
Fra: Stein Olstad <Stein.Olstad@kalk.no>
Sendt: 26. januar 2016 11:00
Til: Postmottak LMD
Emne: Innspill til meldingen om Jordbrukspolitikken
Vedlegg: Rapport_Kalkningm%c3%a5l_Korn_Gras_Nov2012.pdf; Kalkingsmål gras.docx; Kalkingsmål korn.docx; Økt norsk produksjon- kornutvalget.pdf; Kalkstatistikk 2014.pdf

Oppfølgingsflagg: Følg opp
Status for flagg: Fullført

Til Landbruks- og matdepartementet

Miljøkalk AS er et ledende selskap innen leveranser av kalkingsmidler til det Norske Landbruk. Vi ønsker å komme med innspill til den forestående meldingen om jordbrukspolitikken som skal fremlegges av regjeringa.

Politikerne har satt fokus på økt produktivitet i landbruket og økt mat produksjon. Ekspertgruppa som var nedsatt, for å komme med anbefalinger i forhold til "Økt norsk kornproduksjon, Utfordringer og tiltak", har påpekt kalking som et tiltak i sin rapport. Prognoser tilsier at befolkningen i Norge øker med 1 million i løpet av 10 år, og at behovet for mat er økende.

På den annen side er det registrert en betydelig nedgang i kalking de senere år, dette er ikke forenlig med den satsing som myndighetene legger opp til. På vegne av Miljøkalk AS har Rådgivande Agronomar laget en kalkrapport, den belyser effekten på økonomien for den enkelte gårdbruker med jamnlig kalking. Det å holde en god pH og jamnlig vedlikeholds kalke er et viktig bidrag i å øke produksjonen og inntjeningen til den enkelte gårdbruker.

Kalkningsstatistikken fra Mattilsynet for 2014 viser at kalkningsnivået er for lavt, under 50% av hva det burde være, dette påvirker direkte produksjonen og den enkelte gårdbruker sin økonomi.

Kvaliteten på produktene øker også med en god pH. Som et eksempel vil et mer næringsrikt fôr gir bedre kvalitet på mjølk. Næringsrik jord gir kraftigere plante vokster, og grovfor med rett mineralsammensetning fører og til mindre sjukdomspress som graskrampe og melkefeber. Samspillet mellom en korrekt pH i jorda, god drenering, og riktig gjødsling er viktig i denne sammenheng.

Ved høynet bedre pH i jorda så blir tilførte næringsstoffer tatt opp i plantene, det fører til mindre avrenning og miljøbelastningen på vassdraga blir lavere.

For å få det maksimale ut av jorda er kalking en av de viktige grunnpilarer som må ligge i bunn, når pH er i orden kan optimalisering i forhold til gjødsling og sortsvalg foretas.

Sammendrag:

- Økt fokus på kalking som et bidrag til økte avlinger
- Økt fokus på kalking som et bidrag til høynet kvalitet på:
 - Korn
 - Potet

- Gras
- Mjølke kvalitet
- Grønnsaker
- Økt fokus på kalking for å minimalisere miljøeffekten av at ikke benyttede næringsstoffer kommer på avveie fordi pH er for lav
- Økt kalking gir minsket sjukdomspress på dyr og avlinger

Miljøkalk AS ønsker at disse innspill blir tatt inn i den nye landbruksmeldinga, hvor målet må være høynet avlingsnivå, bedret kvalitet, bedret inntjening til den enkelte bruker og minsket miljøbelastning.

Dersom det er behov for utfyllende kommentar eller samtaler stiller vi gjerne opp til dette.

Kalk er naturens eget rensemiddel.

Vedlegg:

- To ekstrakt vedrørende kalkningsmål for korn og gress som er laget av vår fagansvarlige innen landbruk Eskild Bergli, esbe@kalk.no
 - Kalkingsmål gras
 - Kalkingsmål korn
- Økt norsk produksjon- kornutvalget: «Økt norsk kornproduksjon, utfordringer og tiltak»
- Kalkstatistikk 2014
- Kalkingsmål for korn og gress, Rådgivande Agronomar Rapport.

Med vennlig hilsen
for **Miljøkalk AS**

Stein Olstad
Leder Divisjon Miljø

Mobnr +4797160301
E-post: stein.olstad@kalk.no
www.kalk.no

Vil Du motta Informasjon fra oss? Meld Deg på vårt Nyhetsbrev!!!

Kalkingsmål for gras:

Landbruksarealer i Norge har et behov for å få tilført mineraler for å yte best mulig avlinger gjennom dyrking av korn og gras. Kalking har i en årrekke vært en betydelig innsatsfaktor som landbruket har tilført jorda for å oppnå en pH som gir grunnlag for gode vekstforhold.

I tiden 1979 til 1985 var kalking på det høyeste med rundt 500.000 tonn/årlig. Etter en periode gikk volumet ned til 300.000 tonn/årlig. Det må kommenteres at i perioden 79-85 var det mye grunnkalking. De siste år har volumet ligget på rundt 150.000 tonn/årlig.

Ved årlig utvasking og tatt i betraktning at vi har 10. mill daa dyrka mark, burde kalkingsnivået ligget på 300.000 tonn/årlig i bare vedlikeholdskalking.

Kalking er god økonomi for enhver bonde som driver jordbruksproduksjon, enten som grovfôr eller til matproduksjon. Ved generell vedlikeholdskalking gir kalking 4 ganger avkastning i korndyrking og 4-6 ganger ved grasdyrking.

Kalking vil være en av de beste investeringene landbruket gjør for å utnytte produktiviteten på jordbruksarealer.

Faktor pr. daa	Type eng	Enhets-kostnad/inntekt	Kg. utbytte/innsats	Økonomisk verdi, kr /daa
Økt inntekt	1-års-eng	2 kr/kg gras	94	188
	Eldre eng	2 kr/kg gras	56	112
Årlig kalkkostnad		kr 0,90/kg effektiv CaO	40	36
Avkastning	1-års-eng			152
	Eldre eng			76

Prisen bygger på kalk med kalkverdi=50, ferdig spredd pris kr 450/tonn

Det er bevist at kalking i grasproduksjon har en større lønnsomhet, sett i forhold til korndyrking. Det må likevel tilføres at kornbønder har i større grad vært flinkere å opprettholde en riktig pH i jorda enn hva bønder i grasproduksjon har gjort.

For å få til et godt smakelig grovfôr med de riktige mineraler er kalking et svært viktig gjøremål for nettopp å oppnå denne fortjenesten. Kløver krever en pH over 6.0 for å trives best mulig. Kløver vil igjen føre til mer proteinrikt fôr som er viktig opptak hos de fleste husdyr, spesielt melkekyr.

Raigras er også en kulturvekst som er krevende på pH mål. Raigras er kjent for å være et kraftig grovfôr da det tar opp mye næringsstoffer, som f. eks nitrogen. Tilføring av kalk vil være avgjørende for at Raigraset skal utvikles for å bli et godt egnet grovfôr. Dyrking av Raigras på mineraljord anbefales en pH mellom 6.3 og 7.0.

Kulturvekst	pH(H ₂ O), intervall
Raudkløver	6,2-7,0
Timotei, engsvingel, engrapp, bladfaks og hundegras	5,8-6,5
Raigras ¹⁾	6,3-7,0

¹⁾ Westerwoldsk raigras vurdert over engelsk raigras i pH-krav

Magnesium:

Franzefoss Miljøkalk leverer flere typer kalk til landbruket. De senere tider har Agri Dol og Agri halvbrent blitt populære produkter grunnet sitt innhold av Magnesium.

Magnesium er et svært viktig næringsstoff å tilføre, spesielt i grovfôrproduksjon for bekjempelse mot graskrampe og melkefeber. Det er viktig å fokusere på Magnesium verdier på jordprøveresultater, på gras anbefales det å ha verdier mellom 16-20.

Kalking på beiteland anbefales det å bruke konsekvent Mg holdig kalk for å bekjempe sykdommer under sommerhalvåret når kyr/sauer går på beite.

Kalking i bratt terreng trenger ikke å være enkelt med kalkvogner, men her anbefales det å bruke Agri Dol i storsekk, eller Agri Granulat der en kan bruke sentrifugalspreder for å foreta kalkinga.

Hvordan kalke:

Spredning på eng har blitt praktisert mer i enkelte områder. Spesielt kalking på jord med tele er et godt gjøremål i vinterhalvåret, spesielt på bæresvak jord som kan være vanskelig å komme utpå under vårsesongen. Det er også tidsbesparende med en hektisk tid på våren, å foreta kalking på høst/vinter. Det anbefales en mengde rundt 300 kg/daa på overflatekalking når kalken ikke blir innarbeidet i jorda. Kalken går ned 1-2 cm hvert år, slik at en ikke må overdrive mengden kalk som spres. Kalk med mindre mengde under overflatekalking, men spre hvert 2-3 år. Den gjentatte kalkinga gir en gradvis forbedring nedover i jordprofilen.

Ved grunnkalking i åker kan en tilføre store mengder på en gang, om nødvendig inntil 1 tonn pr.daa. En kombinerer dette med god innblanding i plogsjiktet (harving). Vanlig er å ha på en 500-600 kg/daa når en snur enga, eller foretar vekstskifte.

Vedlikeholdskalking skal sikre at vi kan holde på oppnådd kalktilstand, motvirke forsuringsprosesser som skyldes ammoniumholdig mineralgjødsel, sur nedbør, naturlig forsurende omdanning i jord og utvasking av basekation i et klima med nedbørsoverskudd, og bortføring med avling. Det trengs 20-50 kg CaO-ekv./daa/år. Minste mengder gjeld for korndyrkingsområde med små nedbørsmengder og moderat N-gjødsling, største for kystområde med 3 grasavlinger og sterk gjødsling.

All kalking er god kalking, slik at spredning må tilpasses en hver bonde for å sikre riktig pH i jordbruksarealer.



Kalking i Norsk landbruk:

Landbruksarealer i Norge har et behov for å få tilført mineraler for å yte best mulig avlinger gjennom dyrking av korn og gras. Kalking har i en årrekke vært en betydelig innsatsfaktor som landbruket har tilført jorda for å oppnå en pH som gir grunnlag for gode vekstforhold.

I tiden 1979 til 1985 var kalking på det høyeste med rundt 500.000 tonn/årlig. Etter en periode gikk volumet ned til 300.000 tonn/årlig. Det må kommenteres at i perioden 79-85 var det mye grunnkalking. De siste år har volumet ligget på rundt 150.000 tonn/årlig.

Ved årlig utvasking og tatt i betraktning at vi har 10. mill daa dyrka mark, burde kalkingsnivået ligget på 300.000 tonn/årlig i bare vedlikeholdskalking.

Produktiviteten i korndyrking har stagnert og gått noe tilbake, samtidig som arealet har gått tilbake med 10 %. Jordforsuring og dårlig grøftetilstand har mye skyld i denne utviklingen. Forskyving av kalking vil medføre sur jord som må kalkes opp, og det vil igjen ta tid og ikke være like lønnsomt for gårdbrukeren sett i forhold til å drive med vedlikeholdskalking.

Kalking er god økonomi for enhver bonde som driver jordbruksproduksjon, enten som grovfôr eller til matproduksjon. Ved generell vedlikeholdskalking gir kalking 4 ganger avkastning i korndyrking og 4-6 ganger ved grasdyrking.

Kalking vil være en av de beste investeringene landbruket gjør for å utnytte produktiviteten på jordbruksarealer.

Faktor pr. daa	Enhets-kostnad/inntekt	Kg. utbytte/innsats	Økonomisk verdi, kr /daa
Økt inntekt	2,32 kr/kg bygg	34	79
	2,73 kr/kg mathvete	34	93
Årlig kalkkostnad	kr 0,90/kg effektiv CaO	30	27
Avkastning bygg			52
Avkastning mathvete			66

Gjelder med målpriser i tilskuddssone 1. og en ferdig spredd pris på kr 450,-
Modellen bygger på kalk med kalkverdi på 50.

Det er bevist at kalking i grasproduksjon har en større lønnsomhet, sett i forhold til korndyrking. Det må likevel tilføres at kornbønder har i større grad vært flinkere å opprettholde en riktig pH i jorda enn hva bønder i grasproduksjon har gjort.

For å få til et godt smakelig grovfôr med de riktige mineraler er kalking et svært viktig gjøremål for nettopp å oppnå denne fortjenesten. Kløver krever en pH over 6.0 for å trives best mulig. Kløver vil igjen føre til mer proteinrikt fôr som er viktig opptak hos de fleste husdyr, spesielt melkekyr.

Raigras er også en kulturvekst som er krevende på pH mål. Raigras er kjent for å være et kraftig grovfôr da det tar opp mye næringsstoffer, som f. eks nitrogen. Tilføring av kalk vil være avgjørende for at Raigraset skal utvikles for å bli et godt egnet grovfôr. Dyrking av Raigras på mineraljord anbefales en pH mellom 6.3 og 7.0.

Anbefalte pH intervall på korndyrking.

Plantekultur	pH(H ₂ O), intervall
Hvete og bygg	6,0-6,5
Havre	5,8-6,3

Franzefoss Miljøkalk leverer flere typer kalk til landbruket. De senere tider har Agri Dol og Agri halvbrent blitt populære produkter grunnet sitt innhold av Magnesium. Magnesium er et svært viktig næringsstoff å tilføre, spesielt i grovfôrproduksjon for bekjempelse mot graskrampe og melkefeber. Det er viktig å fokusere på Magnesium verdier på jordprøveresultater, på gras anbefales det å ha verdier mellom 16-20 og mellom 6-10 på korn. Les mer om våre produkter på www.kalk.no



Foto: André Storstad

Spredning på eng og stubbåker har blitt praktisert mer i enkelte områder. Spesielt kalking på jord med tele er et godt gjøremål på kalde vinterdager, spesielt på jord som blir kan være vanskelig i forhold til jordpakking. All kalking er god kalking, slik at overflate kalking med 300-400 tonn/daa vil være lønnsomt for å unngå fall i pH som skaper fare for aluminiumsforgiftning. Det er også tidsbesparende med en hektisk tid på våren, å foreta kalking på høst/vinter.

Franzefoss Miljøkalk har fått utarbeidet en faglig rapport for kalkingsmål til korn og gras. Rapporten er utarbeidet av firmaet Rådgivande Agronomar AS. Rapporten finnes på vår hjemmeside www.kalk.no

Franzefoss Miljøkalk AS

Eskild Bergli
Marked/ fagansvarlig Landbruk

Kalkstatistikk

Omsetning av kalk til jordbruksformål

2014

Dato
07.04.2015

Denne statistikken beskriver kalkomsetning til jordbruket i 2014. Statistikken omfatter ikke produkter som først og fremst omsettes for bruk i park, grønntanlegg eller privathager. Den inneholder heller ikke tall for skjellsand brukt i jordbruket. Statistikken er basert på innrapportering fra virksomhetene som omsetter produktene i Norge. Forrige kalkstatistikk ble laget i 2011.

Tabell 1. Omsetning av kalk til jordbruket for utvalgte år, fordelt på varetype (tonn vare).

Varetype (tonn vare)	2007	2010	2011	2014
Kalkmel	22126	15544	12772	29555
Grovkalk	49498	52975	53359	53208
Grovdolomitt	21452	17250	18158	26743
Grov kalkdolomitt	6188	6069	4800	5896
Brent kalk	1630	6305	1957	1784
Annen kalk	53277	47045	42747	37273
Granulert kalkmel	1689	2789	3284	3169
Granulert dolomittmel				2358
Sum	155860	147977	137077	159986

Tabell 2. Omsetning av kalk til jordbruket for utvalgte år, fordelt på fylke (tonn vare).

	2007	2010	2011	2014
	tonn vare			
Akershus/Oslo	12574	9581	10694	8999
Aust-Agder	1151	1335	776	3509
Buskerud	4311	5185	3555	4744
Finnmark	1285	925	1085	851
Hedmark	13950	6668	6925	13036
Hordaland	2851	3128	1080	1456
Møre og Romsdal	14714	14643	19002	25192
Nordland	6221	3762	4235	3710
Nord-Trøndelag	16342	21298	20664	23745
Oppland	10629	12407	8389	7964
Rogaland	10290	17418	15771	19430
Sogn og Fjordane	6062	3506	5800	3901
Sør-Trøndelag	16587	12730	11481	16427
Telemark	2818	2385	871	2511
Troms	1570	1175	1185	2600
Vest-Agder	4558	690	2001	2202
Vestfold	10586	10724	8499	7494
Østfold	19362	20417	15064	12215
Alle fylker	155861	147977	137077	159986

Tabell 3. Omsetning av kalk til jordbruket i 2014, fordelt på varetype og fylke (tonn vare).

