	0		
			Ikke vurdert	27	28	19	14
		Alt areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	0	0		
			Ikke vurdert	37	38	21	16
	Tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	18	15		
			Ikke vurdert	27	29	41	33
		Alt areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	29	27		
			Ikke vurdert	37	38	45	37
Tillatt redusert med inntil 10 prosent per bruk	Ikke tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	25	27		
			Ikke vurdert	39	41	48	40
		Alt areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	35	35		
			Ikke vurdert	50	50	53	46
	Tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	25	27		
			Ikke vurdert	42	47	55	47
		Alt areal	Samme klasse	0	0		
			Vektet	35	36		
			Ikke vurdert	55	57	59	52

Kilde: Egne beregninger.

Betydningen av kriteriet om at bruket skal ha minst like mye areal før og etter arealbyttet, er stor. Potensialet for lavere transportkostnader øker med 18 prosentpoeng (fra 37 til 55) i Åsnes/Våler og med 14 prosentpoeng (fra 45 til 59) i Voss når det forutsettes at arealbytte kan redusere brukenes areal med inntil 10 prosent, og alle andre kriterier for arealbytte er ikke tatt hensyn til. Bruk av kriterier i tillegg til dette kriteriet reduserer ikke nødvendigvis muligheten for arealbytte. Hvis det eksempelvis kun åpnes for arealbytte av leid jord, reduseres riktignok potensialet for lavere transportkostnader fra 17 prosentpoeng til 15 prosentpoeng i Åsnes/Våler, men potensialet forblir uendret med 14 prosentpoeng i Voss.

Kriteriet om at ingen bruk skal få økte transportkostnader som følge av arealbytte, er underordnet kriteriet om at bruket skal ha minst like mye areal før og etter bytte. Hvis sistnevnte kriterium er satt, spiller det ingen rolle for potensialet for kostnadsreduksjon om det i tillegg forutsettes at bruk ikke skal ha økte transportkostnader som følge av arealbyttet, eller om kun leid areal skal kunne byttes. Hvis det derimot åpnes for at bruk kan få redusert sitt areal med inntil 10 prosent som følge av arealbyttet, spiller kriteriet om transportkostnader per bruk en viss rolle. Potensialet for lavere transportkostnader øker med 5 prosentpoeng (fra 50 til 55) i Åsnes/Våler og med 6 prosentpoeng (fra 53 til 59) i Voss.

Effekten av kriteriet om eieforhold er tilnærmet uavhengig av de andre kriteriene, gitt at bonitet ikke vurderes innenfor samme klasse for jordkvalitet og egnethet for potetdyrking. Uavhengig av spørsmålet om areal per bruk og transportkostnad per bruk øker inkludering av eid areal potensialet for lavere transportkostnader med 10–13 prosentpoeng i Åsnes/Våler og med 1–6 prosentpoeng i Voss. Det ytterligere innsparepotensialet ved å åpne for bytte av eid jord er relativt sett betydelig mindre enn det økte arealet eid jord som gjøres tilgjengelig for bytte. Andelen eid areal er 46 prosent i både Åsnes/Våler og Voss. Selv om arealet som potensielt kan byttes, øker med 85 prosent ved å inkludere eid areal, øker potensialet for lavere transportkostnader betydelig mindre. Analysen tyder på at reduksjonspotensialet i stor grad kan tas ut selv om eid jord holdes utenfor arealbyttet. En mulig forklaring kan være at eid jord ligger nærmere gården enn leid jord.

Transportkostnader og kjørelengde er sterkt korrelert, og det skyldes at datamaterialet gir grunnlag for å konkludere med at transportkostnad pr km er tilnærmet lik uavhengig av avstand fra driftssenter til teig og teigens størrelse. I Åsnes/Våler er reduksjonen i kjørelengden noe høyere enn reduksjonen i transportkostnaden. For Voss er det omvendt. Årsaken er den høyere transportkostnaden per km for grovfôr sammenlignet med korn og potet. Dermed gir den samme km spart en høyere kostnadsreduksjon for grovfôr enn for korn og potet. Det skyldes igjen at et foregår flere turer i løpet av en vegetasjonsperiode til areal med grovfôr enn med korn eller potet.

