

# Tørkesommeren 2018 - beregninger av hvor mye korn-, potet- og grasavlingene ble påvirket på ulike jordtyper i ulike distrikt

Hugh Riley

NIBIO Korn og frøvekster, Apelsvoll

hugh.riley@nibio.no

## Innledning

Etter en årrekke med relativt fuktige forhold i vekstsesongen, er interessen for betydningen av vannmangel vekket til live av den tørreste og varmeste sommeren i «manns minne». Effekten av vannmangel avhenger av jordart og lokalitet, og det er store variasjoner mellom år. Temaet er trolig av interesse så vel for dyrkere med eksisterende vanningsanlegg som for de uten.

Beregninger for 40-årsperioden fram til 2003, viste at midlere tap av potensiell kornavling som følge av vannmangel i Mjøsområdet var 25 % på meget tørkesvak jord og 8 % på meget tørkesterk jord (Riley 2004). Tilsvarende tall for potet var hhv. 34 % og 11 %, og for eng 21 % og 7 %. Behovet for vanning var noe mindre i den andre halvdel av denne perioden enn i første halvdel.

I denne artikkelen presenteres beregninger av forventete avlinger uten vanning i 2018, uttrykt som

relative avlingsnivå (%) sett i forhold til det som kan oppnås ved tilstrekkelig vanntilgang. Det er tatt utgangspunkt i variasjonen i nedbør målt på et utvalg av værstasjoner i jordbruksdistrikt (tabell 1). Videre sammenliknes avlingstapene i 2018 på Nord-Østlandet med tap beregnet for årene 2004-2017 og tidligere.

## Modellering av tørkens innflytelse på plantevekst

Jordas vannbalanse beregnes med en modell som tar hensyn til daglig nedbør og fordamping, jordas vannlagringsevne og vekstens utviklingsstadium. Den *potensielle* fordampingen ( $E_p$ ) styres mest av innstrålt solenergi, samt av luftas kapasitet for å ta imot og transportere vannet. Den *aktuelle* fordampingen som skjer i praksis ( $E_a$ ) begrenses av plantenes utviklingsstadium og jordas uttørkingsgrad. Forholdet mellom aktuell og potensiell fordamping ( $E_a/E_p$ ) brukes som en indeks på graden av tørke som oppstår. Resultatene av kontrollerte vanningsforsøk ved

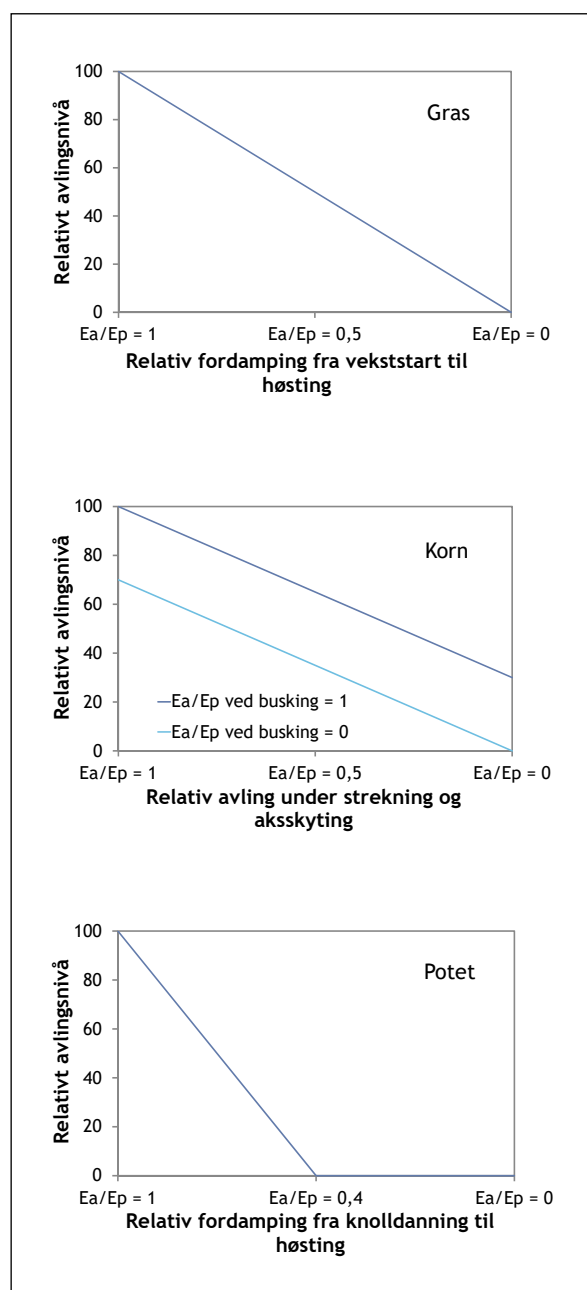
Tabell 1. Nedbørsummer (mm) i middel av 2-3 værstasjoner pr. distrikt sommeren 2018, rangert i stigende rekkefølge etter nedbøren i vekstsesongens første halvdel (kilde: NIBIO Landbruksmeteorologisk Tjeneste, LMT)