Varetyper (tonn vare)	Kalkmel	Grovkalk	Grov- dolomitt	Grov kalkdolomitt	Brent kalk	Annen kalk	Granulert kalkmel	Granulert dolomittmel	Sum fylke
Akershus/Oslo	0	606	677	0	6	7460	0	250	8999
Aust-Agder	1700	0	1400	0	30	354	0	25	3509
Buskerud	1	0	52	0	848	3693	0	150	4744
Finnmark	0	0	851	0	0	0	0	0	851
Hedmark	3729	1066	680	3478	125	3558	0	400	13036
Hordaland	0	0	1450	0	0	6	0	0	1456
Møre og Romsdal	8644	13356	1933	0	0	1080	154	25	25192
Nordland	0	680	2970	0	0	0	60	0	3710
Nord-Trøndelag	1930	18753	2774	0	0	188	0	100	23745
Oppland	4714	0	141	2418	303	38	0	350	7964
Rogaland	6678	6532	1094	0	19	2909	2198	0	19430
Sogn og Fjorande	0	1401	2495	0	0	5	0	0	3901
Sør-Trøndelag	25	8276	7018	0	0	1001	0	107	16427
Telemark	0	0	61	0	213	2162	0	75	2511
Troms	0	0	2600	0	0	0	0	0	2600
Vest-Agder	1702	0	473	0	0	27	0	0	2202
Vestfold	0	0	74	0	235	6353	757	75	7494
Østfold	432	2538	0	0	5	8439	0	801	12215
Sum fylker	29555	53208	26743	5896	1784	37273	3169	2358	159986



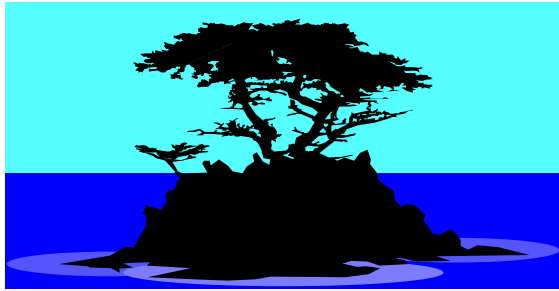
Rådgivande Agronomar

RAPPORT

Nr. 4/2012

KARL-JAN ERSTAD

**KALKINGSMÅL FOR KORN
OG GRAS (*Poaceae*)**



RÅDGIVANDE AGRONOMAR AS
N-6964 KORSSUND
Tel.: 57 73 77 90
Fax: 57 73 77 91
e-post: agronom@c2i.net
web: www.raadgivande-agronomar.no

© Copyright

Rådgivande Agronomar Rapport nr.: 4/2012
Avgrensa distribusjon: Ja

Rapporttittel KALKINGSMÅL FOR KORN OG GRAS (<i>Poaceae</i>)	Dato: 20.11.2012
	Prosjektnummer: Kalk korn&gras 2012
Forfatter(ar): Karl-Jan Erstad Rådgivande Agronomar AS, <i>Consultative Agronomists</i> , NO-6964 Korssund, NORWAY	Faggruppe: Landbrukskalk
	Geografisk område: Europa
	Tall sider inkl. vedlegg: 81
Oppdragsgjevar: FRANZEFOSS MILJØKALK AS, Olav Ingstadsvei 5, P.O. Postboks 53, 1309 RUD	Oppdragsreferanse: Franzefoss Miljøkalk AS – 2011

Utdrag:
Kalkingsmål for grasartar og korn (*Poaceae* - grasfamilien) let seg ikkje eintydig definere utan at ein ser på ulike artar og ulikt sortsmateriale, jordtypar, jordkvalitet, næringsstatus og kontroll med vilkår for næringstilgang og planteopptak. Noreg definerer moderate kalkingsmål, mens ei rekke andre europeiske land kalkar sterkare. Forsuring av jord viser seg i form av avlingsnedgang, dårleg kvalitet på avling til mat og fôr, tap av næringsstoff ved lekkasje grunna manglande opptak og utnytting i plantevev, og større innslag av ugras som utnyttar vekseplassen betre enn kulturvekstane. Noreg kalkar for tida underoptimalt, med avlingstap som resultat. Kalking verkar sterkt inn på jordfysiske forhold, spesielt grynstruktur på tyngre leirjord, og til betra drenering i materiale i grøftefyll. Trong for sterk maskinkraft ved jordarbeiding minkar. God kalktilstand er avgjerande for mikrobielt liv, med spesiell styrking av bakteriar framfor soppsamfunn. Dette sikrar rask mineralisering av næringsstoff, sirkulering og ny forsyning av plantenæring, spesielt for N, P og S. Kalking er solid økonomi. Kalkylane i denne rapporten har underbygd at kalkinga har gitt gir 4-fold att ved korndyrking, og 4-6 fold att ved grasdyrking, det lågaste talet ved langvarig eng og det høgste ved kulturreng (attlege, t.d. 5-årig eng). Forsøk frå andre tempererte regionar samsvarte godt på meirinntekt for denne vedlikehaldskalkinga.

4 emneord, norske

1. Landbrukskalking
2. Gras
3. Korn
4. Kalkingsøkonomi

Prosjektleder

Karl-Jan Erstad

4 emneord, engelske

1. Agricultural liming
2. Grasses
3. Cereals
4. Liming economy

For administrasjonen

Anne Erstad-van der Vlucht

ISBN 978-82-7963-016-6
ISSN 1501-2735

KALKINGSMÅL FOR KORN OG GRAS
(Poaceae)



RÅDGIVANDE AGRONOMAR RAPPORT
4/2012

ISBN 978-82-7963-016-6
ISSN 1501-2735

KALKINGSMÅL FOR KORN OG GRAS
(Poaceae)

Korssund, november 2012

Prosjektleder	Karl-Jan Erstad*
Forfatter	Karl-Jan Erstad

*** RÅDGIVANDE AGRONOMAR AS**
N-6964 KORSSUND, NOREG

*Nicht an Kalk sparen,
sondern mit Kalk sparen
[Ikkje spare på kalk, men tvert imot med kalk]
(Bayerische Kalkwerke,
München sept. 2012)*

FØREORD

Dersom ein kuttar ut gjødsling, kjem effekten på plantevekst og –utvikling momentant. Manglande kalking ved dyrking av t.d. korn og gras er derimot ei litt meir snikande forringing av jord- og plantekulturen. Frå å vere eit populært og påakta gjeremål og også som eit miljøtiltak i landbruket, som eit fast driftsmiddel i ein kvar driftsplan, har det no vorte ein uvane med å utsette eller heilt droppe kalking i mange driftsopplegg.

Resultata viser seg etter kvart ganske tydeleg. Avlingane har stagnert og faktisk gått svakt tilbake, i korndyrkinga registrerer vi ingen framgang i arealproduktiviteten. Hovudårsakene ser ut til å vere dårlegare grøftetilstand – og jordforsuring.

Landbruket sin økonomiske situasjon samanhalde med sterk lønsutvikling i andre næringar lokkar bøndene til å bruke meir tid andre stadar, og få unna gardsarbeidet så lett vint og fort som muleg. Korndyrkinga har vorte meir ekstensivert, og arealet er gått tilbake med 10% siste åra, mens resultat frå forskinga hadde gitt grunnlag for meir intensivering, påpassing og overvaking av ei rekke vekstparametrar, både på plantesida og innan jordkulturen.

Like fullt er det ei fagleg vurdering at svikt i kalkingsinnsatsen er å spare seg til fant, og det medfører å krympe marginane ein skal leve av (dekningsbidrag).

I perioden 1977-85 steig kalkforbruket til 500.000 tonn årleg, mens kalkforbruket i 2011 kan vere i underkant av tredjeparten. Med 10 mill. daa jordbruksland burde kalkforbruket ha vore på samme nivå som i toppperioden, berre for vedlikehaldskalking, og i tillegg vil det vere delar av arealet som er så sure at det treng grunnkalking.

INNHALD

	SIDE
FØREORD	5
INNHALD	6
SUMMARY	8
SAMANDRAG	9
SAMMENDRAG	10
INNLEIING	11
ULIK TILNÆRMING TIL KALKING TIL KORN OG GRAS	11
DRAMATISK FALL I KALKINGA I NOREG SISTE PAR TIÅR	11
I. GENERELLE KALKINGSEFFEKTER	14
1. SAMPEL JORDKJEMI OG PLANTEERNÆRING	14
2. KJEMISKE EFFEKTER PÅ ULIKE JORDARTAR	15
A. LEIRJORD	15
B. SAND- OG SILTJORD	16
C. ORGANISK JORD	17
3. FYSIKALSKE EFFEKTER	17
4. MIKROBIELLE EFFEKTER	18
A. GENERELL JORDØKOLOGI	18
B. FORSURING OG KALKING – MIKROBIELL AKTIVITET	19
C. FORSURING OG KALKING – MIKROORGANISMER INVOLVERT I KJEMISKE OMDANNINGAR I JORD	20
D. FORSURING OG KALKING – SAMPEL MELLOM PLANTAR OG MIKROORGANISMER	26
E. FORSURING OG KALKING – SYMBIOTISK N-FIKSERING	36
II. KALKING OG pH-MÅL TIL KORN OG GRAS	40
KALKINGSMÅL I NOREG	40
ALLMENNE RÅD FOR pH-MÅL	46
PREISJONSLANDBRUK – MED VATNINGSANLEGG	46
KALKINGSMÅL I ANDRE EUROPEISKE LAND	49
III. KALKDOSAR FOR GRUNNKALKING OG VEDLIKEHALDSKALKING	55
ÅRSAKER TIL FORSURING	55
KALKMENGDER	55
KALKINGSMÅTE	56
RETT OG PREIS KALKING	56
IV. ØKONOMI I KALKING TIL KORN OG GRAS	58
KALKING ER SOLID ØKONOMI	58

KALK OG GJØDSEL UTFYLLER KVARANDRE	58
ØKONOMI FOR VEDLIKEHALDSKALKING	60
ØKONOMIVURDERING FOR KALKING AV ENG I NEDERLAND	61
IV. DISKUSJON OG KONKLUSJON	67
TAKKEORD	68
LITTERATUR	69
RAPPORTAR UTKOMNE I DENNE SERIEN / REPORTS EDITED IN THIS SERIES	80

SUMMARY

Aims of liming to grasses and cereals (*Poaceae* – grass family) are not uniquely defined less different species and sorts, soil types and qualities, nutritional status and conditional control of nutrient supplies and plant uptake are assessed. This gives different approaches to optimising agronomy in extension services in different countries. Still important to know is that research has proved that liming and fertilisation add to each other, and can not substitute.

Acidification results in yield depression, inferior qualities of food and fodder, loss of nutrients by leaching due to reduced uptake and incorporation in plant tissue, and a higher frequency of weeds utilising the option of growth better than the cultivated crops.

At pH levels below 5,0 on mineral soils plant roots are exposed to acutely poisonous concentrations of Al and partly Mn and Fe. Liming precipitates and detoxicates them to plant roots. Parallely P is less bound to Fe and Al. P is most readily plant available at pH 5,5-6,5. At high pH levels, pH above 7,0, Mo is very soluble, but simultaneously plants are exposed to deficiency of other micro nutrients. This mainly concerns Mn, B, Cu, Zn and Fe.

Having good control with soil physical factors, as redox conditions in soil by running irrigation, plant available Mn and partly Fe may be improved, and higher yields are frequently achieved at higher soil pH levels.

Liming strongly influences soil physical conditions, clearly improves grain structure on heavy clay soils, and improves drainage in fills. Need of strong machines at tillage is reduced.

A good status of liming is decisive for microbial life, particularly stimulating bacterial life more than fungi. This ensures rapid mineralisation of nutrients, recycling and new supply of plant nutrients, especially in the case of N, P and S.

Target levels of liming in Norway are modest for most types of crops, stronger than in Sweden where liming widely has been neglected, identical with Great Britain, but weaker than Germany, the Netherlands, France, Denmark and Finland. Climate, agricultural conditions, agronomic views and traditions in soil management are crucial. Countries with most intensive liming optimise all yields, and have also limed for enhanced soil structure and heavy metals fixation. At this time Norway limes suboptimal, in particular on heavier mineral soils (clay).

Liming represents sound economy. This concerns not solely basic liming of acid soils. Studies based on Swedish experiments have revealed that liming for maintenance gives a solid profit as related to yields and economy. Calculations have confirmed three to four fold by grain crops (added value), and four to six fold by grass crops, the lowest by permanent grassland, and the highest by renewed pasture.

Other North European experiments and estimates coincided well with Scandinavian effects on profit by liming for maintenance to renewed pasture, double yields during long seasons, but half the monetary value of the fodder.

The consumption of agricultural liming materials in Norway had its peak during 1979-85, amounting 500.000 tons as delivered, about 300.000 tons 1988-95. Afterwards the use of lime has gradually diminished. The consumption is now substantially below 200.000 tons. The drop equals stealthy impoverishment of soil fertility, last time discovered with fear at about 1975. Agricultural liming should once more be at least doubled, as a parallel to the all-out effort or a vigorous pull as 30 years ago.

SAMANDRAG

Kalkingsmål for grasartar og korn (*Poaceae* - grasfamilien) let seg ikkje eintydig definere utan at ein ser på ulike artar og ulikt sortsmateriale, jordtypar, jordkvalitet, næringsstatus og kontroll med vilkår for næringstilgang og planteopptak. Dette gir også ulik tilnærming for optimalisering ved rådgiving i ulike land. Men viktig er det at forskning viser at kalk og gjødsel utfyller kvarandre, det eine kan ikkje bytast om med berre det andre.

Forsuring av jord viser seg i form av avlingsnedgang, dårleg kvalitet på avling til mat og fôr, tap av næringsstoff ved lekkasje grunna manglande opptak og utnytting i plantevev, og større innslag av ugras som utnyttar vekseplassen betre enn kulturvekstane.

Ved pH under 5,0 på mineraljord kan planterøtene utsettast for akutt giftige konsentrasjonar av Al og til dels Mn og Fe. Kalking feller ut og ufarleggjer desse for planterøtene. Samtidig vert P i mindre grad bunde til Fe og Al. P er lettast tilgjengeleg ved pH 5,5-6,5.

Ved dei høge pH-verdiane, pH over 7,0, vert Mo svært lett tilgjengeleg, men på den andre sida er plantane utsette for fare for mangel på andre mikronæringsstoff. Dette gjeld særleg Mn, B, Cu, Zn og Fe.

Dersom ein har kontroll med andre jordkjemiske faktorar, som redoksforhold i jord ved å køyre vatningsanlegg, kan plantetilgjenge for Mn og delvis Fe betrast, og ein oppnår ofte meiravlingar ved litt ekstra høg pH i jord.

Kalking verkar sterkt inn på jordfysiske forhold, spesielt grynstruktur på tyngre leirjord, og til betra drenering i materiale i grøttefyll. Trong for sterk maskinkraft ved jordarbeiding minkar.

God kalktilstand er avgjerande for mikrobielt liv, med spesiell styrking av bakteriar framfor soppsamfunn. Dette sikrar rask mineralisering av næringsstoff, sirkulering og ny forsyning av plantenæring, spesielt for N, P og S.

Kalkingsmåla i Noreg er moderat sterke for dei ulike plantekulturane, sterkare enn i Sverige som i stor grad har forsømt seg, om lag likt med Storbritannia, men svakare enn Tyskland, Nederland, Frankrike, Danmark og Finland. Klima, driftsforhold, fagleg vinkling og tradisjonar i jordkulturen er avgjerande. Land som kalkar sterkast, optimaliserer utbyttet på avlingar, og har gjerne også konsentrert seg om kalking for god jordstruktur og binding av tungmetall. Noreg kalkar framleis underoptimalt, spesielt på tyngre mineraljorder (leirer).

Kalking er solid økonomi. Det gjeld ikkje berre ei grunnkalking av sure jorde. Studie som bygger på svenske undersøkingar, viser at også den jamne vedlikehaldskalkinga gir formidabel avkastning på avling og økonomi. Kalkylane har underbygd at kalkinga gir om lag 3-4-fold (3-4 gongar økonomisk meirverdi) att ved korndyrking, 4-6 fold att ved grasdyrking, det lågaste talet ved langvarig eng og det høgste ved kultureng (attlege, t.d. 5-årig eng).

Andre nordeuropeiske forsøk og utrekningar samsvarer godt med skandinavisk meirinntekt for vedlikehaldskalking for 1-års-eng, dobbel avling i lang vekstsesong, men med halv grovfôrpris.

Omsetnad av landbrukskalk i Noreg låg på topp i perioden 1979-85, på rundt 500.000 tonn levert vare, vel 300.000 tonn i perioden 1988-95. Deretter har kalkforbruket gått gradvis ytterlegare tilbake. Forbruket er no på godt under 200.000 tonn.

Fallet viser ei snikande utarming av landbruksjorda, sist konstatert med monaleg dramatik rundt 1975. Kalkinga bør på nytt meir enn fordoblast, som ved krafttaket for 30 år sidan.

SAMMENDRAG

Kalkingsmål for grasarter og korn (*Poaceae* - grasfamilien) lar seg ikke entydig definere uten at man ser på ulike arter og ulikt sortsmateriale, jordtyper, jordkvalitet, næringsstatus og kontroll med vilkår for næringstilgang og planteopptak. Dette gir også ulik tilnærming for optimalisering ved rådgivning i ulike land. Men viktig er det at forskning viser at kalk og gjødsel utfyller hverandre, det ene kan ikke byttes ut om med kun det andre.

Forsuring av jord viser seg i form av avlingsnedgang, dårlig kvalitet på avling til mat og fôr, tap av næringsstoff ved lekkasje grunna manglende opptak og utnytting i plantevev, og større innslag av ugras som utnytter vokseplassen bedre enn kulturvekstene.

Ved pH under 5,0 på mineraljord kan planterøttene utsettes for akutt giftige konsentrasjoner av Al og til dels Mn og Fe. Kalking utfeller og ufarliggjør disse for planterøttene. Samtidig blir P i mindre grad bundet til Fe og Al. P er lettest tilgjengelig ved pH 5,5-6,5.

Ved de høge pH-verdiene, pH over 7,0, blir Mo svært lett tilgjengelig, men på den andre sida er plantene utsatte for fare for mangel på andre mikronæringsstoff. Dette gjelder særlig Mn, B, Cu, Zn og Fe.

Dersom man har kontroll med andre jordkjemiske faktorer, som redoksforhold i jord ved å kjøre vanningsanlegg, kan plantetilgjengelighet for Mn og delvis Fe bedres, og man oppnår ofte meravlinger ved litt ekstra høg pH i jord.

Kalking virker sterkt inn på jordfysiske forhold, med grynstruktur på tyngre leirjord, og til forbedra drenering i grøftefyll. Behov for sterk maskinkraft ved jordarbeiding minker.

God kalktilstand er avgjørende for mikrobielt liv, med spesiell styrking av bakterier framfor soppsamfunn. Dette sikrer rask mineralisering av næringsstoff, sirkulering og ny forsyning av plantenæring, spesielt for N, P og S.

Kalkingsmåla i Norge er moderat sterke for de ulike plantekulturene, sterkere enn i Sverige som i stor grad har forsømt seg, omlag likt med Storbritannia, men svakere enn Tyskland, Nederland, Frankrike, Danmark og Finland. Klima, driftsforhold, faglig vinkling og tradisjoner i jordkulturen er avgjørende. Land som kalker sterkest, optimaliserer utbyttet på avlinger, og har gjerne også konsentrert seg om kalking for god jordstruktur og binding av tungmetall. Norge kalker fremdeles underoptimalt, spesielt på tyngre mineraljorder (leirer).

Kalking er solid økonomi. Det gjelder ikke bare ei grunnkalking av sure jorder. Studier som bygger på svenske undersøkinger, viser at også den jevne vedlikeholdskalkinga gir formidabel avkastning på avling og økonomi. Kalkylene har underbygd at kalkinga gir omtrent 3-4-fold (3-4 ganger økonomisk merverdi) igjen ved korndyrking, 4-6 fold igjen ved grasdyrking, det lågeste tallet ved langvarig eng og det høgste ved kultureng (gjenlegg, f.eks. 5-årig eng).

Nederlandske forsøk og beregninger samsvarte godt med skandinavisk merinntekt for vedlikeholdskalking for 1-års-eng, dobbel avling i lang vekstsesong, men med halv grovfôrpris.

Omsetning av landbrukskalk i Norge lå på topp i perioden 1979-85, på rundt 500.000 tonn levert vare, vel 300.000 tonn i perioden 1988-95. Deretter har kalkforbruket gått gradvis ytterligere tilbake. Forbruket er nå på godt under 200.000 tonn.

Fallet viser ei snikende utarming av landbruksjorda, sist konstatert med betydelig dramatikk rundt 1975. Kalkinga bør på nytt mer enn fordobles, som ved krafttaket for 30 år siden.