Tabell 7. Prosentvis andel teiger i Åsnes/Våler og Voss etter antall bruk som bruker samme teig, og etter kriterier for arealbytte.

Kriterier for arealbytte				Åsnes/Våler					Voss					
Areal	Transp.-kostnad	Eieforhold	Bonitet ¹⁾	Bruk som disponerer samme teig										
				1	2	3-5	5-10	>10	1	2	3-5	5-10	>10	
Før arealbytte				96,2	3,4	0,3	0,0	0,0	95,3	4,3	0,4	0,0	0,0	
Uendret per bruk	Ikke tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Klasse	90,0	5,9	3,5	0,5	0,2						
			Vekt	92,4	5,1	2,0	0,3	0,2						
			Uten	93,2	5,3	1,5	0,0	0,0	92,8	4,4	2,6	0,0	0,1	
		Alt areal	Klasse	80,9	12,9	4,9	1,0	0,4						
			Vekt	93,0	5,2	1,5	0,2	0,1						
			Uten	89,9	8,5	1,6	0,1	0,0	93,7	4,3	1,5	0,3	0,1	
	Tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Klasse	91,2	5,4	2,6	0,7	0,1						
			Vekt	89,4	5,8	4,1	0,7	0,0						
			Uten	93,3	5,1	1,5	0,0	0,0	65,1	10,7	13,7	8,3	2,3	
		Alt areal	Klasse	90,1	6,3	2,8	0,8	0,1						
			Vekt	82,8	10,4	5,8	0,9	0,1						
			Uten	90,9	7,5	1,5	0,0	0,0	41,3	20,2	23,5	11,2	3,8	
Tillatt redusert med inntil 10 prosent per bruk	Ikke tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Klasse	96,2	3,4	0,3	0,0	0,0						
			Vekt	88,2	8,3	3,4	0,2	0,0						
			Uten	93,8	4,8	1,4	0,0	0,0	73,6	12,1	12,0	1,8	0,5	
		Alt areal	Klasse	96,2	3,4	0,3	0,0	0,0						
			Vekt	83,6	12,5	3,8	0,1	0,0						
			Uten	90,0	8,7	1,3	0,0	0,0	56,9	22,4	18,0	2,0	0,6	
	Tillatt økt per bruk	Kun leid areal	Klasse	92,0	5,2	2,3	0,4	0,1						
			Vekt	88,5	7,8	3,4	0,2	0,0						
			Uten	94,1	4,9	1,0	0,0	0,0	70,4	13,6	12,9	3,1	0,0	
		Alt areal	Klasse	87,5	8,8	2,6	0,7	0,4						
			Vekt	84,3	11,8	3,5	0,3	0,0						
			Uten	90,9	8,1	1,0	0,0	0,0	54,2	22,6	19,0	3,8	0,2	

1) Klasse: Arealbytte innenfor samme klasse for jordkvalitet og potensial for potetdyrking. Vekt: Arealbytte gitt minst samme vektet jordkvalitet og potensial for potetdyrking. Uten: Bonitet ikke vurdert.