Distrikt	Værstasjoner	1. mai-15. juli	16. juli-30. sept.	1. mai-30. sept.
Østerdalen	Roverud, Alvdal	38	156	194
Buskerud og Hadeland	Lier, Hønefoss, Gran	64	204	268
Vestfold og Telemark	Tjølling, Ramnes, Bø i T.	66	206	272
Østfold	Rygge, Rakkestad, Øsaker	68	198	266
Romerike	Skjetten, Årnes	72	178	250
Trøndelag	Kvithamar, Frosta	77	350	427
Mjøsområdet	Ilseeng, Kise, Apelsvoll	85	177	262
Gudbrandsdal og Valdres	Fåvang, Gausdal, Løken	100	279	379
Sørlandet og Sør-Vest	Landvik, Særheim	118	415	533
Vestlandet	Tingvoll, Fureneset	123	692	815

tidligere Kise forsøksgård er blitt brukt for å lage modeller av vekstenes respons på tørke til ulik tid i vekstsesongen. Det er laget modeller for korn, potet og gras til eng (Riley 1989, 1992, 1994). Begrepet *relativ avling* brukes i disse, og dette er et uttrykk for oppnådd avling sett i forhold til det som er mulig ved god vasstilgang. Det siste vil variere mellom distrikt som følge av ulike temperatur- og jordbunnsforhold. De ulike vekstene viser forskjellige forhold mellom relativ avling og  $E_a/E_p$  i ulike deler av veksttida (figur 1). For gras er det et lineært forhold mellom avling og  $E_a/E_p$ -indeksen gjennom hele vekstperioden. For korn er det perioden fra omkring busking til og med full aksskyting som er avgjørende, med størst vekt på  $E_a/E_p$  fra begynnelsen av strekning fram til aksskyting. I begge disse vekstene blir det ingen avling når  $E_a/E_p$ -forholdet gjennom den aktuelle vekstperioden er lik null. Hos potet er det perioden fra omkring knollsetting fram til risdød eller høsting som er viktigst. Denne veksten viser en større følsomhet for tørke enn de to førstnevnte, og det blir ingen knollavling allerede når  $E_a/E_p$ -forholdet i hele denne perioden når et nivå på 0,4.

Styrken ved slike modeller er at de er basert på faktiske målinger under norske forhold, men en svakhet kan være at grunnlaget ikke dekker alle situasjoner som kan inntreffe i praksis. Eksempler på dette er den dårlige kornspiringa som mange opplevde i 2018 eller den ekstreme varmen seinere i sesongen. Modellene forteller ikke noe om hvorvidt tørke påvirker kvalitet, for eksempel i form av hektolitervekt i korn eller vekstsprekker i potet. Resultatene bør betraktes som en pekepinn på tørkens forventete utslag, heller enn en nøyaktig fasit.

Jordas lagringskapasitet for plantetilgjengelig vann er et sentralt begrep i modellene. Denne avhenger hovedsakelig av jordas tekstur, moldinnholdet og matjorddybden. Rotdybden til den aktuelle veksten spiller også inn. Under norske forhold kan kapasiteten variere fra <50 mm til >150 mm. Beregningene her er gjort for fem kapasitetsnivå som dekker de vanligste forhold. Tabell 2 viser eksempler på aktuelle jordarter ved hvert nivå. Naturligvis er ikke alle jordarter representert i hver lokalitet. I leirjordsdistrikt er jorda ofte i tørkeklasse 3 eller 4, mens mer siltholdig jord kan være i tørkeklasse 4 eller 5. Lettleire i morenejordsdistrikt er ofte i klasse 3 men varierer fra klasse 2 til 4, og sandjord i f.eks. ra-områdene og elveavsetninger er som regel i tørkeklasse 1 eller



Figur 1. Relativt avlingsnivå sett i forhold til relativ fordampning ( $E_a/E_p$ ) i ulike vekstfaser hos gras, korn og potet.

2. Det forekommer mange lokale variasjoner pga. ulik topografi, ulik drenering, ulik dybde til fjell eller andre forhold som hemmer rotvekst nedover.