INNLEIING

ULIK TILNÆRMING TIL KALKING TIL KORN OG GRAS

Det finst standard tilnærming for kalktrong til grasfamilien (*Poaceae*) – korn og gras, og som vert brukt i rådgivinga som mål for kalking og kalktilstand.

Likevel viser det seg at vi har ganske store ulikskapar mellom land når det gjeld målsetting for denne kalkinga. Dette kan ha ulike årsaker: ulike artar og ulikt sortsmateriale, ulikskapar i jordsmonn, herunder større del organiske jorder i Norden, og klimaforhold som kan påverke omsynet til utlekking av kalk ved stort nedbørsoverskot (atlantisk klima).

DRAMATISK FALL I KALKINGA I NOREG SISTE PAR TIÅR

Omsetnad av landbrukskalk (bergverkskalk og skjelsand) i Noreg låg på topp i perioden 1979-1985, på rundt 500.000 tonn levert vare, vel 300.000 tonn i perioden 1988-95. Deretter har kalkforbruket gått gradvis tilbake, slik vi ser det i tab. 1, med bergverkskalk fordelt på kalktypar, og skjelsand gitt i tillegg. I 2008 vart kalkstatistikk ikkje innhenta, og f.o.m. det året vart ikkje skjelsanddata innhenta meir. Det totale forbruket er no på godt under 200.000 tonn. Tab. 1 viser det totale forbruket fordelt på kalktypar, tab. 2 totalforbruk fordelt på fylke, og tab. 3 med forbruk per arealeining (daa).

Tab. 1. Kalkomsetnaden i tonn fordelt på varetypar for åra 2001–2010.
(Kjelde: Mattilsynet)

Varetype / År	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010
Brent kalk	1032	808	1054	1322	1322	1726	1630	1582	6305
Granulert kalkmjøl	1939	1517	1052	856	1976	996	1689	2649	2789
Grov kalkdolomitt	5292	4663	4477	5017	4662	2813	6188	5982	6069
Grovdolomitt	25208	27525	20326	19160	20814	16671	21452	18161	17250
Grovkalk	40580	41519	40784	42119	39354	41984	49498	53591	52975
Kalkmjøl	48198	51891	48713	45089	44433	35572	22126	19491	15544
Annan kalk	71164	72095	60314	55966	56260	50805	53277	56250	47045
Sum	193413	200018	176720	169529	168821	150567	155860	157706	147977
Skjelsand	64282	63480	60911	43017	38506	41463	25998		

Med ein årleg trong på 40-60 kg kalk/daa ved korndyrking, og 60-100 kg kalk/daa ved grasdyrkinga, spesielt avhengig av gjødslingsstyrke og lekkasje ved nedbørsoverskot, ser vi at kalkforbruket i 2010 er altfor lågt. Like fullt skal det merkast at typiske korndyrkande fylke ligg noko høgare enn fylka der det er mest grasproduksjon, og det indikerer at kornbønder veit at brukbar kalktilstand vil vere avgjerande for avling, mens husdyrprodusentar gjerne supplerer og stolar på tilførte fôrressursar utanfrå garden.

Men vidare ser ein at fylke som Østfold, der det er sterkt utbod av kalk, og Rogaland med sterkt landbruksmiljø, tilfører mest kalk. Møre og Romsdal og Trøndelagsfylka kalkar også meir enn gjennomsnittet, og her det fleire aktive kalkverk i regionane.

Foto 1 gir oss eit klart inntrykk av vegen utfor stupet ved langvarig forsuring.

Tab. 2. Fylkesvis oversikt over kalkforbruket i tonn for åra 2003 – 2010.
(Kjelde: Mattilsynet)

Fylke	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010
Akershus/Oslo	12846	12810	12078	9272	12574	11065	9581
Østfold	23086	22054	24804	21983	19362	19629	20417
Vestfold	9936	6467	8732	6629	10586	8765	10724
Buskerud	5571	4762	6911	5101	4311	3932	5185
Oppland	8713	8346	9625	5583	10629	12096	12407
Hedmark	15412	17051	16525	12803	13950	11004	6668
Telemark	3333	2066	2646	6217	2818	1415	2385
Aust-Agder	1804	1269	1498	982	1151	2422	1335
Vest-Agder	2150	1595	5548	4874	4558	2180	690
Rogaland	20144	15706	12491	9036	10290	11925	17418
Hordaland	3328	4112	3593	2089	2851	1480	3128
Sogn og Fjordane	5474	7012	4913	6113	6062	6877	3506
Møre og Romsdal	16995	17049	17043	14238	14714	16261	14643
Sør-Trøndelag	14618	13258	18616	20263	16587	15616	12730
Nord-Trøndelag	19726	25716	15954	17439	16342	15719	21298
Nordland	10800	6922	5342	5639	6221	6408	3762
Troms	1496	1922	1391	1277	1570	1548	1175
Finnmark	1288	1414	1111	1028	1285	1225	925

Tab. 3. Fylkesvis oversikt over kalkforbruket i kg/daa fulldyrka jord for åra 2003 – 2010.
(Kjelde: Mattilsynet)

Fylke	2003	2004	2005	2006	2007	2009	2010
Akershus/Oslo	16	16	16	12	15	13	13
Østfold	31	29	33	29	25	26	28
Vestfold	24	16	21	16	23	19	27
Buskerud	11	9	15	10	8	8	12
Oppland	8	8	11	5	11	13	15
Hedmark	15	16	16	12	12	10	8
Telemark	13	8	12	24	10	5	11
Aust-Agder	16	11	14	9	9	19	14
Vest-Agder	11	8	36	25	28	13	5
Rogaland	20	16	21	9	18	21	32
Hordaland	8	10	14	5	10	5	14
Sogn og Fjordane	12	15	16	13	17	20	13
Møre og Romsdal	28	29	34	24	26	29	32
Sør-Trøndelag	19	17	27	26	30	28	20
Nord-Trøndelag	22	29	19	19	19	19	27
Nordland	18	12	11	9	11	12	8
Troms	6	7	6	5	5	5	5
Finnmark	13	14	13	10	12	12	11
Heile landet	16	15	19	15	16	16	17

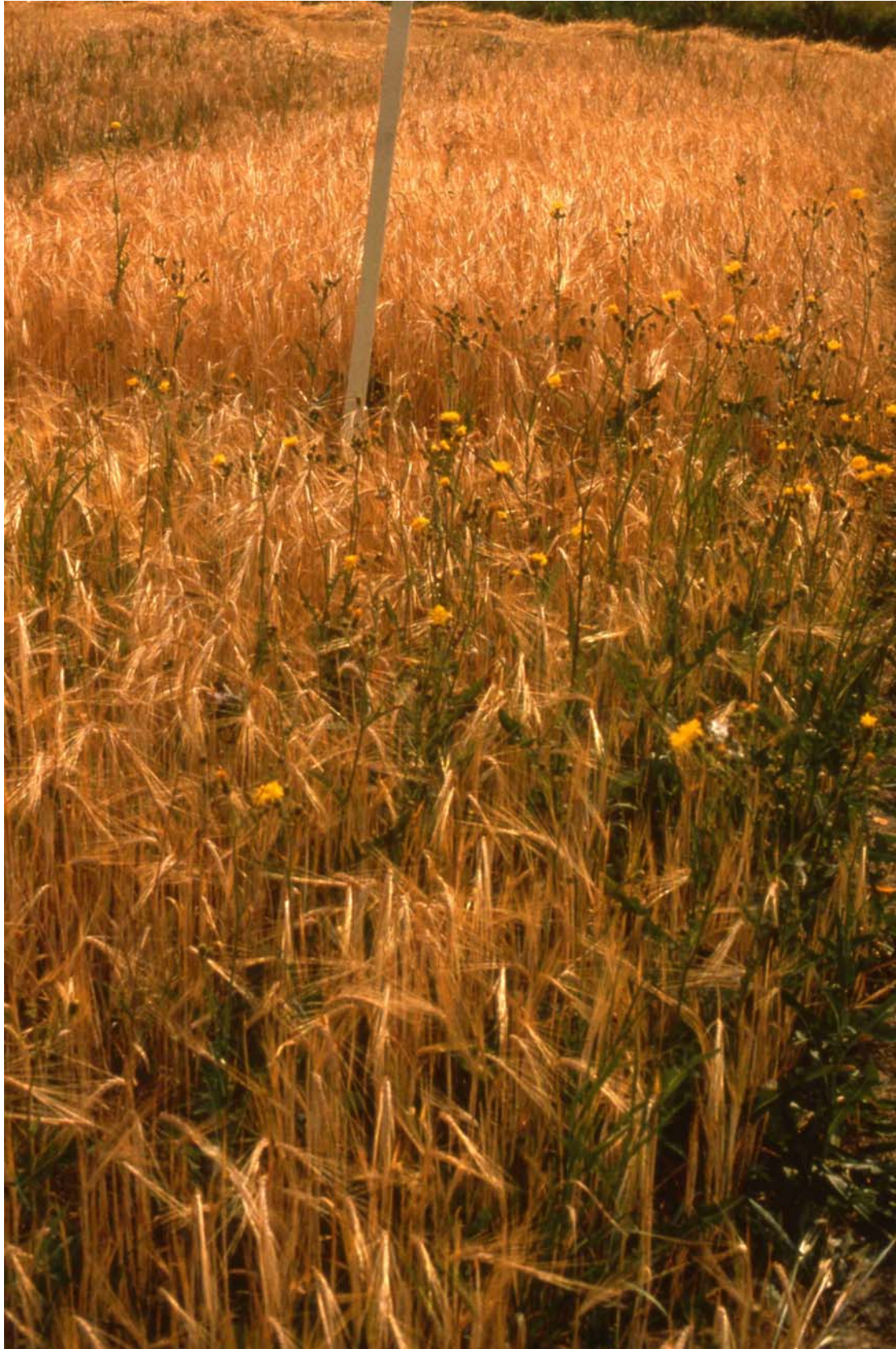


Foto 1. Forsuringseffekt av 10 år med ammoniumnitrat (framme) og med kalkammonsalpeter (bak) i 2-radsbygg, Røyken i Buskerud, august 1982. Fall i pH fra ca. 5,5 til 5,0. Åkerdylle som invaderende ugras ved låg pH og misvekst i korn (foto: Karl-Jan Erstad).

I. GENERELLE KALKINGSEFFEKTER

1. SAMPEL JORDKJEMI OG PLANTEERNÆRING

Ved pH under 5,0 på mineraljord kan planterøtene utsettast for akutt giftige konsentrasjonar av Al (aluminium) og til dels Mn (mangan) og Fe (jern). Smårøtene vert drepne, og plantane kan ikkje ta opp nok vatn og næringsstoff. Ved pH 5,0-5,5 fellast desse metalla som hadde vore løyst i giftige konsentrasjonar, og røtene kan gjennomveve eit større jordvolum. Tydeleg kjem dette fram i grunnleggande vekstforsøk, som vist i foto 2 og 3.



Foto 2. Kalking til gras i pottforsøk, pH(KCl) 4,0 til høgre, pH(KCl) 5,5 til venstre, tilsvarende pH(H₂O) 5,0 og 6,5 (Sibelco Europe 2012).

Kalking medfører auka kationbyttekapasitet (CEC) i jorda, altså større bufferevne til å halde på basekation (i rekkefølga Ca, Mg, K, Na). Dette kjem av at bakterielt vil organiske kjeder verte kutta til kortare og kjemisk meir aktive kjeder. Vidare vil seskvioksid (oksid av aluminium og jern) få meir basisk karakter og til dels få større aktive overflater, og kantflater på leirmineral også oppnå sterkare affinitet til basekation ved ombygging av dei kjemisk aktive flatene.

Det er ikkje uvanleg med inntil dobling av CEC i jordtypar med høgt kolloidalt innhald.

Samtidig vert P (fosfor) i mindre grad bunde til Fe og Al. P er lettast tilgjengleg ved pH 5,5-6,5. Ved høgre pH kan P etter kvart bindast som Ca-fosfat, og det vert over litt tid nydanna

apatitt. Likevel er P framleis lettare tilgjengleg også ved dei svært høge pH-verdiane enn i sur jord.



Foto 3. Kalking til gras i pottforsøk, pH(KCl) 5,7 til venstre, pH(KCl) 4,2 til høgre, tilsvarende pH(H₂O) 6,7 og 5,2. Tørrstoff av røtter 230 g til venstre, 130 g til høgre (Sibelco Europe 2012).

Ved dei høge pH-verdiane, pH over 7,0, vert Mo (molybden) svært lett tilgjengeleg, men på den andre sida er vi utsette for fare for mangel på andre mikronæringsstoff. Dette gjeld særleg Mn (mangan), B (bor), Cu (kopar), Zn (sink) og til dels Fe (jern). Ved vanlig jordbruksdrift skal vi vakte oss mot å komme så høgt i kalktilstand, mens spesielle grønsakdyrkarar som kjemper mot klumprotsmitte i kålvekster, står gjerne klar med spesielle blandingar av bladgjødse som mottiltak. Som vi også her skal sjå i korndyrkinga, vil intensiv dyrking med tiltak mot fleire problem i jord- og plantekulturen kunne gi uttelling i form av avlingsauke ved litt sterkare kalking.

2. KJEMISKE EFFEKTER PÅ ULIKE JORDARTAR

A. LEIRJORD

Leire er sjiktgittersilikat som ser ut som store flak. Dei store flatene har sterk bindingsevne for dei positivt ladde basekationa Ca (kalsium), Mg (magnesium), K (kalium) og litt Na (natrium) – og i vekselverknad med H (hydrogenion), som i så fall gir sur jord.

Det er nær samanheng mellom denne utbytinga med hydrogenion og sur jordtilstand. pH er rett nok eit intensitetsmål for hydrogenion i jordvæska, mens hydrogenmengda på kolloidalt materiale som leire gir det totale potensialet. Dersom hydrogeniona opptar 1/3 av sitteplassane og basekationa 2/3, er basemetnadsgraden 2/3 (nesten 70%). Dette korresponderer i ei leirjord med pH 6,2-6,5, og er det vanlege målet for kalking til korn og mange andre vanlege jordbruksvekstar.

Kalsium og til dels magnesium har god binding på dei ytre overflatene, mens kalium frå gjødse og mineralforvitring har der svakare binding. Illitt er eit ferskt leirmineral som er

knytt til istidsområde som Norden, og dette gir høve til god kaliumbinding inne i mineralet. Elles gir ferske glimmermineral, mørkt, jernhaldig biotitt langt betre enn lys muskovitt, god kaliumforsyning. Leirmineralet vermikulitt gir ingen særlege fordelar for kalium. Natrium har svakast bindingsevne, og lekk lett ut av jorda.

Kantflatene på leirminerala har ein viss anionbyttekapasitet, og her kan negative ion (sulfat, nitrat, fosfat, klorid) få ei viss binding, men våre jordsmonn har liten bindekapasitet for anion samanlikna med vulkanske jordsmonn (Andosols) i andre delar av verda, som i tropiske strøk.

Spesielt leirjord har også drivande kompleks i jordvæska. Dette er seskvioksid bygd opp av Fe- og Al-oksid, og saman med forvittra kantflatar av leirmineral forbruker desse tilført kalk til sakte kjemiske ombyggingar av sure kompleks.

Dette medfører at pH-målet som vi siktar mot, kan flytte på seg, og vi må tilføre enno meir kalk over tid, jfr. Simán (1985). Men tilsvarende vert også buffersystemet sterkare mot ny forsureing.

Den siste store posten i buffersystemet er i leirjord – som i andre mineraljordtypar – det organiske materialet, med stor bufferevne knytt til system av svake organiske syrer.

Det er sjeldnare at vi her treng å kalke med magnesiumrik kalk som dolomitt, fordi bindingsevna til magnesium er ganske god, og med marint opphav (havleire) forsynte havet rett etter istida også denne jorda med magnesium frå sjøvatn.

B. SAND- OG SILTJORD

Sandkorn og siltpartiklar har svært lite av bindingsevne overfor kjemiske sambindingar samanlikna med leirminerala. I desse jordtypene er hovuddelen av buffereigenskapene knytt til det organiske materialet. Desse jordtypene er spesielt utsette for lekkasje av og mangel på magnesium og kalium, litt mindre utsett for rein kalsiummangel. Men det finst sandjordsområde i Noreg også med ekstrem kalsiummangel (Elverum, Tana).

Moldrike sand- og siltjorder er veleigna for kulturar som skal ha høg grad av kalk- og næringsstoffstabilitet, som ved vanleg korndyrking og som i avlingsrike og robuste grovfôrområde. Men er dei svært moldhaldige (10-12% org. matr.), kan dei verte kleimete i kystområde, og verte ulaglege for tung reiskap i våte periodar.

Moldfattige sand- og siltjorder er godt eigna til spesielle åkerkulturar som rot- og knollvekstar. Døme på dette er Solør-Odal med tyngda av landet sin potetproduksjon. Med tanke på kalktilstand er desse jordtypene lette å manipulere, litt høgare pH for år med korndyrking, og så ei lita pH-seinking for å redusere skurvåtak i potetåra.

Samtidig er ein vekst som potet svært utsett for magnesiummangel, og både potet og andre åkerkulturar framviser hyppig Mg-mangel. Like så vil det kunne verke sterkt inn både på kvalitet av grasavlingar, og for mineralverdien av halm som går til fôring etter tørrluting med ammoniakk. I husdyrområde fører lite magnesium i grovfôret fort til graskrampe.

Til desse jordtypene er det standard med tilføring av Mg-haldige kalktypar som dolomitt, olivin og korallsand (ved kysten).

For skarpe jorder med lita bufferevne krevjast det gjerne presisjonskalking (GPS) etter nøye kartlegging av jordstykkene, og ein må ofte nytte finmalen, rasktverkande kalk, vel og merke om det er sterke svingingar frå år til år som er målet. Ønskjer ein derimot pH-stabilitet for plantekulturen, er det gunstig med meir sakteverkande kalktype.

C. ORGANISK JORD

Reint organisk jord (over 40 masse-% org. matr.) utgjer om lag 10% av den dyrka jorda i Noreg, og spesielt mykje i kystområda. Omdanningsgraden er ein viktig faktor, frå lite omdanna kvitmoosemyrer til sterkt omdanna brenntorvmyrer, og bufferevna aukar også sterkt i denne nemnde rekkefølga.

Det er viktig å kalke korrekt, for å korrigere surjord, men også for å hindre overkalking som både gir mikronæringsstoffmangel, tap av nitrogen ved mineralisering utanom vekstsesongen og påskunde myrsvinn som kan ha negative klimaeffektar.