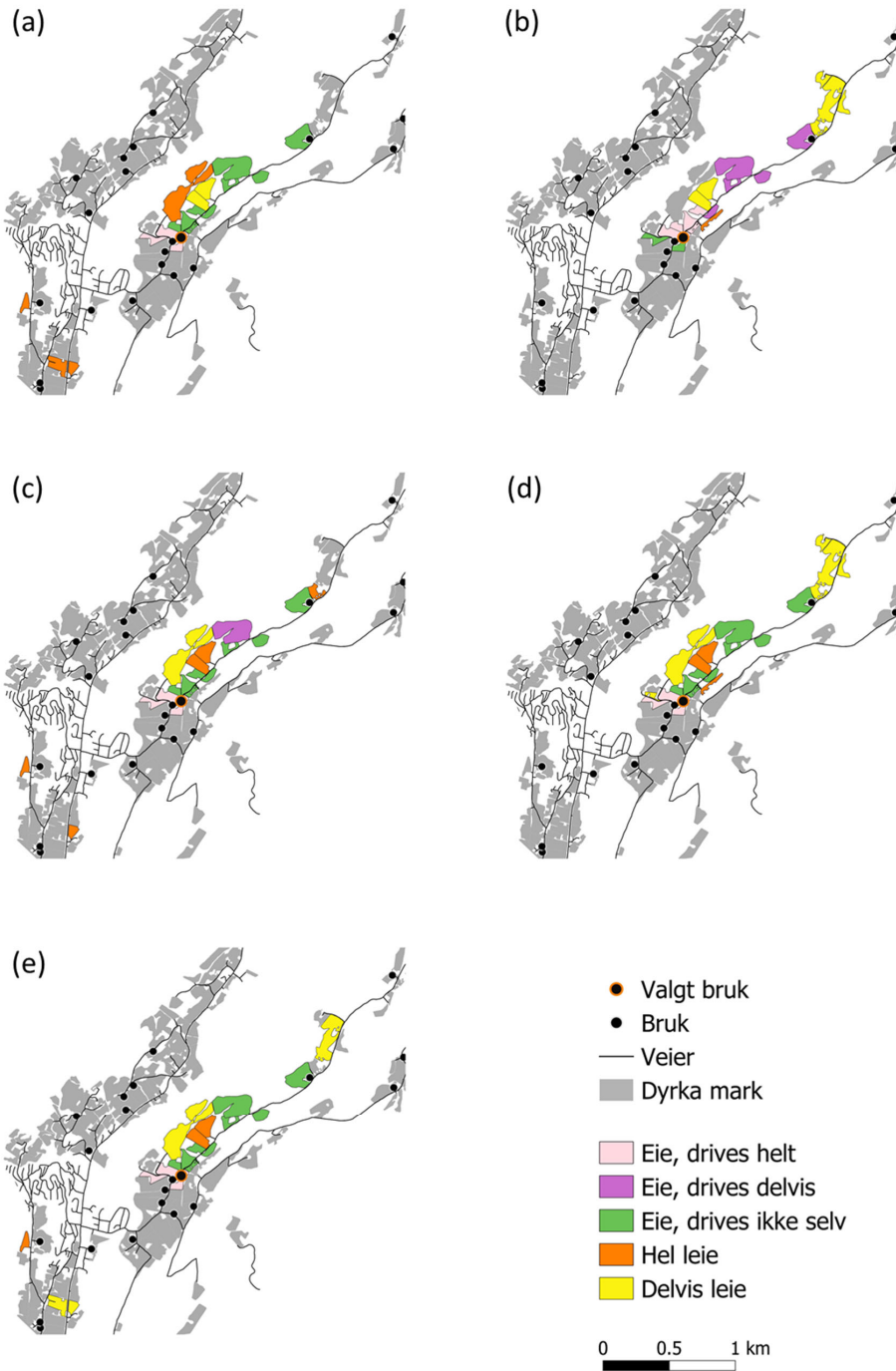
Kilde: Egne beregninger.

Betydningen av kriteriene for arealbytte for reduserte transportkostnader er i tendens den samme i Åsnes/Våler og i Voss. Det maksimale innsparingspotensialet er nokså likt med 55 prosent i Åsnes/Våler og 59 prosent i Voss. Det er imidlertid ikke mulig å si om dette betyr at type vekst er av mindre betydning når det gjelder å redusere transport gjennom bytte av areal mellom bruk. Dette fordi analysen bare omfatter to regioner med hver sin vekst. Kravet om uendret areal per bruk fører til et mindre reduksjonspotensial i Voss, og et større reduksjonspotensial om dette kravet reduseres til 90 prosent av brukets areal før arealbytte. Igjen er det uklart om dette skyldes forhold knyttet til de ulike vekstene eller forhold knyttet til bruk, teiger og veier i de to regionene.