Tabell 2. Fem klasser av jord med ulik lagringskapasitet for plantetilgjengelig vann (mm)

Nr.	Tørkeklasse	mm	Noen eksempler på typiske jordarter i klassene
1	Meget tørkesvak	50	Grov- og mellomsand, grunn og moldfattig siltig sand
2	Tørkesvak	70	Sandig silt, moldfattig (planert) leirjord, grunn lettleire
3	Middels	90	Lettleire og mellomleire med middels matjorddybde
4	Tørkesterk	110	Let- og mellomleire med djup og moldrik matjord
5	Meget tørkesterk	130	Djup siltjord og myrjord, moldrik siltig leire og stiv leire

Modellberegningene av den daglige vannbalansen ble gjort fra 15. mars til 30. september for de 25 stasjonene nevnt i tabell 1. Den potensielle fordampingen ble beregnet med værdata (innstråling, temperatur, relativ luftfuktighet og vindhastighet) målt på hver stasjon, etter en metode kalibrert i forhold til fordampning målt fra ei fri vannflate på Kise (Riley og Berentsen 2009). Potensiell fordampning summert over vekstsesongen 2018 varierte mellom distrikt og til dels innenfor samme distrikt. Middelerverdiene for hvert distrikt var høyest og relativt like i Østfold, Vestfold-Telemark, Romerike og i Gudbrandsdal-Valdres (figur 2a). De var noe lavere i resten av Østlandet og på Sørlandet og Sør-Vestlandet, særlig senere i sesongen. De laveste Ep-summene ble funnet i Trøndelag og på Vestlandet.

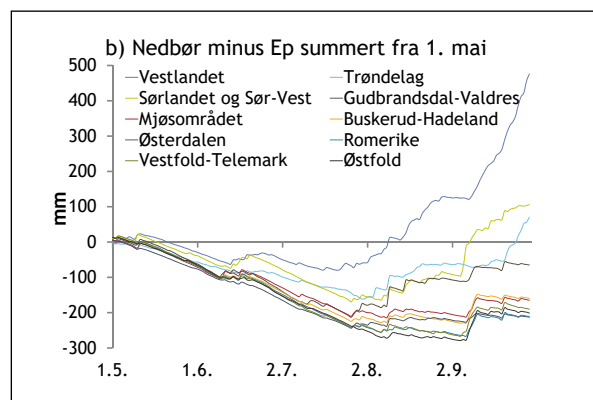
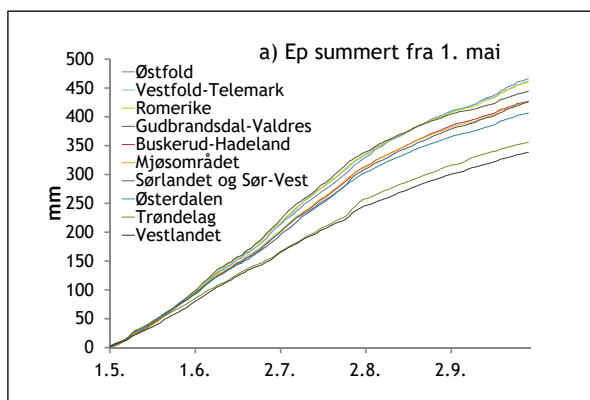
### Hvor store var avlingstapene som følge av tørken i 2018?

Ved hjelp av en dansk vannbalansemodell (Kristensen og Jensen 1975), er det gjort beregninger av aktuell kontra potensiell fordampning (Ea/Ep) for alle 25 værstasjoner nevnt i tabell 1 og for de 5 tørkeklassene nevnt i tabell 2. Relative avlingsnivå uten