3. FYSIKALSKE EFFEKTAR

Ca og Mg i kalkingsmidla våre er 2-verdige ion. Disse kan visualiserast som små partiklar med 2 fangarmar, og desse trekker jordpartiklar som humus og leire saman slik at dei fnokkar ut. Vi får dermed aggregatdanning, ein gunstig grynstruktur i jorda. På tung jord vil røtene lettare bane seg veg, vatnet drenere betre og i jordarbeidinga merker vi at vi treng mindre maskinkraft.

På stiv leirjord har vi her med hell funnet et spesielt bruksområde for brent kalk, som er meir reaktiv enn ordinær formalt kalk. Det vert køyrd på brent kalk i storleiksorden 1 tonn/daa på stubben eller pløgsla i godt, tørt vér. Deretter vert det skålharva innan eit par dagar for å få god innblanding av den brente kalken i leira.

All kalking fører til ei luftig og porøs jord. Det har vore påvist at jordvolumet faktisk kan auke. Skjerspenningane i jorda minskar, og det trengst mindre maskinkraft for t.d. pløying.

I Finland har ein på prosjektbasis, FoStop i regi av Nordkalk, arbeidd med bruk av brentkalk i grøftefyll for både å betre drenering mot grøfterøyra og samstundes binde vandrane fosfat til Ca i kalken. Spesielt i Austersjøområdet er lekkasje av fosfor eit stort eutrofieringsproblem, og det er det også på den norske Skagerakkysten.

4. MIKROBIELLE EFFEKTER

A. GENERELL JORDØKOLOGI

"We live on the rooftops of a hidden world. Beneath the soil surface lies a land of fascination, and also of mysteries, for much of man's wonder about life itself has been connected with the soil. It is populated by strange creatures who have found ways to survive in a world without sunlight, an empire whose boundaries are fixed by earthen walls."

(Farb 1959)

Jorda er heimen til utallige former for plantar, dyr og mikrobielle organismar, og svært mange av dei minste artane er ukjente for oss. Livet i jorda har overraskande diversitet, og spenner frå mikroskopiske enkeltcella organismar til store borande individ. I det økologiske samspelet i jord er det berre plantane, inkludert mikroskopiske algar – og blågrøngane (cyanobakteriar) som står på overgangen til nedbrytande bakteriar, som er produsentar (autotrofe), mens resten er konsumentar (heterotrofe) og må tilført organisk bunde karbon som energikjelde. Til gjengjeld står dei for mineralisering av mineralsk planteernæring. Ein del organismar lever under oksygenfattige forhold (anaerobe), mens dei fleste krev god oksygentilgang (aerobe) og har dermed naturlegvis høgst aktivitet (Foth 1990).

A1. JORDDYR

Av jorddyr skal vi spesielt nemne ormane. Mellom desse kjem dei små rundormane (nematodane), som med sine vel 200.000 artar er den nest artsrikaste gruppa av høgareståande dyr på jorda, etter insekta. Så kjem dei av vekst langt større jordormane (mak). Vidare har vi dyr med skjelett, som hymenopterar (maur), arthropodar, collembolar (spretthalar), midd, millipedar og centipedar (tusenbein). Høgast i det biologiske jordhierarkiet er pattedyr som gnagarar (mus og jordrotter), jordekorn, grevling, murmeldyr og præriehundar.

A2. JORDMIKROORGANISMAR

Mellom dei mikrobielle nedbrytarane har vi dei 3 hovudgruppene bakteriar, sopp og aktinomycetar, og så litt mindre mengder av eincella algar og Protozoa (t.d. hjuldyr).

Bakteriar er dei minste organismane med komplette celledfunksjonar og overskrid alle andre organismar i artstal og total masse. I eitt gram god kulturjord ligg talet på bakteriar på 10^7 til 10^{10} , og ei vanleg masse er på 260 kg/daa (med eit tal på $2 * 10^{18}$ individ). Den mest vanlege jordbakterien er stavforma, med diameter 0,001 mm. Bakteriar lever under mange ulike miljø, men dei fleste artane syner størst biologisk aktivitet i eit kalkrikt miljø.

Sopp varierer svært mykje i storleik og struktur. Dei veks opp frå sporar som kan ligge lenge i dvaletilstand, og formar trådliknande strukturar eller nettverk (mycel). Mens jordbakteriar i hovudsak arbeider i jordmediet, går mange av soppartane inn i rotvevet (rhizosfæren) på høgareståande plantar og danner eit utvida nettverk (soppot) til felles nytte: Soppen mottar karbohydrat frå planten og forsyner planten med t.d. tungtilgjengleg fosfor (Al- og Fe-bunde) ved aktiv pH-seinking i rotmiljøet.

Tilsvarande danner soppartar lav i symbiose med eincella algar.

Det er vanskeleg å måle akkurat lengde og masse av sopp i jord. Myceltrådar har ein gjennomsnittleg diameter på 0,005 mm, altså 5 gongar tjukkleiken på den vanlegaste bakterien. Eit gram jord inneheld 10 til 100 m mycel, og vi kan rekne med ca. 200 kg/daa (med eit tal på $8 * 10^{16}$ individ).

Sopporganismar har ofte *høg toleranse for sur jord*, og er viktige i mange naturtypar, men prisen for denne tilpassinga i økosystema er også sakte arbeid som ved langsiktig nedbryting av kompliserte C-sambindingar som lignin.

Jamvel om dei er få, har patogene sopporganismar stor økonomisk innverknad. Ulike typar av visnesjuke og rot- og stengelrøte følger med jorda. Andre skadegjerarar har ofte kvilesporar i jorda, men må derifrå overførast til andre plantedelar. Likeins er det med nematodane, som i hovudsak er nyttige for oss, men som skadegjerarar er dei vanskelege å halde i sjakk.

Aktinomycetar ei gruppe bakteriar som har ein ytre likskap med sopp, med nettverk som eit mycel, men med reproduisering ved sporar som liknar på ordinære bakteriar.

Aktinomycetane konkurrerer best der dei mest tungfordøyelege organiske restane som cellulose og hemicellulose ligg att i jorda.

Dei har mindre utbreiing enn dei to hovudgruppene, med 1-36 million individ pr. 1 gram jord, og med ei masse på ca. 22 kg/daa ($6 * 10^{17}$ individ).

Vanlege førekomstar av Protozoa er 10 kg/daa ($7 * 10^{16}$ individ) og av eincella algar 1 kg/daa ($3 * 10^{14}$ individ).

B. FORSURING OG KALKING – MIKROBIELL AKTIVITET

B.1 INNLEIING

Omfattande studiar har vore gjennomført når det gjeld effektar av jordreaksjon (pH) på vekst og aktivitet hos jordmikroorganismar som involverer kjemiske omdanningar i jordsmonnet (Alexander 1980). Smiley (1975) laga ei oversikt vedrørende effekt av jordsurleik på samspelet mellom plantar og mikroorganismar.

Den første vansken er at i sure jorder vil giftverknaden av aluminium og mangan – og mangel på kalsium, magnesium og molybden – vere like viktig som høge konsentrasjonar av hydrogenion i seg sjølv (Foy 1984). Kalking av sure jorder minskar Al- og Mn-konsentrasjonane og aukar konsentrasjonane av Ca, Mg og Mo.

I nokre tilfelle vil kalking føre til ulike næringsmanglar, t.d. av fosfor på fattig jord (Robson & Loneragan 1970), og ved sterkt aukande pH når det gjeld Cu, Fe, Mn, B og Zn.

Forholdsvis få av forskingsoppgåvene har tatt inn forholdet til mikrobiell aktivitet.

Den andre vansken er at mange forskarar ikkje har presisert metoden for å måle pH i jord.

Der er mange prosedyrar som kan nyttast; dei vanlegaste er i destillert vatn, 0,02 M CaCl₂ eller 1 M KCl. Målt pH-verdi er naturlegvis svært påverka av metodikken, som summert av White (1969). For å oppnå best estimat tykkjast det å vere best å måle pH i jord i ei løysing som er i nærleiken av ionestyrken i jordvæska (Dolling & Ritchie 1985).

I tillegg til problemet med eksakte målingar av pH kjem at ikkje all forskning har late seg jamføre med tilstanden i jord, fordi mykje av den eksperimentelle forskinga har vore gjennomført anten i løysingar eller på agarmedia for mikrobiell vekst. Lite har vore gjort i sjølve det komplekse mediet jord. Vekstmedia i laboratorium manglar den sterke bufferkapasiteten mot bråe endringar i t.d. pH som jordmediet har.

Ein tredje vanske er at dei fleste studia har vore gjennomført med ei svært avgrensa gruppe mikroorganismar, isolert frå ein spesiell jordtype. Desse mikroorganismane er ofte isolert og overført til media frå ei jord med nøytral pH, rundt 7. Der kan vere eit vidt spenn i respons på pH mellom ulike artar og slekter. T.d. viste isolerte stammar av *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* frå sur jord ein lågare optimums-pH enn stammar av samme soppen frå alkaline jorder (Sivasithamparam & Parker 1981).

B.2 HETEROGEN JORD – EFFEKT AV N-FORMER

Eit siste punkt for vurdering er at jord er ekstremt heterogen med store variasjonar i pH over svært korte avstandar. Særleg skal ein vere merksam på at pH i rhizosfæren (rotmiljøet) kan skille seg mykje frå det store jordvolumet omkring (Marschner et al. 1982, Nye 1981). Smiley (1974) påviste at forma av nitrogen påverka pH i rhizosfæren svært markant. Når plantar vert tilført NH_4^+ , fell pH i rhizosfæren, mens ved tilførsel av NO_3^- stig pH. Denne effekten av N-former kan stor innverknad på den mikrobielle aktiviteten i jord. Smiley (1975) påviste at det var ein nær samanheng mellom effekten av N-form og førekomst og alvorsgrad av sjukdom, særleg for dei patogena som er spreidd langs røtene. Bruk av NH_4^+ hadde ein tendens til å auke skadeomfanget av sjukdommar som finst spesielt i sur jord, og fortrenge dei som er i nøytral og alkalisk jord. Som kontrast hadde NO_3^- akkurat motsett verknad.

C. FORSURING OG KALKING –MIKROORGANISMAR INVOLVERT I KJEMISKE OMDANNINGAR I JORD

C.1 INNLEIING

Ein viktig effekt av kalking, som eit Trinn 2 etter binding og uskadeleggjering av store mengder aluminium og mangan (Trinn 1), er ein gjødseleffekt p.g.a. påskunda mineralisering av viktige næringsstoff.

Generelt aukar landbrukskalking mineralisering av organisk nitrogen (Barrow 1965, oversiktsartikkel av Harmsen & van Schreven 1955) og av organisk svovel (White 1959, Barrow 1965).

Aktiviteten og veksten av heterotrofe organismar involvert i denne mineraliseringa har vist seg å vere avgrensa i sure jorder (Schmidt 1982). Jordsurleiken kan også påverke tilgjenge av næringsstoff til plantar ved innverknad på farta til prosessar i jord som er fremma av mikrobar (t.d. denitrifisering). Fig. 1 viser generelt den sterke påverknaden kalking har på omsetnaden av C, N og S, i hovudsak frå organisk materiale, og som her vist i ei australsk sandjord.

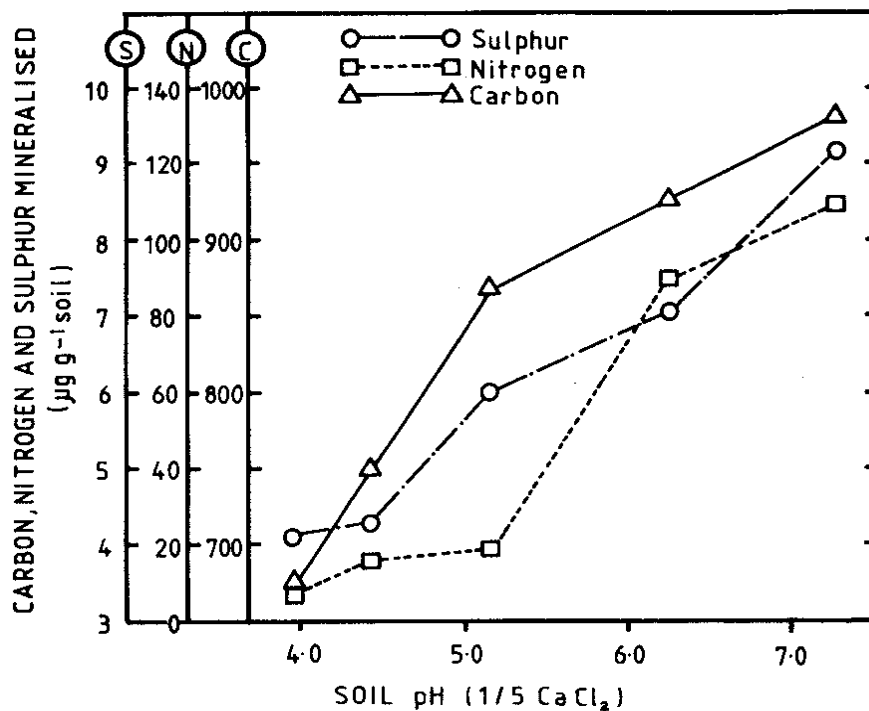


Fig. 1. Effekt av pH i jord på mineraliseringa av karbon, nitrogen og svovel etter inkubasjon i ei sandjord (Coolup-sand) i 32 dagar ved 27 °C (etter Barrow 1965).

C.2 NITROGENSYKLUS

Jordsurleik kan ha effekt på tilgangen av nitrogen ved å påverke aktiviteten til mikroorganismar som er involvert i ammonifikasjon, nitrifikasjon, denitrifikasjon, immobilisering og ikkje-symbiotisk N-fiksering.

Mineralisering av organisk nitrogen er samansett to trinn: ammonifikasjon og nitrifikasjon. Ammonifikasjon synest å vere mykje mindre følsam for sur jord enn det som er tilfelle for nitrifikasjon. Forsuring av ei nesten nøytral leirjord med pH 6,5 (målt i jord:vatn 1:2) til pH 4,0 reduserte ammonifikasjon ganske svakt, men undertrykte nitrifikasjon nesten fullstendig (Cornfield 1953).

Det er såleis ikkje så merkeleg at effektane av jordsurleik på generell mineralisering av organisk nitrogen kan vere mindre og av meir forbigåande karakter enn effekten på nitrifikasjon (Nyborg & Hoyt 1978).

I sur skogsjord er ammonium den viktigaste N-forma ved planteopptak, og metabolsk og i eit energirekneskap er det gunstig for vegetasjonen, men eit energitap for mikroorganismane som vert hemma i å ta ut ein energivinst ved å kunne oksidere ammonium.

Nitrifikasjon, som involverer oksidasjon av ammonium til nitritt v.h.a. *Nitrosomonas*-bakteriar og vidare oksidasjon frå nitritt til nitrat v.h.a. *Nitrobacter*-bakteriar, er svært følsam mot jordsurleik (fig. 2), jfr. også oversikta av Schmidt (1982).

Kalking av sur jordtypar (pH 5,0-5,2, jord:vatn 1:2,5) auka talet av både ammonium- og nitrittoksiderande organismar (Edmeades et al. 1981).

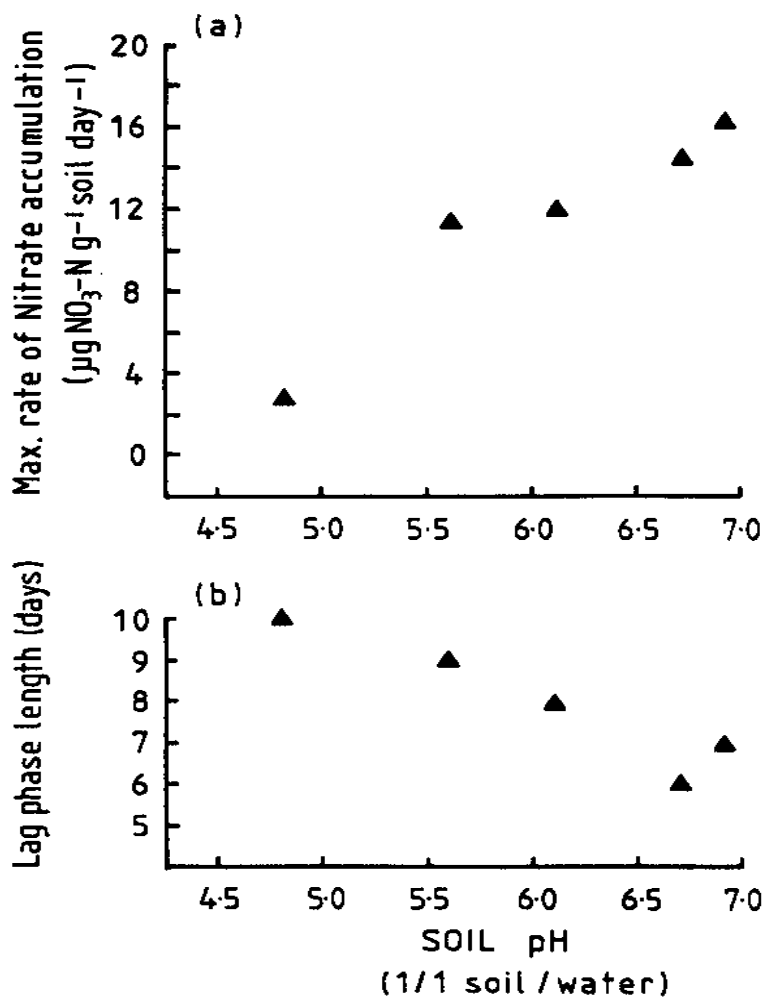


Fig. 2. Forholdet mellom pH i jord før inkubasjon (a) og maksimal fart på NO₃⁻-akkumuleringa, og (b) lengda på startfasen for NO₃⁻-produksjonen for jord tilført 100 µg NH₄⁺-N (som (NH₄)₂SO₄) pr. g jord og inkubert ved 23 °C i 30 dagar. Data frå Dancer et al. (1973) – tilført mengde (NH₄)₂SO₄ 8,4 kg N/daa.

Mange studie har vist at nitrifikasjon ikkje finn stad når pH i jord (jord:vatn 1:2,5) er under 4,1 (Dancer et al. 1973, Bhat et al. 1980, Gilmour 1984). Farta på nitrifikasjonen auka lineært med aukande pH. Forskarar er litt usamde om kva pH-nivå som er nødvendig for maksimal nitrifikasjon.

Fig. 3 viser ei jamn stigning til vel pH 6,0 (Müller et al. 1980).

Tidlege forskingsarbeid (Weber & Gainey 1962, Morill & Dawson 1967, Saranthchandra 1978) konkluderte med at maksimum var nådd ved pH 6,0, utan vidare auke i farta i pH-området 6,0-8,0. Derimot har seinare studie indikert høgare maksimalverdiar (Bhat et al. (1980) med pH 6,5, Gilmour (1984) med pH 7,2).