Potensialet for lavere transportkostnader og mindre kjøring langs vei utløses kun fordi det forutsettes at teiger kan deles (flerbruk). Hvor viktig denne forutsetningen er, vises i tabell 5 som angir hvor mange teiger i Åsnes/Våler og Voss som brukes av to eller flere bruk under de ulike kriteriene for arealbytte.

Før arealbyttet drives 3,7 prosent av alle teiger i Åsnes/Våler av to til fem bruk, mens tilsvarende tallet for Voss er 4,7 prosent. På det meste øker denne andelen til 19,1 prosent i Åsnes/Våler og 58,7 prosent i Voss, der over halvparten av alle teiger drives i flerbruk. Det er en generell tendens til at økt flerbruk gir et større reduksjonspotensial for transportkostnader, men den er likevel ikke entydig. I Voss er flerbruk mest brukt i alternativet der eneste kriterium for arealbytte er at bruket må ha minst samme areal som før arealbyttet. I dette alternativet drives 41,3 prosent av teigene av ett bruk og 3,8 prosent av teigene av mer enn ti bruk. Alternativet som har størst innsparingspotensial og der ingen kriterier til arealbytte er lagt til grunn, har derimot en flerbruksprosent på 45,8, og 0,2 prosent av teigene brukes av mer enn ti bruk. At modellen velger flerbruk, er først og fremst et utslag av at modellen må innfri kriteriene for arealbytte. Siden det beregnes transportkostnader for alle bruk som driver en teig i flerbruk, vil det lønne seg økonomisk å begrense flerbruk mest mulig.

Hvordan bytte av areal mellom bruk, inkludert flerbruk, vil kunne se ut i praksis, vises i figur 2 ved hjelp av et bruk fra analysen. Graf a viser brukets areal før arealbytte. Bruket eier og driver areal i nærheten av gården og leier areal lenger unna. Bruket eier også areal som det ikke driver selv. Når alt areal kan byttes og økte transportkostnader per bruk tillates, overtar andre bruk eid areal som bruket har drevet selv. I figur 2 er dette areal som skifter farge fra rosa i graf a til grønn i graf b. Samtidig øker innslaget av areal som bare delvis drives selv (flerbruk). Disse arealene er farget lilla og gul i graf b. Kravet om at brukets transportkostnader ikke skal øke sammenlignet med før arealbytte, fører til at bruket må fortsette å drive arealer som ligger lenger unna driftssenteret (graf c). Årsaken er at andre bruk trenger arealene bruket fikk i graf b, for at ikke disse brukene skal få høyere transportkostnader. Bruket beholder mye av det samme arealet det hadde før arealbyttet dersom eid areal holdes utenfor arealbytte. I graf d erstattes de leide arealene lengst borte med areal nærmere bruket. Med ytterligere krav om at transportkostnader ikke skal øke heller, blir innsparingspotensialet minst. Graf e viser at den eneste endringen sammenlignet med situasjonen før arealbytte er endringer i leieandel på eksisterende arealer, litt mindre leie av areal lengst unna og ny leie av areal nærmere bruket.



Figur 2. Disponering av teiger for et valgt bruk før og etter arealbytte: (a) før arealbytte, (b) alt areal kan byttes, økt transportkostnad per bruk tillatt, (c) alt areal kan byttes, økt transportkostnad per bruk ikke tillatt, (d) kun leid areal kan byttes, økt transportkostnad per bruk tillatt, (e) kun leid areal kan byttes, økt transportkostnad per bruk ikke tillatt.