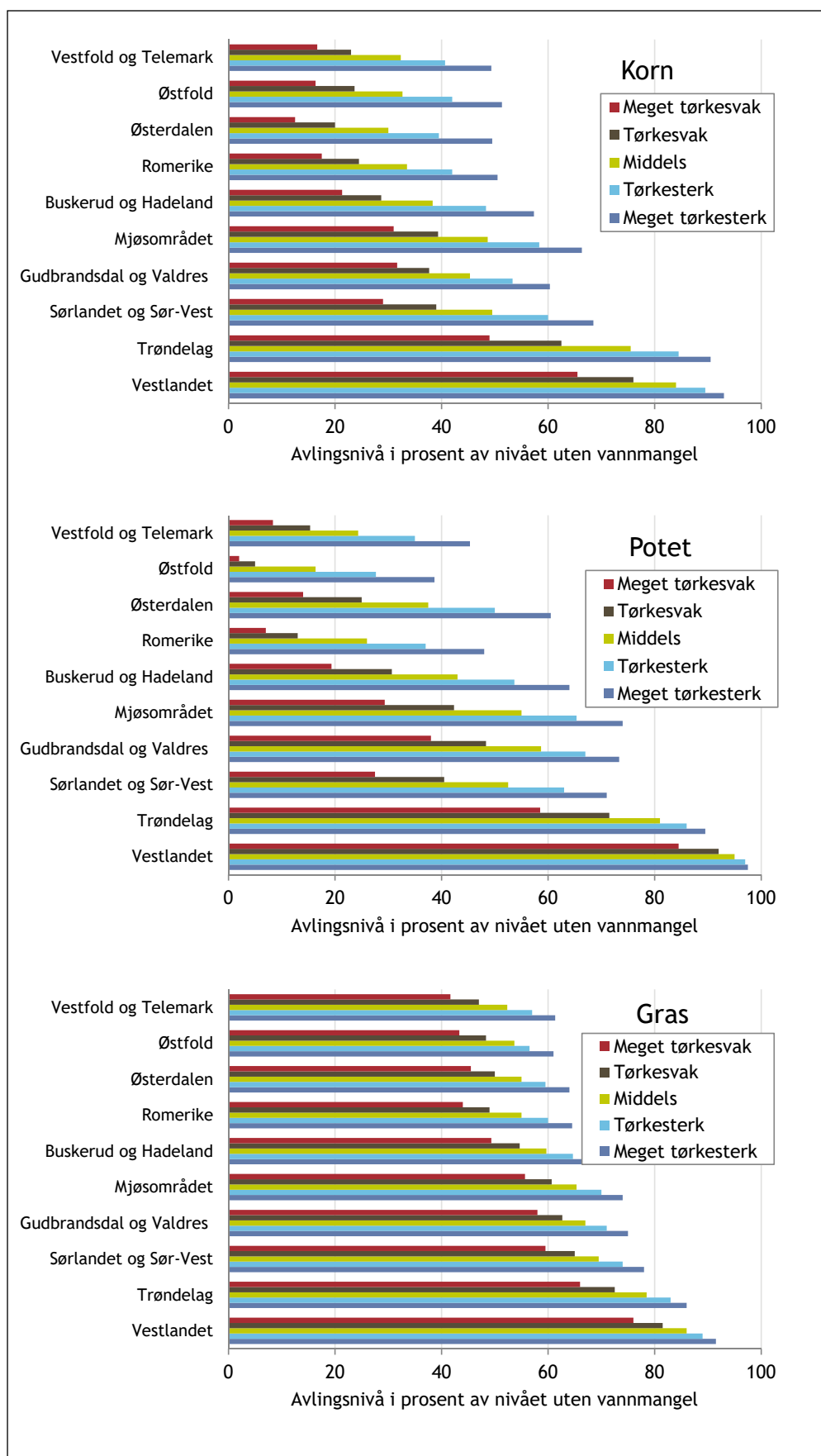
vanning er presentert i figur 3 for hhv. korn, potet og eng. Innenfor hver vekst er det brukt lik spiredato eller tid for vekststart og lik høstedata i alle distrikt. Følgende datoer er brukt:

- Korn: Spiredato 15. mai, 10 uker til gulmodning, 14 uker til høsting (21. august)
- Potet: Spiredato 5. juni, 14 uker til høsting (11. september, dvs. sein potet)
- Eng med 2 slåtter: Vekststart 1. mai, 1. slått tatt etter 9 uker, 2. slått etter 10 uker (gras til høy)

For *korn* ser vi at det beregnede avlingsnivået uten vanning i de to mest tørkeutsatte klassene ofte ligger på mindre enn 25 % av det som kan forventes ved god vasstilgang. Dette gjelder for hele Sør-Østlandet og i Østerdalen. Nivået er noe høyere på Nord-Østlandet og i sør og sørvest (25-45 %), mens i Trøndelag og på Vestlandet varierer det fra 40 til 90 %. På middels tørkesterk jord, er de tilsvarende tallene 30-35 % på Sør-Østlandet og i Østerdalen, 40-50 % på Nord-Østlandet og i sør og sørvest, mens de i Trøndelag og på Vestlandet varierer fra 75 til 95 %. Selv på den mest tørkesterke jorda er det beregnede avlingsnivået sjelden mer enn 55 % av optimalt på Sør-Østlandet



Figur 2. Potensiell fordampning (Ep) i 2018 og vannbalanse (nedbør minus Ep) i ulike distrikt. Balansen mellom målt nedbør og beregnet Ep (figur 2b) viser at nedbørunderskuddene nådde 200-250 mm innen 1. august i store deler av Østlandet og at det var betydelige underskudd også senere i sesongen. Under-skuddene tidlig i sesongen var noe mindre på Sørlandet, Vestlandet, i Trøndelag og i høyereliggende strøk, og flere steder var det nedbøroverskudd mot slutten av vekstsesongen.