Nitrifikasjon i sur jord går føre seg ved pH-verdiar langt under grensene som er observert for nitrifiserande bakteriar i reinkultur. I reinkultur var veksten til *Nitrobacter agilis* størst ved pH 8 med markert nedgang i vekst i surare media (Aleem & Alexander 1960). I jord som hadde vorte gjennomgløda og homogenisert, var optimal pH-verdi for vekst av *Nitrobacter* og *Nitrosomonas* større enn respektive 6,6 og 7,6 (Morill & Dawson 1962). Der var minst to forklaringar for det dårlege samsvaret mellom veksten hos nitrifikasjonsbakteriane og nitrifikasjon i jord:

1. Inne i sur jord kan det vere bite små stadar som kan vere mindre sure der nitrifikasjon kan finne stad.
2. Det kan finnast stammar av nitrifikasjonsbakteriar som er meir tolerante mot surleik enn dei bakteriane som var studert av dei nemnde forskarane.

Det har vore gjort framlegg om av Brar & Giddens (1968) at nitrifikasjon kan vere avgrensa av høge konsentrasjonar av aluminium i sure jorder. I tillegg er farta på nitrifikasjonen følsam for høge konsentrasjonar av mangan (Premi & Cornfield 1969). På den andre sida fann Nyborg & Hoyt (1978) at i ei rekke sure jorder der kalking auka nitrifikasjonen markant, var det ingen påviseleg samanheng mellom mengdene aluminium og mangan løyseleg i CaCl_2 og nitrifikasjon, og det var berre høge konsentrasjonar av H^+ som avgrensa nitrifikasjonen.

Denitrifikasjon er også avgrensa av jordsurleik, som vist i fig. 3 frå Müller et al. (1980) og i oversikt av Firestone (1982). Kalking av ei sur myrjord som heva pH frå 3,5 til 6,5, auka produksjonen av lystgass (N_2O) med minst 10 gongar (Klemetsson et al. 1977). Også i eit tidlegare studium, der ein auka pH frå 4,9 til 6,0 (jord:vatn 1:1) auka farta på denitrifikasjonen (Wijler & Delwiche 1954). Vidare auke til pH 7,3 påverka ikkje den totale denitrifikasjonsfarta, men endra produkta. Under pH 7,0 var N_2O hovudproduktet ved denitrifikasjon, mens over pH 7,0 var N_2 dominerande.

Det er ikkje klart kva komponent av jordsurleiken som avgrensar denitrifikasjonen (Bremner & Shaw 1958). Det er heller ikkje klart om effektane av jordsurleik på denitrifikasjon er knytt til effektar på mikrobiell vekst eller til enzymaktivitet. Det *kan* finnast seleksjon for visse denitrifiserande mikroorganismar som er vel tilpassa ulike, herskande pH-regime. Optimal pH for denitrifikasjonsaktivitet i ei sur jord var ca. 3,9, mens i nærliggande kalka jord var optimal pH 6,3 (fig. 4) (Parkin et al. 1985). Desse verdiane var også nær startverdiane for pH i desse jordtypane, respektive 4,1 og 6,0).

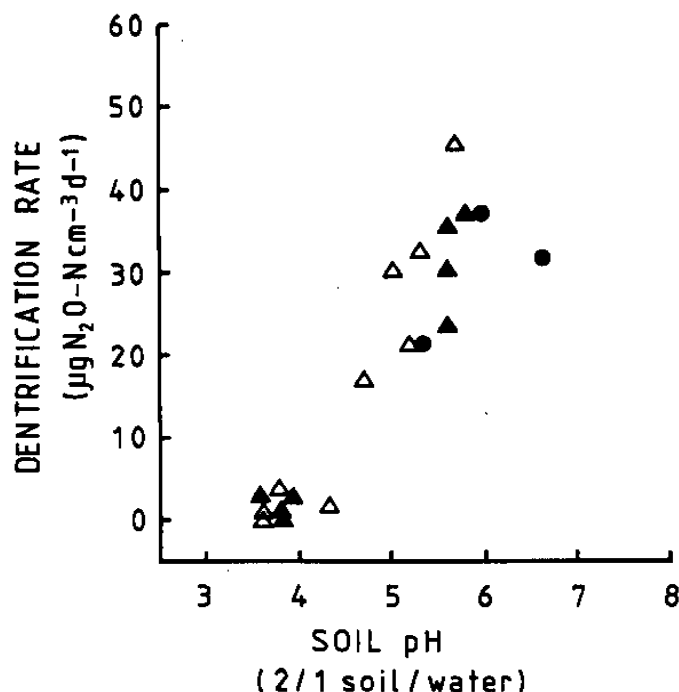


Fig. 3. Samanhengen mellom farta på denitrifikasjon og pH i jord (overflatesjikt) i myr (fylte triangel), skogsjord (opne triangel) og landbruksjord (fylte sirkclar). Data frå Müller et al. (1980).

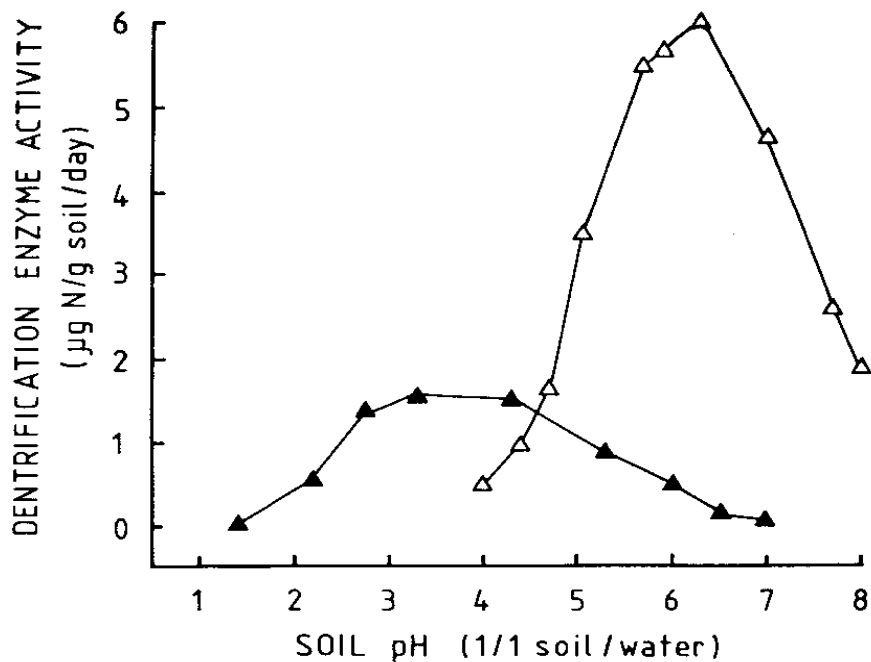


Fig. 4. Effekt av pH i jord på aktiviteten av denitrifikasjonsenzym i tilstøytande jordtypar med (fylte triangel) og utan tidlegare kalking (opne triangel) som aukar pH i jord frå 4,1 til 6,0 (jord:vatn 1:1). Data frå Parkin et al. (1985).

Ikkje-symbiotisk N-fiksering kan også representere ei monaleg N-tilførsel i nokre økosystem (Parker 1957, Mullaly et al. 1967). Der har vore få studiar når det gjeld effekt av pH i jord på farta av ikkje-symbiotisk N-fiksering. Dei tilgjengelege indisia viser likevel at som dei fleste prosessane som vert støtta av mikrobar, vil også denne fikseringa verte hemma i sur jord (La Rue 1977, Granhall 1981).

C.3 MINERALISERING AV ORGANISK FOSFOR

Kalking av sure jorder (pH 5,0-5,1, jord:vatn 1:1) stimulerte mineraliseringa av organisk bunde fosfor (Halstead et al. 1963). Likevel – i ei rekke jordtypar var skilnadene i fart på mineraliseringa av organisk fosfor ikkje så klart knytt til forskjellar i pH i jord, jamvel om tendensen var der, som vist i fig. 5 (Thompson et al. 1954).

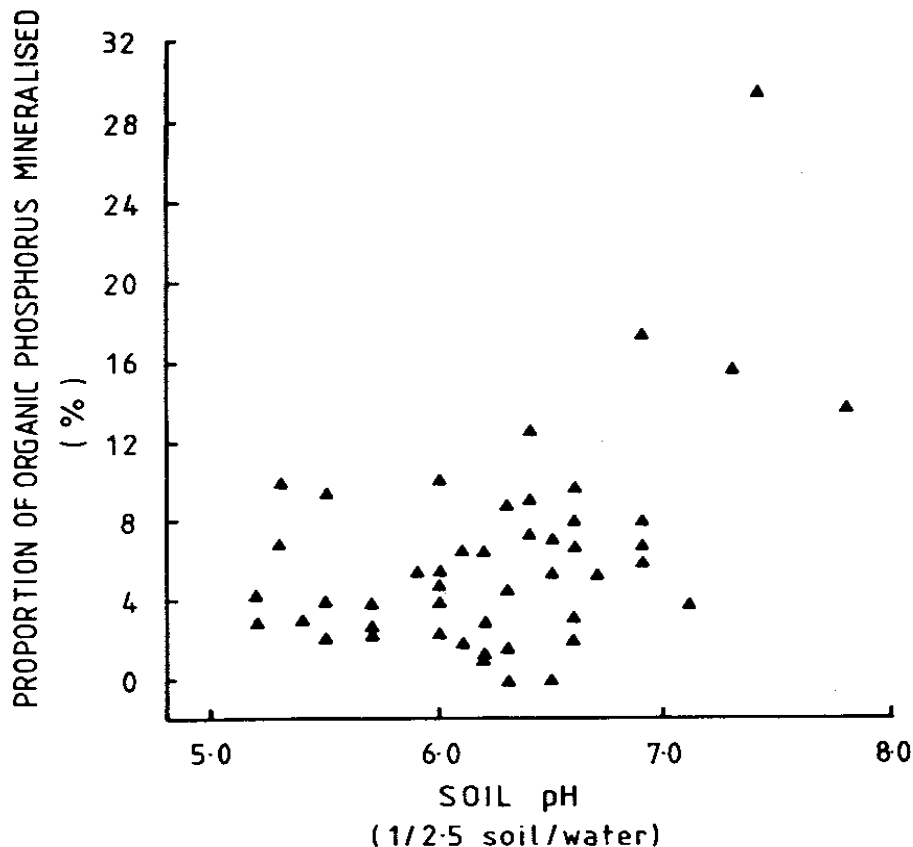


Fig. 5. Mineralisering av organisk bunde fosfor i forhold til pH i jord i 25 sett av udyrka og kultiverte jorder. Data frå Thompson et al. (1954).

Korrekt tolking av desse data gjer det nødvendig å gå nærmare inn på dei ulike formene av organisk bunde fosfor. Mineraliseringa er meir avhengig av pH for nokre enn for andre. For eksempel har det vist seg at kalking som auka pH frå 5,8 til 7,2, auka mineraliseringa av fytin meir enn det gjorde for nukleinsyrer (Pearson et al. 1941).

Jordsurleik kan bremse mineraliseringa på mange måtar. For det første er kalsiumfytat meir løseleg enn jern- og aluminiumfytat, som dominerer i sur jord (Cosgrove 1967). Det er derfor sannsynleg at kalsiumfytat er meir tilgjengeleg for mineralisering enn dei to andre sambindingane. For det andre vil kalking stimulere veksten av mikroorganismar som er involvert i mineralisering av organisk bunde fosfor (Halstead et al. 1963). For det tredje vil aktiviteten av fosfatar, enzym som nettopp katalyserer denne mineraliseringa, auke med stigande pH (Halstead 1964).

Der er lite data som skulle indikere at mekanismane for mineralisering av organisk fosfor er forskjellige frå dei som styrer mineralisering av nitrogen eller svovel. Men forholdstala mellom total nitrogen og organisk fosfor var høgare i alkaline jorder enn i sure (Williams et al. 1960, William & Steinbergs 1958). Det samme galdt for forhold mellom ikkje-sulfat-svovel og organisk fosfor. Desse funna indikerte at mineraliseringa av organisk fosfor i sure jordsmonn er meir avgrensa enn mineraliseringa av nitrogen og svovel. Til dette kjem at når organisk bunde fosfor først er mineralisert, vert uorganiske jern- og aluminiumsfosfat tyngre tilgjengelege og kan etter kvart danne store, okkluderte kompleks som er mindre

plantetilgjengleige enn kalsiumfosfat. Kalsiumfosfat ved pH over 6,5 nydannar med tida også apatitt, men er ikkje så sterkt negativ, så fort, som vi ser med jern- og aluminiumsformene.

C.4 MINERALISERING AV ORGANISK SVOVEL

Kalking kan auke konsentrasjonen av sulfat i jord ganske markant (White 1959, Williams 1967, Nelson 1964). Men dette kan komme også av andre effektar enn stimulering av mikrobiell aktivitet, jfr. oversikt av Freney (1967). I nokre tilfelle vert svovel tilført som følgeelement i kalkingsmiddel, sulfat frigjerast frå pH-avhengige anionsitteplassar på dei korte sidene av leirmineral ved stigande pH, og det kan frigjerast frå organisk materiale ved kjemisk hydrolyse. Ein auke i pH frå 4 til 5 (jord:vatn 1:1) auka acetatsekstraherbart sulfat med faktor 3, men først etter inkubasjon i 3 månader (Nelson 1964). Desse undersøkingane viste også påverknad ved kalking var avgrensa til ganske sure jorder; vidare auke i pH enn 5 hadde liten verknad på acetatsekstraherbart sulfat.

Kalkingseffekten på mikrobiell mineralisering av svovel såg ut til å vere av samme karakter som det som skjedde med organisk bunde nitrogen (White 1959).

På den andre sida viste eit studium i felt (Williams & Steinbergs 1958) at forholdet mellom ikkje-sulfatsvovel og nitrogen endra seg med pH. Jorder med pH>7 (jord:vatn 1:5) hadde eit høgare forhold mellom ikkje-sulfatsvovel og nitrogen enn jord med pH<7. I variasjonsområdet for dei surare jordtypene (pH 5,2-7) var det ingen samanheng mellom pH og det nemnde forholdet. Det er grunn til å rekne med at sulfatmengdene kan gå ned i det alkaline området ved at anionbyttekapasiteten vert redusert; sulfat må då anten takast opp i biosfæren eller vert vaska ut av jorda.

D. FORSURING OG KALKING – SAMPEL MELLOM PLANTAR OG MIKROORGANISMAR

D.1 INNLEIING

Samliva mellom plantar og mikroorganismar kan vere til hjelp for begge organismegruppene (t.d. mykorrhiza) eller kan vere einseitig til nytte for mikroorganismene, t.d. som parasittisme hos plantar som er kolonisert av patogenar, eller epifyttisk der t.d. algar veks utanpå ein annan plante utan å gjere merkbar skade, eksempelvis grønalgar på trestammar.

I begge tilfelle må 4 forhold vurderast når ein undersøker effekt av jordsurleik på samspel mellom plantar og mikroorganismar: veksten av mikroorganismen i jorda og på rota, den mikrobielle infeksjonen av planten, fysiologien i samspelet, og veksten hos vertsplanten.

I dei fleste studia av effekten av jordsurleik på mykorrhiza og samspel plante/patogen har det i liten grad vore gjort forsøk på å skille effektane av jordsurleik på veksten av mykorrhizasoppen eller patogenen frå effektane på utløysande infeksjon, på spreiding av infeksjonen, og på dei fysiologiske følgene av denne infeksjonen på planteveksten.

Forholdsvis få studium har tatt føre seg effekten av jordsurleik på veksten av planten i fråvær og nærvær av mykorrhizasoppen eller patogenen – eit unntak er likevel Trollidenier (1981). Slike studium ville gi eit grunnlag for å identifisere komponentar i samspelet mellom plantar og mikroorganismar som er mest følsame for jordsurleik. Til dømes, dersom veksten til vertsplanten er meir følsam enn nokon av dei andre komponentane knytt til sjukdom, vil auka sjukdomsfrekvens i sur jord berre vise indirekte effektar av jordsurleik som skadar veksten til vertsplanten.

D.2 VA-MYKORRHIZA (Vesikulær-Arbuskulær, endogen)

D.2.1 Variasjon i artsrespons på jordsurleik

Når vi vurderer denne store gruppa av sopp som har sine forgreiningar inni vertsplantane sine rotsystem, vil vi sjå at det er store variasjonar i respons på jordsurleik. Desse variasjonane viser seg ulike samband med pH i jord og fordeling og førekomst av ulike soppartar. Det syner seg også ulik respons i danning og funksjon av mykorrhiza for ulike soppartar. Til sist kan effekten av pH på spiring av soppsporar, hyfevekst frå sporane og hyfevekst frå mykorrhizarøttene vere ganske forskjellige for ulike artar.

Nokre soppartar av VA-mykorrhiza er avgrensa til sure jordsmonn, andre tilsvarande til alkaline, mens atter andre er i begge typar jord (tab. 4). Til dømes var sporar av *Acaulospora laevis* i vestre Australia ikkje observert i jord med pH>6,4 (jord:0,01 M CaCl₂ 1:5), og den største førekomsten var å finne i jord med pH 4,5-4,9 (Porter et al. 1987a). Tilsvarande var sporar av samme sopp dei einaste av VA-mykorrhiza som kunne påvisast i jord med pH 4,0-4,5 i det sentrale Florida (Nicolson & Schenk 1979). I motsetnad til desse funna i sur jord vart to tidlegare uidentifiserte artar av *Glomus* (isolert under namna WUM2 og WUM3) avgrensa i vestre Australia til alkaline jorder, der pH>6,5 (jord:0,01 M CaCl₂ 1:5) (Porter et al. 1987a). I samme undersøking fann ein at andre artar, t.d. *Glomus monosporum*, hadde pH i jord ingen spesiell verknad på fordeling og førekomst. I korndyrkingsområde i Oregon var det også ein sterk samanheng mellom pH i jord og fordeling av artar av VA-mykorrhiza (Young et al. 1985). I jordtypar med pH<4,9 (jord:vatn 1:2) var faktisk alle sporar av *A. laevis*, mens i jord med pH>6,0 var nesten alle sporane danne av *Glomus mosseae*.