Arealbytte av areal ved å minimere transportkostnaden i de to regionene kan gi en økonomisk besparelse på inntil 11 719 kr per bruk i Åsnes/Våler og 8 594 kr per bruk i Voss. Tabell 8 viser hvor mye brukene kan spare i transportkostnader, kjørelengde, dieselforbruk knyttet til transport langs vei og klimagassutslipp ved å bytte areal. Tallen i tabellen gjelder alternativet med friest mulig arealbytte, dvs. at ingen av de nevnte kriteriene begrenser bytte av areal. Reduksjonspotensialet i tabell 8 må derfor betraktes som en øvre grense. Hvis arealbyttet realiseres, kan brukene i Åsnes/Våler og Voss spare til sammen hhv. 65 t CO₂-ekv. og 126 t CO₂-ekv. Samtidig reduseres kjørelengden med 67 km per bruk i Åsnes/Våler og 146 km per bruk i Voss.

Tabell 8. Transportkostnader, kjørelengde, dieselforbruk og utslipp av klimagasser før og etter arealbytte av areal i regionen og per bruk i Åsnes/Våler og Voss.

	Åsnes/Våler			Voss		
	Før	Etter	Reduksjon	Før	Etter	Reduksjon
Region						
Transportkostnad (1 000 kr)	7 793	3 528	4 266	4 831	1 961	2 870
Kjørelengde (1 000 km)	165	71	94	94	45	49
Dieselforbruk transport (1 000 liter)	42,8	18,3	24,5	96,3	48,6	47,7
Klimagassutslipp (t CO ₂ -ekv.)	113	48	65	254	128	126
Per bruk						
Transportkostnad (kr)	21 410	9 692	11 719	14 465	5 871	8 594
Kjørelengde (km)	453	195	258	282	136	146
Dieselforbruk transport (kr)	118	50	67	288	146	143
Klimagassutslipp (kg CO ₂ -ekv.)	310	132	178	759	383	376

Kilde: Egne beregninger.

Tabell 9 viser estimerte transportkostnader, kjørelengde, dieselforbruk for transport langs vei og utslipp av klimagasser når resultatene fra de to regionene oppskaleres for hele landet. Tallene er igjen basert på størst mulig reduksjon av de regionale transportkostnadene uten å ta hensyn til bonitet og andre kriterier for arealbytte. Transportkostnadene kan potensielt reduseres med om lag 650 mill. kr, mens kjørelengden går under disse forutsetningene ned med 11,6 mill. kr. Dieselforbruket har et reduksjonspotensial på 9,5 mill. liter, og utslipp av klimagasser relatert til transport langs vei kan gå ned med 25 145 t CO₂-ekv.

Tabell 9. Estimerte transportkostnader, kjørelengde, dieselforbruk og utslipp av klimagasser før og etter bytte av areal mellom bruk for hele landet.

	Korn			Grovfôr			Samlet reduksjon
	Før	Etter	Reduksjon	Før	Etter	Reduksjon	
Transportkostnad (mill. kr)	206,3	93,4	112,9	901,4	365,9	535,6	648,5
Kjørelengde (1 000 km)	4 368	1 878	2 490	17 563	8 477	9 085	11 575
Dieselforbruk (mill. liter)	1,134	0,485	0,650	17,971	9,073	8,898	9,548
Klimagassutslipp (1 000 t CO ₂ -ekv.)	2,987	1,276	1,711	47,327	23,894	23,434	25,145

Kilde: Egne beregninger.