Figur 3. Relative avlinger uten vanning i 2018 (% av nivået uten vannmangel) i ulike distrikt og på ulik jord.

og i Østerdalen, og 60-70 % på Nord-Østlandet samt i sør og sørvest. Det bør huskes at disse tallene ikke tar hensyn til den betydelige spiresvikten som flere opplevde i 2018. Selv optimal jord-fuktighet under busking vil ikke kompensere for slike svikt.

Hos *potet* tyder resultatene på enda sterkere avlingsbegrensninger som følge av tørke enn det som ble beregnet for korn. Mange steder på sørøstlandet og i Østerdalen samt på Sørlandet, ble det beregnet nærmest total avlingssvikt i de to mest tørkeutsatte klassene, og flere steder ble det der beregnet svært lavt avlingsnivå (<25 %) også på mer tørkesterk jord. Andre steder var avlingsnivået ofte redusert med minst 50 % på slik jord, f.eks. Nord-Østlandet. På den mest tørkesterke jorda viser beregningene at avlingsnivået kunne ligge på ca. 30-50 % av det optimale i fylkene rundt Oslofjord, mellom 50 og 80 % i resten av østlandsregionen samt i sør og sørvest, mens i Trøndelag og på Vestlandet tyder tallene på avlingstap på <10 %. Disse beregningene er gjort for sein potet med lang veksttid. Det er sannsynlig at dyrkere av tidlige og halvtidlige sorter led enda større tap som følge av tørken, fordi de ikke fikk nytte av nedbøren som kom senere i sesongen. Mye av nedbøren som til dels «reddet» de seine potetavlingene kom relativt seint i sesongen. Dette kan ha gitt kvalitetstap (sprekking, kolv mm.), noe som kan bety enda større verditap enn det disse tallene viser.

For *eng* viser figur 3 summen av begge slåttene, der andre slått er vektet med 25 % lavere potensiell avling enn første slått, som følge av lavere temperatur og mindre innstråling da, basert på tidligere erfaring (Riley 1992).

Ved de enkelte slåttene var 1. slått redusert med ca. 35-50 % på middels tørkesterk jord i distriktene med minst nedbør (Østerdalen og sørøstlandet), mens nedgangene var ca. 25 % på nordøstlandet og 10-20 % andre steder. På den mest tørkeutsatte jorda, var tapene ofte nesten 20 %-enheter større enn ovenfor. For 2. slått ble det beregnet store reduksjoner (50-75 % på middels tørkesterk jord) i alle distrikt unntatt på Vestlandet.

På Sør-Østlandet varierte summen av begge slåttene fra ca. 40-50 % på den mest tørkesvake jorda til ca. 65 % på den mest tørkesterke jorda, sett i forhold til nivået uten vannmangel. Situasjonen var bare litt bedre på Nord-Østlandet og på Sørlandet og Sør-Vestlandet, mens i Trøndelag og på Vestlandet ble avlin-

gene til dels reddet av nedbøren som kom på ettersommeren, selv om de også der var tydelig preget av tørken på lettere jord.

Beregninger for system med tre slåtter (ikke vist) tydet på at slike system var påvirket av tørke i litt mindre grad enn system med to slåtter, når 3. slått ble tatt mot slutten av september. Dette skyldes at tredje slått dro fordel av nedbøren som kom seint i sesongen. De beregnede tapene ved 1. slått var noe mindre enn i systemet med to slåtter, fordi tørken da var kommet mindre langt, men tapene ved 2. slått var derimot desto større, helt opp mot 90 % på meget tørkesvak jord. Tapene på middels tørkesterk jord ble i mange distrikt beregnet til 60-80 %. Et unntak var Fureneset på Vestlandet, der tapet ved 2. slått ble beregnet til <10 % på alle typer jord. Nedbøren på ettersommeren gjorde at tapene ved 3. slått var ganske små i mange distrikt, uansett jordklasse. Et unntak var Rygge på Sør-Østlandet, der det ble beregnet et avlingstap på 25 % ved 3. slått. Det bør også nevnes at modellen kan ha undervurdert tiden det tok for grasveksten å komme i gang igjen i 3. vekstperiode etter den sterke og langvarige tørken tidligere på sommeren.

### Hvor stor andel av avlingstapene kunne avverges ved vanning?

Som et forsøk på å besvare dette spørsmålet er det gjort beregninger for et representativt utvalg av distrikt, med bruk av ulike antall vanninger i tillegg til nedbøren (tabeller 3-5).

For *korn* ble det brukt vanning med 40, 60 og 80 mm, med hhv. to, tre og fire vanninger, fordelt fra et par uker etter spiring og fram mot aksskyting (tabell 3). På Sør- og Nord-Østlandet var selv ikke den største av disse vanningsmengdene tilstrekkelig til å rette opp hele virkningen av tørke, særlig på tørkesvak jord, mens det i Trøndelag trengtes mindre hyppig vanning.