Tab. 4. Effekt av pH i jord på fordeling av 3 artar mykorrhizasopp i Merredin-området i vestre Australia (etter Porter et al. 1987a). Prosent av prøvene som inneheldt sporar av kvar soppart.

pH-område (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:5)	<i>Glomus</i> sp. WUM3	<i>Acaulospora laevis</i>	<i>Glomus monosporum</i>
4,5-4,9	0	100	80
5,0-5,4	0	0	67
5,5-5,9	0	43	86
6,0-6,4	0	67	100
6,5-6,9	100	0	0
7,0-7,4	50	0	50
7,5-7,9	50	25 ^a	25
8,0-8,4	100	0	0

^a 1 spore var funnen i 1 jord

Det er derfor ikkje overraskande at der var liten variasjon i omfanget av infeksjon av mykorrhiza i naturleg vegetasjon som veks på jordsmonn med eit vidt spenn i pH (Read et al. 1976, Sparling & Tinker 1978). Men på den andre sida vil soppartane som danner mykorrhiza i dei ulike jordene, vere ganske forskjellige. I eit langvarig kalkingsforsøk, der pH i jord auka frå 4,5 til 7,5 (jord:vatn 1:2,5) påverka ikkje lengda av røter som vart infisert av VA-mykorrhiza, men soppartane som danna mykorrhiza, var ikkje dei samme over pH-

området (Wang et al. 1984). I den suraste jorda var røtene berre infiserte med fine hyfar, mens i den minst sure jorda var det ingen infeksjon med denne fine typen hyfar.

Effekten av kalking på danning av VA-mykorrhiza avhenger av soppartane, som oppsummert i tab. 5. Kalking av ei sur jord (pH 5,3, jord:0,01 M CaCl₂ 1:5) påverka ikkje prosent av rotlengd av subkløver (*Trifolium subterraneum*, svensk subkløver, grävklover) som vart infisert av *Glomus fasciculatum*, men gjorde *Glomus sp.* (WUM16) i stand å danne mykorrhiza (Abbott & Robson 1985). I ei anna undersøking (Kucey & Diab 1984) førte tilførsel av kalk til ei jord med pH 5,3 (vassmetta jordpasta) til redusert infeksjon av mykorrhiza i røter av luserne ved opphavlege soppar, men omfanget av infeksjon vart auka då jorda var inokulert med ei artsblanding av VA-mykorrhiza isolert frå alkaline jordsmonn (pH 7,2-7,7).

Generelt er infeksjon av *A. laevis* større i sure jorder og redusert med aukande pH. Infeksjon av *Glomus fasciculatum* og *Gigaspora margarita* synest å vere upåverka av pH i jord over eit vidt område, mens infeksjon av *Glomus mosseae* og nokre andre artar av *Glomus* spp. (t.d. WUM16) tykkjest å vere større i nøytrale eller alkaline jorder og auke ved kalking.

Tab. 5. Effekt av pH i jord på infeksjon av røtter ved VA-mykorrhiza.

Soppart	Respons	Referanse
<i>Acaulospora laevis</i>	Auke i pH frå 4 til 5,6 (metode ikkje gitt) verken påverka eller minska infeksjonen.	Mosse (1972)
<i>Gigaspora margarita</i>	Ved moderat P-forsyning ingen effekt av pH (frå 5,5 til 6,4, jord:vatn 1:5) på infeksjon.	Siqueira et al (1984)
<i>Glomus sp.</i> (isolat WUM16)	Kalking av jord frå pH 5,3 til 7,0 (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:5) auka infeksjonen frå 2% til 42%.	Abbott & Robson (1985)
<i>Glomus fasciculatum</i>	Kalking av jord frå pH 4,4 til 6,0 (metode ikkje gitt) påverka ikkje infeksjon.	Mosse et al. (1973)
	Ingen effekt av auke i pH frå 5,3 til 7,5 (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:5) på infeksjon.	Abbott & Robson (1985)
	Auke i pH frå 5,1 til 6,0 (metode ikkje gitt) auka kolonialiseringa; vidare auke i pH reduserte kolonialiseringa.	Davis et al. (1983)
<i>Glomus mosseae</i>	Maksimal infeksjon ved pH 6,1 (jord:vatn 1:5). Auka eller minska pH reduserte infeksjonen.	Siqueira et al (1984)
	Maksimal infeksjon ved pH 7,4-7,6.	Davis et al. (1983)
	Ingen infeksjon ved pH 4 (metode ikkje gitt); monaleg infeksjon ved pH 5,6.	Mosse (1972)

D.2.2 Innverknad av jordsurleik på danning og funksjon

pH i jord kan påverke evna til artar av VA-mykorrhiza å kolonisere og overleve i jordsmonn ved innverknad på overleving og spiring hos sporar, vekst av hyfar i jord, gjennomtrenging og

infeksjon av røter, og til sist danning av nye formeiringsorgan. Mest merksemd har vore retta mot effekten av pH på spiring hos sporar (fig. 6, tab. 6 og 7) og på veksten av hyfar frå desse sporane (tab. 7). Vanlegvis viste effektar av pH på vekst av hyfar parallellitet med effektar på spiring hos sporar (Siqueira et al. 1984, Porter et al. 1978b). Effektar av pH i jord på infeksjon (tab. 5) er nært knytt til effektar på spiring av sporar (tab. 3) og hyfevekst inkludert hyfevekst i jord frå infiserte planterøter (Abbott & Robson 1985). Såleis er det sannsynleg at jordsurleik avgrensar mykhorrizaveksten ved å minske veksten av sopp i jord.

Tab. 6. Effekt av pH i jord på spiring hos sporar av VA-mykorrhiza.

Soppart	Medium	Respons	Referanse
<i>Acaulospora laevis</i>	Jord	Auke i pH over 5 (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:2,5) reduserte spiringa.	Hepper (1984)
	Jord	Kalking av jord frå pH 4,6 til 7,4 (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:5) reduserte spiringa frå 30% til 1%. Forsuring av jord frå pH 7,6 til 4,9 auka spiringa frå 4% til 23%.	Porter et al. (1987b)
<i>Gigaspora margarita</i>	Agar	Ingen effekt i pH-området 5,8-7,8.	Pons & Gianinazzi-Pearson (1984)
	Agar	Liten effekt i pH-området 4,5-6,0.	Siqueira et al. (1982)
	Agar	Kalking av jord frå pH 5,5 til 6,1 (jord:vatn 1:5) auka spiringa frå 50% til 63%.	Siqueira et al. (1984)
<i>Gigaspora heterogama</i>	Agar	Optimal pH 5 for spiring.	Green et al. (1976)
<i>Gigaspora corallordea</i>	Agar	Optimal pH 6 for spiring.	Green et al. (1976)
<i>Glomus mosseae</i>	Agar	Auke i pH frå 5 til 7 auka spiringa frå 2% til 65%; vidare auka pH minska spiringa.	Green et al. (1976)
	Agar	Auke i pH frå 5,8 til 6,8 auka spiringa frå 43% til 60%; vidare auka pH utan verknad på spiring.	Pons & Gianinazzi-Pearson (1984)
	Jord	Auke i pH frå 5,5 til 5,9 auka spiringa frå 43% til 60%; ingen vidare auke med meir kalk.	Siqueira et al. (1984)
<i>Glomus epigaeus</i>	Agar	Spining ved pH 5,8 større enn den ved pH 6,2 eller 6,8, men lik den ved pH 7,5.	Pons & Gianinazzi-Pearson (1984)
	Agar	Optimal pH 6-8, spiringa minska svakt ved pH-verdiar utanfor dette området.	Daniels & Trappe (1980)
<i>Glomus sp. (WUM2)</i>	Jord	Kalking av jord frå pH 4,6 til 7,4 (jord:0,01 M CaCl ₂ 1:5) auka spiringa frå 4% til 67%. Forsuring av jord frå pH 7,6 til 4,9 reduserte spiringa frå 64% til 1%.	Porter et al. (1987b)
<i>Glomus caledonium</i>	Agar	Ingen effekt av pH i området 5,3-7,4 på spiring. Hyfevekst auka ved pH-auke frå 5,3 til 6,6, vidare pH-auke reduserte ho.	Carr & Hinkley (1985)

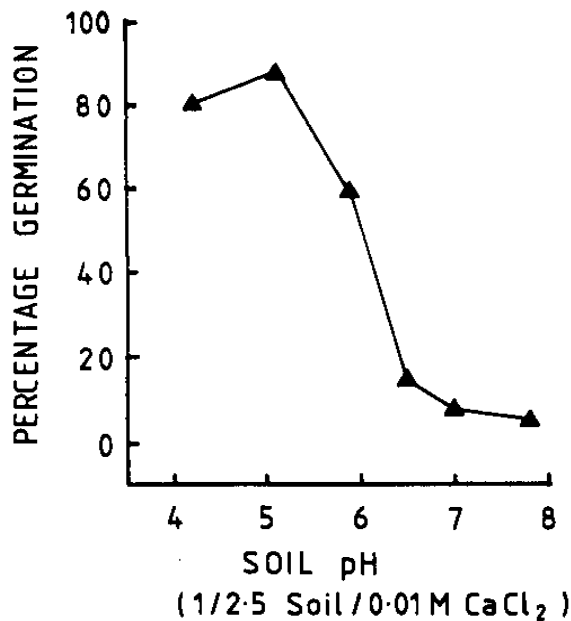


Fig. 6. Spiring hos sporar av *Acaulospora laevis* i kalka Sawyers-jord i samheng med pH i jord. Data frå Hepper (1984).

Tab. 7. Effekt av pH i jord på spiring hos sporer og hyfevekst av *Acaulospora laevis* og *Glomus* sp. WUM3. Data etter Porter et al. 1987b.

Soppart	Type jord	Forsøksledd	pH i jord ^b	Spiring hos spore (%)	Hyfevekst (mm hyfe pr. spira spore)
<i>A. laevis</i>	Ulva sandig lettleire	0-ledd	4,6	30	28
		CaCO ₃	7,4	1	1
		CaSO ₄	4,6	15	6
		0-ledd	7,6	4	2
		H ₂ SO ₄	4,9	23	8
		CaSO ₄	7,5	2	1
<i>Glomus</i> sp. WUM3	Merredin sandig mellomleire	0-ledd	4,6	4	2
		CaCO ₃	7,4	67	75
		CaSO ₄	4,6	5	6
		0-ledd	7,6	64	111
		H ₂ SO ₄	4,9	1	8
		CaSO ₄	7,5	55	64

^b Jord:0,01 M CaCl₂ 1:5

Det er ikkje heilt klart kor vidt effekten av jordsurleik på redusert spiring hos sporar, hyfevekst og infeksjon skuldast giftig verknad av H⁺ i seg sjølv, eller om det kjem av giftig aluminium og mangan. Forsuring av jordvæske ekstrahert frå nøytrale jorder reduserte spiring av sporar og framvekst av hyfar hos *Glomus* sp. (WUM2), og det indikerte at H⁺-ion var den sannsynleg giftige faktoren (Porter et al 1987b).

Siqueira et al. (1984) konkluderte med at kalking av ei sur jord auka spiringa av *G. mosseae* ved å redusere Al-konsentrasjonen, men denne konklusjonen såg ut til å vere basert på at det

skulle vere ein samanheng mellom denne spiringa og syreløyseleg Al (0,5 N H₂SO₄ og 0,025 N HCl). Jordkjemisk er det likevel slik at syreløyseleg Al ikkje er nært korrelert med Al-konsentrasjon i jordløyning, fordi Al-konsentrasjon aukar markant med aukande jordsurleik. Like fullt vil ein auke i Al- så vel som i Mn-konsentrasjon i løysingar tilført syrevaska sand ved pH 4,5 undertrykke danning av mykorrhiza på havre ved *G. caledonium* (Wang et al. 1984).

Det er også mange rapportar om at effektar av inokulering med mykorrhizasopp på plantevekst avheng av pH i jord (Mosse 1972). Jordsurleik kan påverke funksjonane hos VA-mykorrhiza på mange måtar i tillegg til sjølv danninga av mykorrhiza. I eitt studie var kalkingeffekten på plantevekst knytt direkte til danning og utvikling av sjølv VA-mykorrhiza (Abbott & Robbison 1985). I andre tilfelle er det verre å knytte kalking og plantevekst til samspel med utvikling av mykorrhiza, for undersøkingane har ikkje vore retta mot denne soppinfeksjonen (Skipper & Smith 1979).

Reduksjon av jordsurleik kan innverka på respons hos høgare plante ved inokulering av mykorrhizasopp på fleire måtar:

1. Påverka tilgjenge av fosfor til plantane.
2. Endre kjemisk bindingsform for fosfor (sjå seinare kapittel om ektomykorrhiza).
3. Lindre ein mangel eller ei forgiftning av element (andre enn P), slik at også effekten av fosfor vert sterkare.
4. Dempe effektane av Al- eller Mn-forgiftning på planteveksten.

For å prøve å vurdere dei ulike årsakssamanhengane ved respons på fosfor til plantar med og utan mykorrhiza på kalka og ukalka jord må ein samanlikne horisontalt i staden for berre vertikalt – nytte kontrastanalysar (Abbott & Robson 1984). Effekten av pH i jord på utvikling av infeksjon kan berre målast tilfredsstillande ved hausting av plantane fleire gongar.

Effektane av kalktilførsel på P-tilgjenge er kompleks, som vist i oversikta til Haynes (1982). Kalking på sur jord har både auka (Stewart & Pearson 1952, MacLean & Cook 1955) og minska (Pierre & Browning 1935, Rossiter 1965, Robson & Loneragan 1970) P-opptak i plantar. Desse ulike resultata har vanlegvis vore forklart i forhold til reine jordkjemiske forhold i jord (P sine reaksjonar i høve til Al, Fe og Ca). Men kalking av spesielt sur jord kan også redusere danninga av mykorrhiza dersom soppartane som er til stades, er dårleg tilpassa nøytrale eller alkaline jorder. På den andre sida vil andre, veltilpassa artar få betra utvikling og forming av mykorrhiza ved kalkinga. Raske endringar i ekstreme jordsmonn er ofte vanskelege å takle.

Det har vore gjort framlegg om at mykorrhiza skal vere spesielt viktig når rotveksten er hemma av ugunstige jordkjemiske forhold (Bowen 1983). Men inokulasjon med *G. fasciculatum* lindre ikkje Al-forgiftning hos subkløver dyrka i ei sur jord (White 1984). I dette forsøket resulterte tilførsel av aluminiumsulfat til den sure jorda (pH 4,7, jord:0,01 M CaCl₂ 1:5) til redusert plantevekst, men ikkje undertrykking av danning av mykorrhiza.

Involvering av mykorrhizasopp i opptak og/eller assimilering av nitrat og ammonium ville medføre at infeksjon av røter kunne modifisere storleiken og den romlege fordelinga av H⁺ og OH⁻ frigjort frå røtene. Måten denne indre pH-verdien er kontrollert, varierer i ulike organismar så vel som det er avhengig av N-kjelder (Raven & Smith 1976).

På dette viset vil involvering av sopp i pH-regulering kunne endre forholdet mellom kation og uorganiske anion, og vidare akkumuleringa av organiske anion i plantevev, så vel som frigjerings av H⁺ og OH⁻ til rhizosfæren (Raven et al. 1978, Smith 1980, Smith & Smith

1984). Buwalda et al. (1983) viste at plantar med mykorrhiza tok opp meir uorganiske anion enn dei utan mykorrhiza, utan medfølgande auka kationopptak. Dette kunne forklarast som ein reduksjon i syntese av organiske syrer som eit ledd i pH-regulering (Raven & Smith 1976, Smith 1980). Dersom samanhengen er på denne måten, så ville truleg auka OH^- -utskilling finne stad, jamvel om pH i jord ikkje var målt.

Nedgang i pH i rhizosfæren når ammonium er N-kjelde, skulle ventast, uavhengig av om røtene er knytt til mykorrhiza, fordi alle organismar handterer eit overskot av H^+ skapt ved assimilasjon av ammonium, ved å sende det ut i jordvæska (sjå ektomykorrhiza under).

Førestellingar om at mykorrhizasopp heller skil ut organiske syrer til rhizosfæren krev framleis eksperimentelle undersøkingar.

D.3 YTRE MYKORRHIZA (Ektomykorrhiza) & LYNGBMYKORRHIZA (Ericoid mykorrhiza)

D.3.1 Danning og soppvekst

Trass i generaliseringar som at ”ektotrof og lyngmykorrhiza generelt synest vel tilpassa sure jorder” (Mosse et al. 1981) og ”det skjer ein nedgang i produksjon hos mykorrhiza i alkaline jorder” (Bowen og Theodorou 1973) så er det ingen systematiske studium av forholdet mellom pH i jord og fordeling og mengde av sopp som dannar enten ektomykorrhiza eller lyngmykorrhiza.

I mange situasjonar tykkjast danning av ektomykorrhiza å vere lite påverka av pH i jord over eit vidt område (Theodorou & Bowen 1969, Marx & Zak 1969), jamvel om undertrykking har vore påvist i nokre alkaline jorder (Richards 1965, Theodorou & Bowen 1969). Evna til å danne ektomykorrhiza er ganske artsspesifikk hos soppene.

Forskarar har indikert at ein auke i pH i jord kan skade utviklinga av ektomykorrhiza ved den aukande mobiliseringa av nitrat (Richards 1965), og denne hemminga ved nitrat er verifisert i spesielle undersøkingar (Bigg 1981). Det er sannsynleg at kombinasjonen høg pH og nitrat i rhizosfæren er spesielt skadeleg; ved nitrattilførsel stig pH ytterlegare ved at plantane skil ut OH^- i bytte med NO_3^- . Theodorou & Bowen (1969) samanlikna *Rhizopogon luteolus* si kolonisering av røter av furu (*Pinus radiata*) og glasfiber ved pH frå 5 til 8 og med to nivå av nitrat (tab. 8). Ein auke i pH frå 5 til 8 reduserte markant koloniseringa av både fiber og røter; ein auke av nitrattilførselen ved pH 5 minska koloniseringa av røtene, men auka ho av fibrane. I motsetnad til hos røtene er det sjølvstakt ikkje noko nitratoptak og heller ingen pH-auke ved glasfibrane.

Tab. 8. Effektane av pH i jord og nitratkonsentrasjon på koloniseringa av planterøter av *Pinus radiata* og av glasfiber ved infeksjon av *Rhizopogon luteolus*. Data etter Theodorou & Bowen (1969).

pH	Nitratkons. ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ jord)	Prosent kolonisert		Lengde kolonisert (mm)	
		Glasfiber	Røter av småplantar	Glasfiber	Røter av småplantar
5,0	12	55	95	4,8	26,5
5,0	115	70	88	8,5	16,0
8,0	12	15	0	0,8	0
8,0	115	25	0	1,4	0

Spiringa av sporar av nokre soppar av ektomykorrhiza og veksten av desse soppene på agar kan vere påverka av pH i mediet, som diskutert i oversikta til Hung and Trappe (1983). Effekten av pH avheng av artane og til og med isolata (stammene) av dei aktuelle soppene. Der har vore lite studie av effekt av pH på sopp som dannar lyngmykorrhiza. Likevel, i ein væskekultur var ein slik sopp kraftig undertrykt av surleik, og maksimal vekst var oppnådd ved pH 6,6 (Pearson & Read 1975). Trass i vanskaner med å relatere data frå agar til effektar i jord, som omtalt hos Giltrap & Lewis (1981), synest det ikkje å vere gjort studie der ein har arbeidd med jord som medium, korkje for ekto- eller lyngmykorrhiza.