Grovfôr står for det meste av reduksjonspotensialet. Det skyldes at det er betydelig mer grovfôr enn korn i Norge, og at det er mer transport langs vei i grovfôrproduksjonen sammenlignet med produksjonen av korn. Transportkostnadene utgjør om lag 2,5 prosent av jordbrukets samlede kostnader inkludert godtgjøring av arbeid og kapital. Arealbytte har dermed et potensial til å redusere jordbrukets samlede kostnader med 1,5 prosent. Når det gjelder utslipp av klimagasser, var jordbrukets samlede utslipp 7,14 mill. t CO₂-ekv. i 2016 inkludert jordbrukets utslipp knyttet til areal og arealbruksendringer (Teknisk arbeidsgruppe 2018). Av dette utgjorde utslipp knyttet til energibruk 0,4 mill. t CO₂-ekv. Bytte av areal kan redusere utslipp fra energibruk med opptil 6,2 prosent eller jordbrukets samlede utslipp med 0,35 prosent. Jordbrukets organisasjoner og staten har inngått en intensjonsavtale om utslippsreduksjoner i jordbruket (Regjeringen 2019). Målet er å iverksette tiltak som reduserer utslippene med 5 mill. t CO₂-ekv. i løpet av perioden 2021 til 2030. Om alt jordbruksareal innen 2030 byttes slik at transportkostnadene i jordbruket reduseres mest mulig, vil det gi en utslippsreduksjon tilsvarende 0,5 prosent av måltallet.

Konklusjon

Resultatene av den kvantitative analysen viser at bytte av areal mellom bruk kan hjelpe til å redusere dieselforbruket knyttet til transport langs vei i jordbruket slik at både kostnader og utslipp kuttes. Analysen bekrefter hypotesen om at potensialet for sparte transportkostnader langs vei og klimagassutslipp er avhengig av veinettet, fordelingen av bruk og jordbruksareal i en region og kvaliteten på arealet. Grovt sett reduseres potensialet i takt med antallet kriterier, og det kan i sum føre til at det ikke vil være mulig å bytte jord. Bonitet og spørsmålet om hvordan jordkvalitet og dyringspotensial skal håndteres, fremstår som det kriteriet med mest betydning for hvorvidt reduserte kostnader og lavere utslipp kan realiseres.

Resultatene må tolkes i lys av modellens egenskaper og de forenklinger som er forutsatt. En viktig begrensning er at kjøring foregår kun mellom bruk og teiger og ikke mellom teiger. Bonden og traktoren kjører alltid tilbake til bruket før de begynner på en ny teig. Det er ikke tillatt å først utføre arbeidsoperasjoner på flere teiger før retur til bruket. For modellen spiller det derfor ingen rolle om teiger ligger i klynger eller spredd utover. I virkeligheten kan dette utgjøre en forskjell om arbeidsprosessen og teigenes størrelse tillater dette. Modellen undervurderer derfor det beregnede potensialet for arealbytte. Ved lange avstander mellom bruk og flere teiger som ligger i klynger, kan det også tenkes at traktor og maskiner er stasjonært i nærheten av teigene og at transport fra bruk til klynger foregår i bil. For slike tilfeller vil modellen overvurdere de faktiske transportkostnadene langs vei og dermed overvurdere reduksjonspotensialet.

Videre er det forutsatt samme mekanisering, og dermed samme transportkostnad, for alle bruk. I virkeligheten vil alder og størrelse av traktorer og øvrige maskiner variere mellom bruk. Denne forenklingen vil trolig føre til at modellen undervurderer reduksjonspotensialet av et arealbytte i den grad bruk med høyere transportkostnader per km får redusert sin kjørelengde mer enn bruk med lavere transportkostnader per km.

En viktig forenkling er også forutsetningen om at alle arbeidsoperasjonene i planteproduksjonen foretas av de brukene som disponerer hele eller deler av teiger. I praksis kan det være entreprenører som står for tresking av korn, pressing av rundballer for silofôr, utkjøring av husdyrgjødsel og andre operasjoner. Disse vil som regel ha et annet kjøremønster enn det som er forutsatt i modellen.