Tabell 3. Relative kornavlinger beregnet for tre distrikt ved bruk av ulike vanningsmengder på ulik jord

Værstasjon/vanning	Klasse:	Meget tørkesvak	Tørkesvak	Middels	Tørkesterk	Meget tørkesterk
<b>Rygge, Sør-Østlandet</b>						
- Uten vanning		14	22	33	44	55
- To ganger <sup>1</sup>		33	45	57	68	76
- Tre ganger <sup>2</sup>		48	60	70	79	85
- Fire ganger <sup>3</sup>		60	70	79	85	89
<b>Kise, Nord-Østlandet</b>						
- Uten vanning		29	38	49	60	69
- To ganger		51	63	73	81	86
- Tre ganger		66	76	84	89	92
- Fire ganger		78	85	90	94	96
<b>Kvithamar, Trøndelag</b>						
- Uten vanning		57	70	82	89	94
- To ganger		88	95	98	99	99
- Tre ganger		94	98	99	100	100
- Fire ganger		98	99	100	100	100

1) Vannet med 20 mm i slutten av mai og i tredje uka av juni

2) Vannet i tillegg med 20 mm i slutten av juni

3) Vannet i tillegg med 20 mm i midten av juli

For *potet* ble det brukt de samme vanningsmengdene som for korn, men fordelt seinere i sesongen, fra like før knolldanning og nesten fram til noen uker før høsting (tabell 4). På Sør-Østlandet var den hyppigste av disse vanningsregimene langt fra tilstrekkelig på

tørkesvak jord, og selv på den mest tørkesterke jorda veide det ikke opp for hele effekten av tørken. På Nord-Østlandet var situasjonen en del bedre, og på middels tørkesterk jord så det ut til at det hyppigste vanningsregimet kunne gi avlinger på rundt 90 % av

Tabell 4. Relative potetavlinger beregnet for tre distrikt ved bruk av ulike vanningsmengder på ulik jord

Værstasjon/vanning	Klasse:	Meget tørkesvak	Tørkesvak	Middels	Tørkesterk	Meget tørkesterk
<b>Rygge, Sør-Østlandet</b>						
- Uten vanning		0	0	14	27	40
- To ganger <sup>1</sup>		17	30	44	57	68
- Tre ganger <sup>2</sup>		33	46	59	70	68
- Fire ganger <sup>3</sup>		47	59	70	78	85
<b>Kise, Nord-Østlandet</b>						
- Uten vanning		32	45	58	69	77
- To ganger		54	67	77	85	89
- Tre ganger		68	79	86	91	94
- Fire ganger		72	82	89	93	95
<b>Kvithamar, Trøndelag</b>						
- Uten vanning		62	74	82	86	89
- To ganger		82	89	92	94	95
- Tre ganger		92	95	96	97	98
- Fire ganger		92	95	97	98	98

1) Vannet med 20 mm i tredje uka av juni og tidlig i juli

2) Vannet i tillegg med 20 mm i tredje uka av juli

3) Vannet i tillegg med 20 mm tidlig i august

det man forventer i fravær av vannmangel. I Trøndelag kunne det samme trolig oppnås med bare to til tre vanninger.

For eng ble beregningene gjort for et system med to slåtter og det ble brukt fra to til seks vanninger, med hhv. en, to og tre vanninger fordelt jevnt i hver slått (tabell 5). Stedsvalget er gjort for å være mer representativt av grovfôr dyrking enn eksemplene som ble brukt for korn og potet. Resultatene viser likevel samme trend for gras som for de andre vekstene, nemlig at selv ikke hyppig vanning reddet hele avlingen i områdene som var hardest rammet av tørke. Det ble for eksempel beregnet avlingssvikt på 30-35 % på tørkesvak jord i Østerdalen selv etter vanning seks ganger med til sammen 120 mm vann. På Nord-Østlandet og i sør-vest kom man trolig opp mot 80-90 % av full avling med en slik vanningsmengde, mens på Vestlandet var det trolig tilstrekkelig med halvparten så mye vanning.

### Hvor store avlingstap har vi hatt som følge av tørke de siste 15 år?

Beregninger er gjort for de siste 15 årene (2004-2018) med vær fra Kise værstasjon (Nes på Hedmark). Denne værstasjonen er valgt fordi potensiell fordampning er målt her også for perioden 1963-2003, slik at man kan sammenlikne de senere års vanningsbehov med tidligere behov.