Vanskane med å nytte data frå agar til å trekke konklusjonar for jord heng hovudsakleg saman med effekten av soppen tilbake på vekstmiljøet i agar, og vidare kjemikalie som så vert tilsett for å bufre pH i dette vekstmediet. Bruken av N-kjelde til agaren er den sterkaste faktoren i dei veksttilknytte pH-endringane. P.g.a. den større veksten som skjer på agaren for desse to soppgruppene samanlikna med VA-mykorrhizasopp, vert denne pH-effekten sterkare. Val av små sporemengder (inoculum) av ekto- og lyngmykorrhiza og eit stort agarmedium, kombinert med bruk av data frå tidleg vekstfase, kan motverke desse problema med pH i mediet.

D.3.2 Infeksjon av ektomykorrhiza, plantevekst og jordsurleik

Det har vore forholdsvis få studie av effekten av pH i jord på vekstresponsen hos plantar ved infeksjon av ektomykorrhizasopp. Derimot ved ein aseptisk (steril) kultur var effektane av inokulering med 3 soppartar i form auka tørrvekt av frøplantar av furu ('slash pine') meir markant ved pH 4,0 og 4,6 enn ved pH 5,6 og 6,6 (Marx & Zak 1965). I denne undersøkinga, ved aukande pH, auka veksten av ikkje-inokulerte frøplantar meir enn veksten av inokulerte. Forsuring av ei jord frå 6,5 til 4,5 (jord:vatn 1:2,5), noko som reduserte danninga av ektomykorrhiza in *Pinus caribaea*, reduserte vekstresponsen ved inokulering v.h.a. jord som inneheldt ektomykorrhizasopp (Hart et al. 1980). Forsuring av jorda minskte veksten av dei inokulerte frøplantane utan å påverke veksten av ikkje-inokulerte frøplantar.

Som for endomykorrhiza kan også effektane av pH på vekstrespons ved inokulering med ektomykorrhizasopp skuldast fleire forhold:

1. Effektar av jordsurleik på tilgjenge av næringsstoff for opptak i plantar
2. Effektar av jordsurleik på danning av ektomykorrhiza

I tillegg kan pH påverke opptaket av næringsstoff frå løysing ved mykorrhiza- og ikkje-mykorrhiza-røter på ulike måtar. Optimal pH for ammoniumopptak frå løysing ved ektomykorrhizarøter hos gran og Douglasgran var 6,3, mens for ikkje-mykorrhiza-røter auka ammoniumopptaket ved aukane pH frå 6,3 til 7,1 (Rygiiewicz et al. 1984a). Mykorrhizarøter skilte ut færre H^+ -ion per NH_4^+ -ion tatt opp (Rygiiewicz et al. 1984a), og likeså færre OH^- -ion per NO_3^- -ion tatt opp (Rygiiewicz et al. 1984b), enn det som skjedde med ikkje-mykorrhiza-røter. På denne bakgrunnen er det klart at ektomykorrhizarøter påverkar pH i rhizosfæren mindre enn ikkje-mykorrhiza-røter.

D.4 SJUKDOM

Effekten av jordsurleik på plantesjukdomar har vore gjenstand for omfattande forskning, jfr. større oversikter av Palti (1981) og eit resymé over sjukdommar knytt til artar av *Phytophthora* av Schmitthener & Canaday (1983). Det er likevel vanskeleg å etablere generelle prinsipp om effektane av pH i jord på sjukdomar, fordi få studie har identifisert dei

mest forsurningsfølsame komponentar i samspelet mellom plante og patogen. Ikkje mindre av den grunn er det sannsynleg, liksom for tilfelle med mykorrhiza, at effektar av pH i jord på sjukdom kan verke gjennom effektar på sporeoverleving, spiring av sporar og infeksjon av røter.

Nesten alle rapportane om effektar av pH i jord på sjukdom gjeld rotsjukdomar. Det er litt overraskande, fordi ein skulle vente at effektane av pH i jord som vedrører tilgjenge av essensielle plantenæringsstoff også skulle ha påverke førekomst og omfang av bladsjukdomar.

Førekomsten og graden av alvor av ei rekke sjukdommar er påverka av pH i jord (tab. 9), men generaliseringane er ikkje utan unntak. Til dømes vil dei fleste rapportar melde om at rotrøte som skuldast *Phytophthora*, vert redusert ved å forsura jorda og vil auke ved å kalke jorda (Schmittener & Canaday 1983). Men på den andre sida finst det også situasjonar der kalking minskar førekomsten (Boughton et al. 1978) eller skadeomfanget (Fernandes-Falcon et al. 1984) ved denne rotrøten.

Tab. 9. Effektane av jordsurleik på sjukdom.

Sjukdom	Patogen	Referanse
Sjukdomar redusert ved forsuring av alkaline jorder eller auka ved kalking av sure jorder		
Potetskurv	<i>Streptomyces scabies</i>	Martin (1920)
Stengelrøte i kveite	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>	Trollidenier (1981)
<i>Phytophthora</i> -rotrøte Døme: tørrøte i potet	Ulike soppartar	Schmittener & Canaday (1983)
<i>Phytium</i> -rotrøte i furu (fallesjuke)	<i>Pythium irregulare</i>	Roth & Riker (1943)
<i>Verticillium</i> -visning i solsikke	<i>Verticillium albo-atrum</i>	Orellana et al. (1975)
Sjukdomar auka ved forsuring av alkaline jorder eller redusert ved kalking av sure jorder		
<i>Fusarium</i> -visning i tomat	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp.	Jones & Overman (1971)
Klumprotsmitte i kålvekstar	<i>Plasmodiophora brassicae</i>	Garrett (1970)
Visnesjuke i luserne	<i>Pythium ultimum</i> <i>Pythium irregulare</i>	Kleinig (1965) MacKenzie et al. (1972)
Bakteriell kreft hos fersken	<i>Pseudomonas syringae</i>	Weaver & Wehunt (1975)

For nokre patogene soppar er effekten av pH i jord m.o.t. alvor i sjukdomsbiletet avhengig av den påverknaden denne har på veksten hos vertsplanten. Hovudeffekten av ugunstig pH i desse tilfella er at han kan forlenge det stadiet i veksten der vertsplanten er mest følsam overfor infeksjonen. Til dømes overfor *Pythium*-rotrøte er sjukdomen mest alvorleg i dei samspela der vertsplanten er under mest stress.

På den måten vil det for plantar som er følsame for jordsurleik (t.d. artar av *Medicago* – luserne), vil kalking redusere skadeomfanget av *Pythium*-rotrøte (Kleinig 1965, MacKenzie et al. 1972). For andre plantar – som er vel tilpasse sure jorder (t.d. for bartre) – kan kalking auke førekomsten og alvorsgraden av *Pythium*-rotrøte (Roth & Riker 1943).

Effekten av pH i jord på førekomst og skadeomfang ved sjukdomar knytt til meir spesialiserte parasittar synest å vere den same for ulike vertsplantar (t.d. med sopp som gir visning i karstrengane, slik som klumprot i kålvekstar).

På denne bakgrunnen viste oversikter av Garrett (1956, 1970) at infeksjonar av ulike artar av *Fusarium* hos ei rekke planteslag som hadde varierende toleranse overfor jordsurleik, var sterkast på sur jord og minska ved kalking. Garrett (1970) vurderte at desse effektane av jordsurleik ikkje var knytt til direkte verknader av soppen før infeksjon, men til effektane av indre progresjon ved infeksjonen. Sur jord gir forseinka utvikling hos vertsplanten, og dermed lengre utviklingstid for denne infeksjonen.

For visning hos tomat, grunna *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, viste det seg at plantar som hadde vakse under sure forhold før inokulering var meir alvorleg skada enn dei som hadde vakse under alkaline forhold før inokuleringa (Foster & Walker 1947). Totalt sett har det vore ganske få studie av effekten av surleik på desse soppartane i jord.. Like fullt har det vist seg at vekst og sporedanning hos *Fusarium oxysporum* f. *cubense* var størst i sure jorder og minska ved kalking (Stover 1956).

Det er ikkje klart kva komponent ved jordsurleik som disponerer plantar til infeksjon ved *Fusarium*-artar. For soppartar knytt til visning i karstrengane (*Verticillium albo-atrum*) var det indikert sterke effektar av aluminium. Det vart påvist redusert vekst ved stigande pH og felling av fritt aluminium i eit kunstig laboriemedium, og ein vurderte det som sannsynleg at det auka skadeomfanget kunne skuldast reduserte konsentrasjonar av aluminium også i jordvæske (fig. 7 og tab. 10). Veksten av *Whetzelinia sclerotiorum* var mindre påverka av aluminium enn veksten av *V. albo-atrum*; kalking av sur jord frå pH 4,4 til 5,4 reduserte omfanget av sjukdomen knytt til infeksjon hos solsikke ved *W. sclerotiorum* (Orellana et al. 1975).

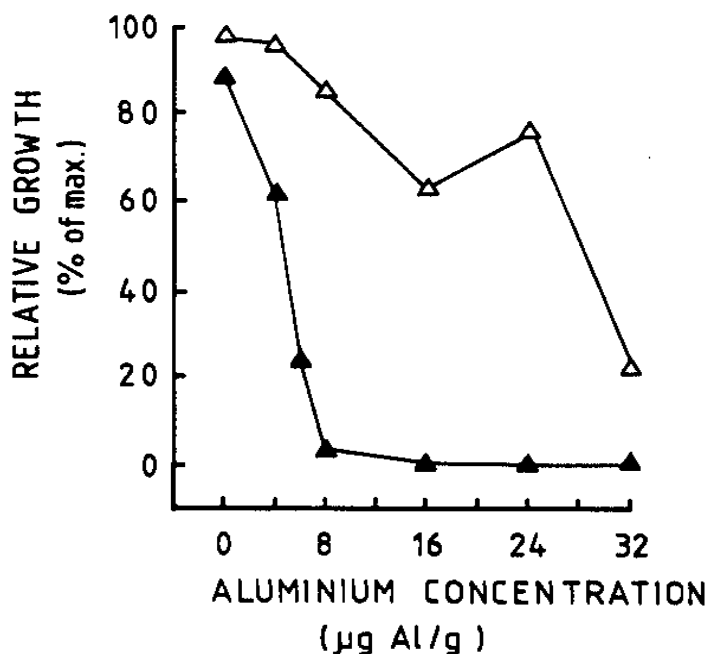


Fig. 7. Effekten av løyseleg aluminium på relativ vekst av *Verticillium albo-atrum* (fylt triangel) og *Whetzelinia sclerotiorum* (opne triangel) i eit definert næringsmedium ved pH 4,7. Veksten er uttrykt som ein prosent av massen av kvar sopp in Al-fritt medium oppretthalde ved pH 6,3. Data frå Orellana et al. (1975).

Auka førekomst av rotsjukdomar kan kanskje knytast til nedgangen i kløverinnhald i eng som følger med den gradvise forsuringa av jordene (Stovold 1974). Men det er lite av prov støttar denne førestillinga. I gamle enger på sur jord er det observert rotrøte i subkløver (*Trifolium subterraneum*) knytt til infeksjon av både *Pythium* og *Fusarium* (Burgess et al. 1973, McGee & Kellock 1974, Stovold 1974). Det var å vente at forsuring skulle auke alvorsgraden for denne sjukdomen. Parallelt vart det funne at kalking av sure jorder styrkte etableringa av artar av *Medicago* (luserne) ved å redusere førekomsten av visnesjuka etter infeksjon av *Pythium irregulare* (MacKenzie et al. 1972). Dessutan viste det seg at beising av frøa med leska kalk auka graden av spiring hos *Medicago truncatula* på ei sur jord (pH 6,1, målemetode ikkje gitt), vel og merke i fråvær av fungicid, men det skjedde ikkje ved bruk av fungicid (Kleinig 1965).

Tab. 10. Effektane av tilførsel av CaCO_3 på fersk masse av solsikke og skadeomfang av sjukdom med og utan inokulering med *Verticillium albo-atrum* og *Whetzelinia sclerotiorum*. Data etter Orellana et al. (1975).

CaCO ₃ tilført jord (µg·g ⁻¹)	pH ^c i jord	Inokulert	<i>V. albo-atrum</i>		<i>W. sclerotiorum</i>	
			FM ^b planteskot	DSI ^a	FM ^b heil plante	DSI ^a
750	4,4	-	1,97	0	4,8	0
3000	5,4	-	2,63	0	8,5	0
750	4,4	+	1,10	2,9	0,8	4,3
3000	5,4	+	0,70	4,2	1,4	0,8

^a DSI Indeks alvorsgrad sjukdom

^b FM Frisk masse

^c Målemetode ikkje oppgitt

Andre studie har indikert at artar av *Pythium* og *Fusarium* kan vere mindre viktige patogen på leguminosar enn *Phytophthora clandestina* (Greenhalgh & Taylor 1985). Ingen samband har vore rapportert mellom pH i jord og førekomsten og alvorsgraden av sjukdom tilknytt *P. clandestina*. Derfor er det klart ein trong for å undersøke effektane av kalktilførsel og fungicid på førekomsten av rotrøte i forhold til vekst og uthaldande evne i kløver- og luserneeng på meir sure jorder.

E. FORSURING OG KALKING – SYMBIOTISK N-FIKSERING

E.1 INNLEIING

I tillegg til frittlevande, N-bindande familiar av bakteriar og blågrøne bakteriar (cyanobakteriar) har vi enno viktigare mikroorganismar som lever i symbiose med vertsplantar. Dei viktigaste som kan forsyne plantane med redusert nitrogen frå atmosfæren i bytte mot karbohydrat, er ulike artar av *Actinomycetes* og *Rhizobium*. Rotnodular utvikla ved *Actinomycetes* vert kalla actinorhizza (Quispel 1983), som vi i vårt land finn spesielt hos dei to artane av or eller older: gråor (*Alnus incána*) og svartor (*Alnus glutinósa*).

Av *Rhizobium* kjenner vi 6 artar, og etter Stewart (1967) er det 12.000 artar av leguminosar som er vertsplantar. Om lag 200 av desse er nytta i avlingar i landbruket. Gjenkjenning mellom aktuell bakterieart av *Rhizobium* og rett vertsplante er viktig, og er styrt av biokjemiske reaksjonsmønster.

I tillegg til *Rhizobium* reknar ein også med *Bradyrhizobium*, som er ei anna nærstående, N-fikserande bakteriegruppe, og til saman vert dei gitt under felles term rhizobia.

Det har lenge vore kjent og omtalt at jordsurleik er skadeleg for nitrogenfiksering (Bryan 1923), og det er eit forhold ved jordkjemien andsynes denne symbiosen som er like stort i både tropiske og tempererte område av verda. *Actinomyces* treng ikkje så høg pH i jorda for å trivast som *Rhizobium*, men er likevel ein storforbrukar av kalk i prosessen. T.d. orreskog økonomiserer så lite med nitrogen at kalsiumnitrat (kalksalpeter) lekker så det rett skvalpar.

E.2 SYMBIOSE LEGUMINOSAR-RHIZOBIUM

E.2.1 Biologi hos rhizobia

Veksten og overlevinga hos rhizobia er grunnleggande for varig noduldanning på røter av leguminosar. I sure jorder kan populasjonar av nokre *Rhizobium* spp. vere låge og nokre stammar kan vere fråverande (Bryan 1923).

Under kontrollerte og direkte laboratorieforsøk har det vist seg at dei fleste artane av *Rhizobium* og stammar herunder er følsame for H^+ -ionekonsentrasjonen i løysing (Graham & Parker 1964).

Andre kjemiske komponentar knytt til sur jord har også vist seg skadelege for rhizobia. Særleg giftig er fritt aluminium og i nokre tilfelle også fritt 2-verdig mangan, men det ser ut til at rhizobia som oftast kan tåle inntil $200 \mu M Mn^{2+}$. Al kan særleg hemme celledelingane for desse bakteriane (Keyser & Munns 1979a).

Låge nivå av fosfor ($<10 \mu M$) reduserte signifikant veksten hos rhizobia hos enkelte bønner og hos *Bradyrhizobium japonicum*. Som oftast vil det vere nok kalsium til stades til å sikre vekst hos rhizobia, men det er vist at dersom vi kjem ned på $50 \mu M Ca^{2+}$, vil visse stammar av rhizobia ikkje vere i stand til normal vekst (Keyser & Munns 1979b). Minimumskrav er gitt som $10-25 \mu M Ca^{2+}$ (Norris 1959).

Dei enkelte parametrane må likevel ikkje verte gitt som separate skrankar, men ein må vurdere sur jord som eit samla stress for ulike artar og stammar av rhizobia.

I jord og rhizosfære må rhizobia leve saman med og konkurrere med utallige og forskjellige mikroorganismar. I fråvær av vertsleguminosar kan talet på ein spesiell art av *Rhizobium* vere langt under 0,1% av den totale mengda av aerobe bakteriar, men kan auke til 8-9% når vertsplanten vert dyrka i landbruket (Mahler & Wollum 1981). I kampen for rask etablering må formeiringsevna vere god, og alkalisk jord sikrar overleving og rask respons på ein nisje som byr seg, i dette tilfelle tilbod på vertsplanterøter.

Rhizobium er også følsam for fysiske forhold i jord, og ein nedgang i førekomsten inntreffer ofte ved uttørking og høg temperatur. Dårlig rotutvikling hos vertsplanten ved sur jord eksponerer det symbiotiske forholdet for tørkestress, og den negative effekten slår ekstra uheldig ut (Chao & Alexander 1982).

Ved innsåing av leguminosar i ei ny eng på sur jord har vi 3 kritiske faktorar:

1. Auke i pH. Absolutt kritisk nivå er 4,7 (jord:vatn)
2. Kraftig auke i Ca-nivå, utover kritisk nedre grense på $50 \mu M Ca^{2+}$
3. Kraftig oppbygging av populasjonar av rhizobia

Spesielt skal ein merke seg at ved låge populasjonar av rhizobia tar det tid å bygge opp store nok bestandar til at ein får sikker inokulering. Ofte må ein tilføre rhizobia saman med frø av

leguminosar, og det ser ut til at beising av såfrø med bakteriekultur ikkje har gitt så gode resultat som tilførsel av rhizobia i granulat (Graham et al. 1982). Granulat kan gi vekstkraftige punkt for rhizobia i konkurransen med andre jordmikroorganismar. Området rett bak rotspissane på leguminosar i rask vekst er mest mottakelege for infeksjon. Men rhizobia må vere på rett plass til rett tid, for desse sonene endrar seg fort til ein tilstand der dei ikkje lenger lét seg infisere.