Transportkostnader er et av mange elementer i bondens regnskap. Økt transport som følge av at bruket utvider areal, kan svare seg økonomisk dersom omsetningen øker mer eller bonden kan utnytte stordriftsfordeler, f.eks. i fjøset. Denne analysen er dermed noe ufullstendig i den forstand at den ser bort fra hvordan inntekter og andre kostnader påvirkes av et arealbytte. Analysen forutsetter at antallet bruk er undret og øvrig produksjon som foregår på disse brukene, ikke berøres av arealbyttet. I dette perspektivet blir modellens reduserte transportkostnader en nettoinntekt for bonden.

I modellen er deling av teiger en viktig nøkkel for å unngå krysstransport i jordbruket. Deling av teiger innebærer at flere bønder kjører til samme teig fra hvert sitt bruk uten at de kjører forbi hverandre. I tillegg er muligheten for at teiger kan deles, avgjørende for forutsetningen om at hvert bruk skal ha minst like mye areal som før byttet. Det kan være krevende å etablere deling av teiger som et prinsipp ved bytte av areal, og i så måte vil modellen overvurdere potensialet som ligger i en mer hensiktsmessig arealfordeling. Innsikten fra analysen er imidlertid at en jordbruksstruktur med flere og mindre teiger vil trolig ha et større reduksjonspotensial og gi lavere totale transportkostnader langs vei enn en jordbruksstruktur med færre og større teiger. Dette vil gjelde så lenge kostnadene til arbeidsoperasjoner som utføres på arealet, er lite påvirket av teigenes størrelse. Modellresultatene peker her på et dilemma: For

den enkelte bonde vil det som regel være mest lønnsomt med få og store teiger siden dette reduserer transport langs vei. Samtidig vil få og store teiger øke sannsynligheten for krysstransport og dermed føre til høyere transportkostnader for regionen sett under ett. Resultatene viser også at potensialet for å redusere regionens samlede transportkostnader øker dersom det tillates at transportkostnadene på det enkelte bruk øker. Nettoeffekten er positiv slik at bruk med reduserte transportkostnader i prinsippet vil kunne kompensere bruk som får sine kostnader økt, og likevel tjene på det. Det vil i så fall kreve felles problemforståelse og god samhandling mellom bruk.

Modellen tar heller ikke hensyn til transaksjonskostnader. Selve prosessen med å initiere, organisere og gjennomføre et arealbytte vil kreve ressurser i form av tid og penger fra de involverte og fra myndighetene. Transaksjonskostnader omfatter også den opplevde nytten (eller misnøyen) til dem som er involvert i prosessen. Det er rimelig å tenke at transaksjonskostnader øker med prosessens omfang og kompleksitet, men konkrete beregninger mangler. En del av den modellberegnete økonomiske gevinsten vil trolig bli «spist opp» av transaksjonskostnadene.

Utfordringen med å endre arealfordelingen mellom bruk for å redusere (kryss-)transport i jordbruket vil neppe bli mindre i fremtiden. Fortsatt strukturrasjonalisering ved tilnærmet uendret areal innebærer mer areal per bruk, mer transport og økte utslipp. Analysen viser at endringer i arealfordelingen kan motvirke denne utviklingen og være et tiltak som gir økt lønnsomhet og lavere utslipp. Det vil ikke alene kunne løse jordbrukets utfordringer knyttet til lønnsomhet og utslipp, men det betyr dermed ikke at potensialet bør forbli uforløst. Analysen peker på mer samhandling mellom bruk og en felles forståelse om at utfordringer knyttet til transport langs vei i en region bør sees under ett, som nøkler til å kunne utløse potensialet.

Acknowledgements

Forskningen i denne artikkelen er finansiert av Norges forskningsråd gjennom prosjektet «Land fragmentation in agriculture – causes, consequences and measures (LANDFRAG)» (267710/E50). Takk til Svein Olav Krøgli og Grete Stokstad for tilrettelegging av dataene og til Eva Solbjørg Flo Heggem (alle NIBIO) for å ha laget kartene i figur 2. Takk også til to anonyme fagfeller for verdifulle kommentarer.