Beregnet avlingstap i prosent av avlingsnivå uten vannmangel er presentert for de enkelte årene i figur 4 for tre klasser av jord (meget tørkesvak, middels, meget tørkesterk). Som ventet, skilte 2018 seg ut som året med størst avlingstap pga. tørke, men det var også betydelige tap i på den mest tørkesvake jorda i 2005, 2006 og 2013. I de andre år i denne perioden var tapene relativt små på mer tørkesterk jord. Tapene av grasavling som følge av ekstrem tørke var som regel mindre enn tapene av korn- og potetavlingene, men det var til gjengjeld oftere

Tabell 5. Relative grasavlinger beregnet for fire distrikt ved bruk av ulike vanningsmengder på ulik jord (summen av begge slått i engsystem med to slåtter, 2. slått vektet som i figur 3)

Værstasjon/vanning	Klasse:	Meget tørkesvak	Tørkesvak	Middels	Tørkesterk	Meget tørkesterk
<b>Alvdal, Østerdal</b>						
- Uten vanning		43	48	54	59	63
- To ganger <sup>1</sup>		52	57	62	67	71
- Fire ganger <sup>2</sup>		60	65	69	74	78
- Seks ganger <sup>3</sup>		65	70	74	78	81
<b>Apelsvoll, Østre Toten</b>						
- Uten vanning		53	58	63	68	72
- To ganger		63	68	73	77	80
- Fire ganger		73	77	81	84	87
- Seks ganger		78	82	85	88	90
<b>Særheim, Rogaland</b>						
- Uten vanning		61	67	72	76	80
- To ganger		70	76	80	84	87
- Fire ganger		78	82	86	89	90
- Seks ganger		83	86	89	91	92
<b>Tingvoll, Nordmøre</b>						
- Uten vanning		72	78	83	87	90
- To ganger		83	87	91	93	94
- Fire ganger		90	93	94	95	96
- Seks ganger		92	94	95	96	96

1) Vannet med 20 mm i tredje uka av mai og i andre uka av juli

2) Vannet i tillegg med 20 mm i første uka av juni og i fjerde uka av juli

3) Vannet i tillegg med 20 mm i tredje uka av juni og i tredje uka av august

at grasavlingene ble nedsatt med inntil ca. 10 %. Førstnevnte forhold gjenspeiler at lav grasvekst i én periode kan kompenseres ved bedre vekst i en annen periode, mens sistnevnte forhold skyldes at eng kan påvirkes av tørke over et lengre tidsrom enn hos korn og potet.

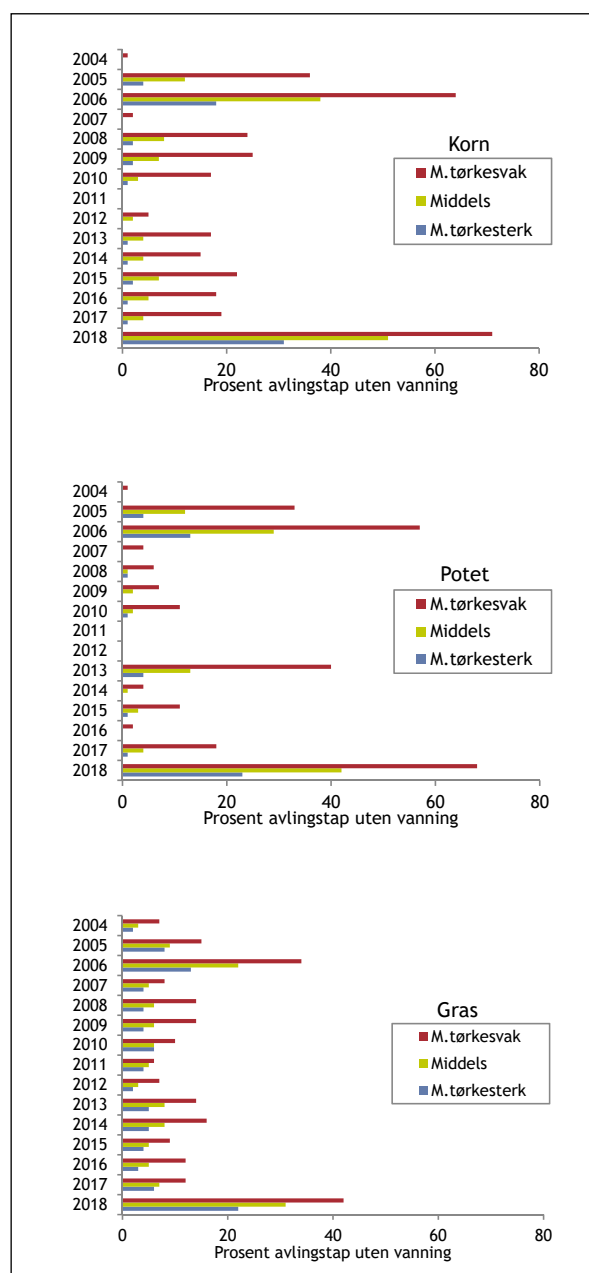
De gjennomsnittlige avlingstap som følge av tørke de siste 15 årene er gitt i tabell 6, sammenliknet med årene 1963-1983 og 1984-2003. For korn og eng ser det ut til at tapene de siste årene er på samme nivå som gjennomsnittet for den forutgående 20-års perioden, mens for potet er de noe lavere enn tidligere. For alle tre vekster har de gjennomsnittlige tapene vært mindre de senere årene enn i middel av den første 20-års perioden. Sammenliknet med hele perioden fra 1963 til 2003, har frekvensen av år med sterk tørke ikke endret seg drastisk. Sterk tørke kan trolig fortsatt ventes i ca. 25 % av alle år på tørkesvak jord, og om lag halvparten så ofte på mer tørkesterk jord.