Note

Artikkelen ble skrevet mens Mittenzwei var ansatt i Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)

Referanser

- Bisschop, J.J. & Meeraus, A. (1982) On the development of a general algebraic modeling system in a strategic planning environment, *Mathematical Programming Study*, 20, s. 1–29.
- Budsjettnemnda for jordbruket (2020) Totalkalylen – statistikk: Diesel (brenselolje). Budsjettnemnda for jordbruket. Oslo. Tilgjengelig på: <https://www.nibio.no/tjenester/totalkalylen-statistikk?locationfilter=true#groups/383/9806> (nedlastet 24. juli 2020).
- Dantzig, G.B. (1963) *Linear Programming and Extensions*, Report Rand Corporation R-366-PR, Santa Monica, USA.
- Gjellestad, B.O. (2018) Husdyrgjødselkostnad i norsk mjølkeproduksjon – resultat frå eit rettleiingsprosjekt. Masteroppgave 2018. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås.
- Grimstad, M.L. (2015) *Kornøkonomi – En analyse av driftsgranskingsbrukene for korn. Rapport fra samarbeidsprosjekt mellom Fylkesmennene i Vestfold, Østfold og Oslo/Akershus, Østfold og Akershus Bondelag, Norges Bondelag og Norske felleskjøp* [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.bondelaget.no/getfile.php/13726711-1457956871/MMA/Bilder%20fylker/Akershus/Korn%C3%B8konomi%202015%20Hoveddokument%202014%20tall%20endelig.pdf> (nedlastet 20. mai 2020).
- Kårstad, S. Haukås, T. og Hegrenes, A. (2015) *Analyse av kjørekostnader i mjølkeproduksjonen. Ei samanlikning av kjøring langs vegen ved grovfôrhausting og spreining av husdyrgjødsel i to bygder*, NIBIO Rapport 9(1), NIBIO, Ås.
- Hiironen, J. og Niukkanen, K. (2014) On the structural development of arable land in Finland – How costly will it be for the climate? *Land Use Policy*, 36, s. 192–198.
- KTBL (Kuratorium für das Bauwesen in der Landwirtschaft) (2020) Verfahrensrechner Pflanze. Tilgjengelig på: <https://www.ktbl.de/webanwendungen/pflanzenbauverfahren/> (nedlastet 24. juli 2020).
- Landbruksdirektoratet (2020) Søknader om produksjonstilskudd i jordbruket. Tilgjengelig på: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/produksjonstilskudd> (nedlastet 11. mai 2020).
- Regjeringen (2019) Intensjonsavtale mellom jordbruket og regjeringen om reduserte klimagassutslipp og økt opptak av karbon fra jordbruket for perioden 2021–2030. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ada13c3d769a4c64a0784d0579c092f4/klimaavtale-i-jordbruket.pdf> (nedlastet 28. juli 2020).
- SSB (Statistisk sentralbyrå) (2020a) Jordbruksbedrifter, etter region, år og statistikkvariabel (kildetabell 05988). Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/05988/> (nedlastet 28. juli 2020).
- SSB (Statistisk sentralbyrå) (2020b) Jordbruksareal (dekar), etter region, vekst, statistikkvariabel og år (kildetabell 11506). Tilgjengelig på: <https://www.ssb.no/statbank/table/11506/> (nedlastet 24. juli 2020).
- Stokstad, G., Flo Heggem, S. og Krøgli, S.O. (2020) Datakilder og metoder for analyse og illustrasjon av arealfragmentering i jordbruket. NIBIO Rapport 6(xxx), NIBIO, Ås.
- Teknisk arbeidsgruppe (2018) Rapport fra teknisk arbeidsgruppe – jordbruk og klima. 10.12.18. Oslo. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/contentassets/ada13c3d769a4c64a0784d0579c092f4/teknisk-arbeidsgruppe---ferdig-rapport-10.12.18.pdf> (nedlastet 24. juli 2020).