## Sammendrag

Effektene av tørkesommeren 2018 på avlingsnivået hos korn, potet og gras, sett i forhold til nivået uten vannmangel, ble beregnet ved hjelp av en modell basert på tidligere norske vanningsforsøk.

Utslagene av tørken varierte både mellom distrikt og med jordas lagringskapasitet for plantenyttbart vann. De største beregnede avlingstap som følge av tørken ble funnet på Sør-Østlandet og i Østerdalen, mens de var noe mindre på Nord-Østlandet og på Sørlandet og i Sør-Vestlandet, og minst i Trøndelag og på Vestlandet.

På den mest tørkesvake jorda var korn- og potetavlingene uten vanning på Sør-Østlandet ofte bare <20 % av nivået uten vannmangel, mens de på den



Figur 4. Beregnede avlingstap i prosent av avlingsnivå uten vannmangel i årene 2004-2018 for tre klasser av jord (meget tørkesvak, middels, meget tørkesterk) med bruk av værdata fra Kise værstasjon, Nes på Hedmark.

Tabell 6. Gjennomsnittlige avlingstap (%) uten vanning i ulike perioder beregnet med data fra Kise værstasjon for tre klasser av jord (meget tørkesvak, middels, meget tørkesterk)

Tørkeklasse:	Korn			Potet			Gras		
	Meget tørkesvak	Middels	Meget tørkesterk	Meget tørkesvak	Middels	Meget tørkesterk	Meget tørkesvak	Middels	Meget tørkesterk
1963-1983	30	18	10	39	23	14	24	14	9
1984-2003	21	11	6	30	14	7	18	8	5
2004-2018	22	10	4	18	7	3	15	9	6



mest tørkesterke jorda var om lag 50 %. Tilsvarende tall for gras lå omkring 40-50 % på den mest tørkesvake jorda og 60-70 % på den mest tørkesterke. Beregninger utført med ulike vanningsmengder tydet på at det var vanskelig å oppnå fullt avlingsnivå, spesielt på tørkesvak jord, selv ved hyppig vanning. På middels tørkesterk jord ga fire vanninger ca. 70-80 % avlingsnivå.

Den gjennomsnittlige effekten av tørke over de siste 15 årene ble beregnet med data fra én værstasjon på Nord-Østlandet. Disse beregningene viste at effekten av tørke i denne perioden var på omtrent samme nivå som i den forutgående 20-års perioden (1984-2003), men noe mindre enn i perioden 1963-1983.

## Referanser

Kristensen, K.J. & Jensen, S.E. 1975. A model for estimating actual evapotranspiration from potential evapotranspiration. *Nordic Hydrology* 6: 170-188.

Riley, H. 1989. Irrigation of cereals, potato, carrot and onion on a loam soil at various levels of moisture deficit. *Norw. J. Agric. Sci.* 3: 117-145.

Riley, H. 1992. Assessment of simple drought indices on the growth of timothy grass (*Phleum pratense*). *Norw. J. Agric. Sci.* 6: 333-348.

Riley, H. 1994. Irrigation needs and strategies on soils of Southeast Norway. Proc. NJF seminar nr. 247, "Agrohydrology and nutrient balances", Sveriges Landbruksuniversitet, Medd. Avd. för lantbrukets hydroteknik nr. 94 (5): 34-37.

Riley, H. 2004. Jordtemperatur og vanningsbehov på Nord-Østlandet: Variasjoner og endringer siden 1960. *Planteforsk Grønn kunnskap* 8 (1): 27-37.

Riley, H. & Berentsen, E. 2009. Estimation of water use for irrigation in Norwegian agriculture. *Bioforsk Rapport* vol. 4, nr.174: 80s.