E.2.2 Initiering og danning av nodular

Initiering, etablering og kontroll av sambandet mellom rhizobia og leguminosar er definitivt den fasen som er kritisk og mest følsam i sur jord.

I mange tilfelle er gjenkjenninga mellom dei to organismegruppene svært selektiv, og dei fysiologiske og morfologiske hendingane som skal føre fram til infeksjon, må gå raskt og ikkje vere hemma av ugunstig miljø i jorda (Vincent & Waters 1953).

Rhizobia kjem inn i vertsplanten gjennom små opningar mellom epidermcellene ved forgreiningane til siderøtene (lateralrøtene).

Samspel mellom ulike kjemiske parametrar karakteristiske for sur jord kan hemme danninga av nodular.

Når det gjeld H^+ -ionekonsentrasjonen, var denne direkte surleiken i seg sjølv ein avgrensande faktor i tidleg noduleringsfase for vanleg bønne (*Phaseolis vulgaris*) og for kvitkløver (*Trifolium repens*), men med aluminium i løysing vart situasjonen langt verre (Franco & Munns 1982).

Arter av leguminosar har gjennom livsfasane ulik grad av toleranse for giftig, fritt aluminium, men toleransen ved sjøve noduleringa er til vanleg langt mindre. Det mest typiske er at noduleringa vert merkbar forseinka ved aukande mengder giftig aluminium. de Carvalho et al. (1981, 1982) undersøkte dette hos fleire av dei tropiske leguminoseartane *Stylosanthes* spp. Ei rask eksponering i ei løysing fri for aluminium før vidare noduleringa, reduserte denne forseinkinga. I jord ser vi at auke i Ca-konsentrasjonen, utan pH-heving, også motverkar forseinkinga, men det er vanskeleg å vite om denne CAB-effekten (kalsium-aluminium-balansen) skuldast fortrenging og redusert aktivitet av aluminium, eller kalsium åleine.

Det er rapportert redusert tal nodular ved høge konsentrasjonar av mangan, men det kan vere vanskeleg å skille effekten på rhizobia frå giftverknaden på sjøve vertsplanten, t.d. hos *Trifolium repens* (Vose & Jones 1963). Evans et al. (1987) knytte hovudeffekten av mangan til skade på vertsplanten *Trifolium subterraneum*.

Kravet til kalsium er langt høgare ved danning av nodular enn det som vertsplanten åleine har. Munns (1970) viste at hos luserne (*Medicago sativa*) varte dette Ca-krevande stadiet om lag inntil éin dag etter inokulering. Veksten og utviklinga av rothår var ikkje hemma ved ein Ca-konsentrasjon på 246 μM , men det var noduleringa (Lowther & Loneragan 1968). Dette tidlege og dramatiske trinnet for Ca-følsemd tyder på at det heng saman med gjenkjenning og binding av dei to organismane.

Hos mange leguminosar har Ca^{2+} og H^+ eit nært samspel i jordvæska, og det viser at dei då opptrer gjensidig i ein felles biokjemisk prosess, men det gjeld ikkje for alle leguminosane.

E.2.3 Utvikling og funksjon av nodular

Under feltforhold kan jordsurleik redusere talet på nodular, men det er avgrensa prov for at det verkar direkte på utviklinga av nodular i staden for indirekte gjennom redusert rotutvikling hos vertsplanten. Det siste har den største innverknaden.

Under slike forhold viste Coventry et al. (1985) at nitrogenfikseringa (målt som reduksjon av acetylen/eten [C_2H_2]) pr. g nodul var mindre med *Trifolium subterraneum* som hadde få, men store nodular, samanlikna med vertsplantar med mange og små. Det symbiotiske samlivet kan svare med utvikling av store nodular ved dårleg rotutvikling i sur jord, men volumet nitrogenfikserande vev pr. plante vert likevel mindre.

Når nodular først har etablert seg på røtene, er den mest Al-sensitive perioden over. Ved eksponering for rett store konsentrasjonar av fritt, giftig aluminium ($100 \mu M$) i løysing, ei rask heving frå låge nivå, kan den vidare noduldanninga verte forseinka (de Carvalho et al. 1982), men store mengder aluminium hemmar i første rekke vertsplanten si sjølvstendige rotutvikling.

Derimot hadde pH og kalsium stor effekt på omfanget av N-fiksering ved denne symbiosen. Nodulane hadde høgre produktivitet når pH vert heva stadig oppover mot det alkaline området frå pH 4,6 (jord:vatn) (Munns et al. 1977). Berre med unntak av for 1 av 18 vertsplantar, *Coronilla varia* – som hadde ein auke i tal nodular – var veksten hos vertsplantane knytt til auka produktivitet hos eksisterande nodular på røtene.

Nodulfunksjonen er langt meir følsam for molybdenmangel enn metabolismen hos vertsplanten. Krava frå nitrogenase til molybden overskrid langt trongen for molybden nokon annan stad i dette plantesystemet. Jamvel om kalking som kjent frigjer Mo (Anderson & Moye 1952), er kravet så stort at av og til må det også gjødslast med Mo i tillegg til kalking.

II. KALKING OG pH-MÅL TIL KORN OG GRAS

KALKINGSMÅL I NOREG

I tillegg til ei lang rekke vitenskaplege forsøk i laboratorium, veksthus og under feltforhold har også reine demonstrasjonsfelt med pedagogisk føremål vert lagt ut.

Foto 4-6 viser fleirårig demonstrasjonsfelt frå Inst. for jordkultur, NLH, med korn året 1982. Av 6-radsbyggsortane var Lisa den mest robuste mot låg pH, mens den meir yterike Agneta stilte også høgre krav til pH-verdi og kalktilstand. Ofte har 2-radsbygg vore rekna som meir hardfør, men nyare sortar som Gunilla var minst like følsam mot sur jord som 6-radsbygg Agneta.

Foto 6 viste også at det var tydeleg høgre og tettare bestand i byggåkeren opp mot største mengde 1200 kg kalksteinsmjøl/daa frå FMK (Franzefoss Miljøkalk), Avd. Sandvika, med NV=46, og pH i jord 6,6.



Foto 4. Demonstrasjonsfelt Inst. for jordkultur, NLH, 1982. Ukalka (pH 5,0) i forgrunnen, 800 kg kalksteinsmjøl/daa (pH 6,2) i bakgrunnen. Til venstre 2-radsbygg Gunilla, i midten 6-radsbygg Lise, og til høgre den meir kalkkrevande 6-radsbyggsorten Agneta (foto: Karl-Jan Erstad).

Foto 5 viser spesielt tydeleg for havre og vårkveite at sur jord ikkje berre reduserer tettleik i bestand og gir redusert avling, men også forseinkar utvikling og modning. For begge desse kornslaga er det framleis grønmodning på ledd utan kalk, mens det er gulmodning alt på minste kalkmengde (400 kg kalksteinsmjøl/daa). Forseinkinga er på over 1 veke på 0-leddet.



Foto 5. Demonstrasjonsfelt Inst. for jordkultur, NLH, 1982. Ukalka (pH 5,0) i forgrunnen, 800 kg kalksteinsmjøl/daa (pH 6,2) i bakgrunnen. Til venstre 6-radsbygg Gunilla, i midten havre Weikus, og til høgre vårkveite Runar (foto: Karl-Jan Erstad).

Foto 7-9 viser utvikling i bygg i veksthus 2. vekstsesong (1981) med tillegg kalksteinsmjøl og grovkalk etter minimumskrava gitt i den no tilbaketrente Norske Standard 2885 (Jørgensen [Erstad] 1982). Dette var kalktype 1 i forsøksserien (silurkalk, FMK Avd. Sandvika). Kalktype 2 (marmorkalk, Langnes Marmorbrudd) viste klart dårlegare og saktare verknad for grovkalk enn av kalktype 1.

Den langvarige, snikande forsureninga gjennom nitrogentilførsel i ordinær mineralgjødning framgår på nytt av foto 8, frå Røyken i Buskerud sommaren 1982. Etter ti år med ammoniumnitrat som førekjem i stort mon i fullgjødning, har det – samanlikna med kalkammonsalpeter – agronomisk sett tippa utfor kanten. Det er dramatisk misvekst.

Ein heilt parallell situasjon framgår av foto 11-12, som viser samme gjødslingshistoria i eng på Statens forskingsstasjon i landbruk Vågønes ved Bodø i 1982^{NOTE 1}. Dette var samtidig ikkje ei gamal eng, men første års attleige, og matsyre er den i plantebestanden som har spirt og overlevd under svært forsura jordtilstand.

NOTE 1 SFL Vågønes vart seinare avd. i noverande Bioforsk, men er no nedlagt.



Foto 6. Demonstrasjonsfelt Inst. for jordkultur, NLH, 1982. 400 kg kalksteinsmjøl/daa (pH 5,6) i forgrunnen, 1.200 kg kalksteinsmjøl/daa (pH 6,6) i bakgrunnen. 2-radsbygg Gunilla (foto: Karl-Jan Erstad).



Foto 7. Verknad av stigande mengder kalksteinsmjøl e. NS 2885 (FMK avd. Sandvika), 0- 500 kg CaO+MgO/daa, pH 4,6-5,6, frå høgre mot venstre, i 2-radsbygg, siltig lettleire, Inst. for jordkultur, Ås-NLH, juni 1981 (Jørgensen [Erstad] 1982).

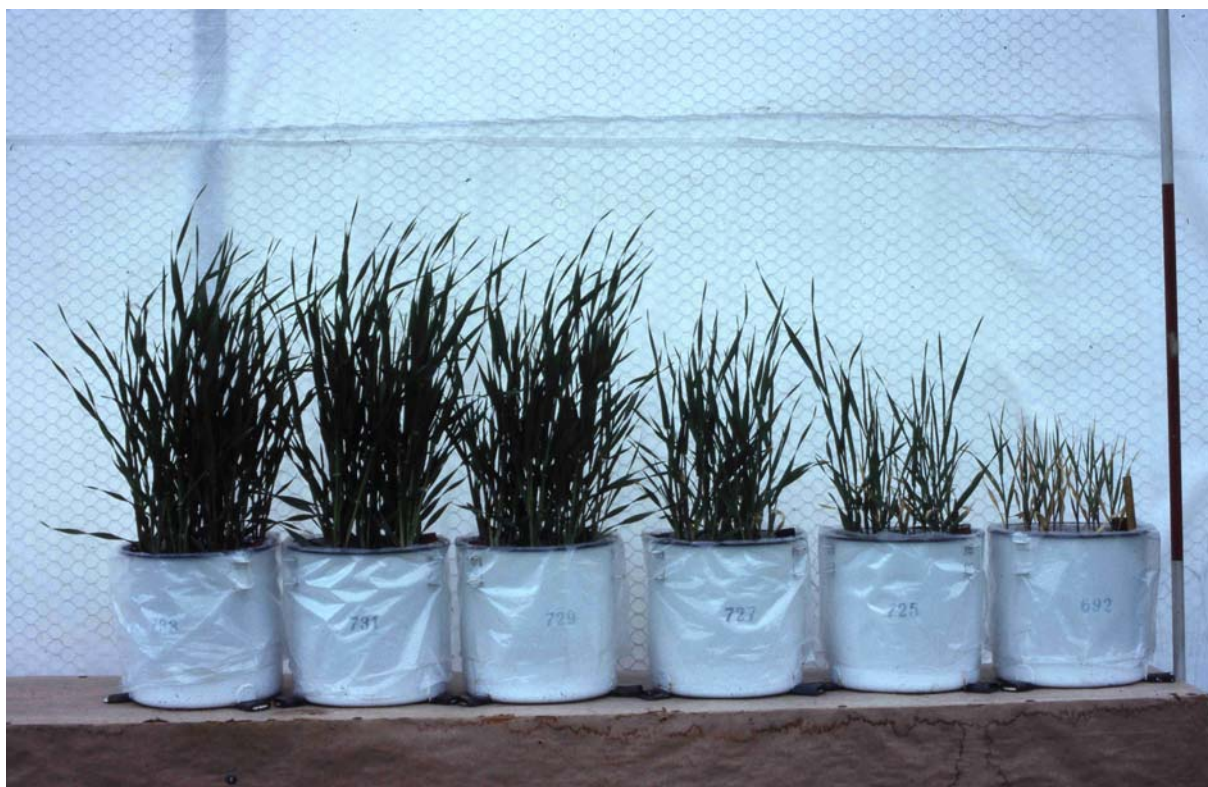


Foto 8. Verknad av stigande mengder standard grovkalk e. NS 2885 (FMK avd. Sandvika), 0-500 kg CaO+MgO/daa, pH 4,6-5,2, frå høgre mot venstre, i 2-radsbygg, siltig lettleire, Inst. for jordkultur, Ås-NLH, juni 1981 (Jørgensen [Erstad] 1982).

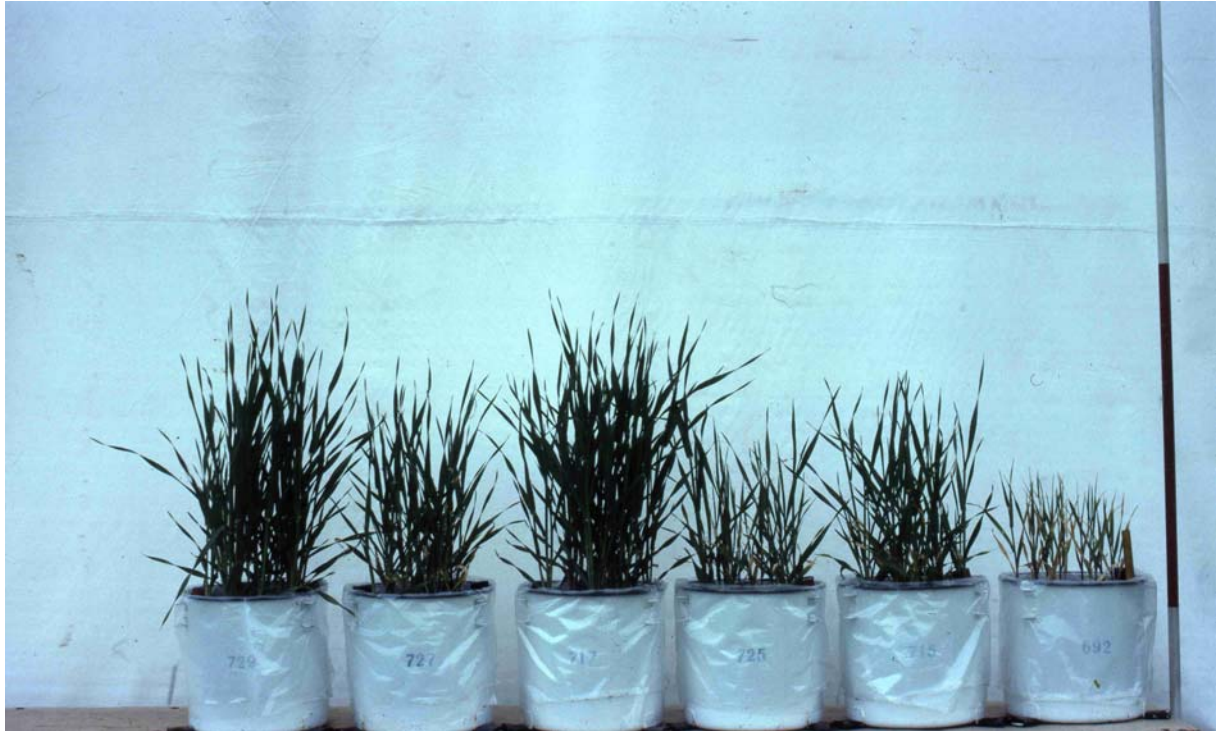


Foto 9. Verknad av stigande mengder vekselvis kalksteinsmjøl 0-200 og standard grovkalk e. NS 2885 (FMK avd. Sandvika) 0-300 kg CaO+MgO/daa, frå høgre mot venstre, i 2-radsbygg, siltig lettleire, Inst. jordk., Ås-NLH, juni 1981 (Jørgensen [Erstad] 1982).



Foto 10. Forsuringseffekt av 10 år med ammoniumnitrat (til venstre) og med kalkammonsalpeter (til høgre) i 2-radsbygg, med førsteamanuensis Ivar Aasen (NLH) i Røyken, Buskerud, august 1982. Fall i pH frå ca. 5,5 til 5,0. Åkerdylle som invaderande ugras ved låg pH og misvekst i korn (foto: Karl-Jan Erstad).



Foto 11. Forsuringseffekt av 10 år med ammoniumnitrat (til høyre, pH 5,0, matsyre) og med kalkammonsalpeter (til venstre, pH 5,5) i 1. årseng, SFL Vågønes, 1982.
Foto: Birger Volden, Vågønes.



Foto 12. Forsuringseffekt av 10 år med ammoniumnitrat (til venstre, pH 5,0, matsyre) og med kalkammonsalpeter (til høyre, pH 5,5) i 1. årseng, SFL Vågønes, 1982.
(foto: Birger Volden, Vågønes).

ALLMENNE RÅD FOR pH-MÅL

Allmenn rådgiving baserer seg på desse generelle krava til pH i jorda for ulike kulturvekstar, her med særleg vekt på korn og gras, som gitt i tab. 11.

Tab. 11. Optimalområde for ulike plantekulturar på **mineraljord generelt** (Nedrebø & Nome 1976 – fig. 47). Fokuserte grøder utheva.

Plantekultur/grøde	pH(H ₂ O), intervall
Fôrbetar	6,5-7,3
Kålvekstar	6,5-7,0
Raudkløver	6,2-7,0
Kveite og bygg	6,0-6,5
Havre	5,8-6,3
Timotei, engsvingel, engrapp, bladfaks og hundegras	5,8-6,5
Raigras ¹⁾	6,3-7,0
Poteter	5,5-6,0

¹⁾ Westerwoldsk raigras vurdert over engelsk raigras i pH-krav

For **moldrik og organisk jord** seinkar vi pH-målet med 0,5 einingar. Dette skuldast mold og myr med sine organiske kompleks av humus lindrar giftverknad av fritt aluminium (kompleksbinding), og dei organiske syrene har slik sterk spalteevne og CEC (kationbyttekapasitet) i pH-området 6-7 at det både vil kreve enorme kalkmengder, det er unødvendig for optimalisering av kalktilstand, og til sist kan føre til næringsstoffbrist (kopar, mangan, jern, bor og sink).

PRESISJONSLANDBRUK – MED VATNINGSANLEGG

Interessante resultat kjem fram ved korndyrking som medfører meir intensivt landbruk der ein sørger for optimalisering av fleire faktorar samtidig. Grønlund (2001, *pers. medd.*) undersøkte byggavlingar på 4405 gardsbruk, respektiv med og utan vatningsanlegg (fig. 8-10).

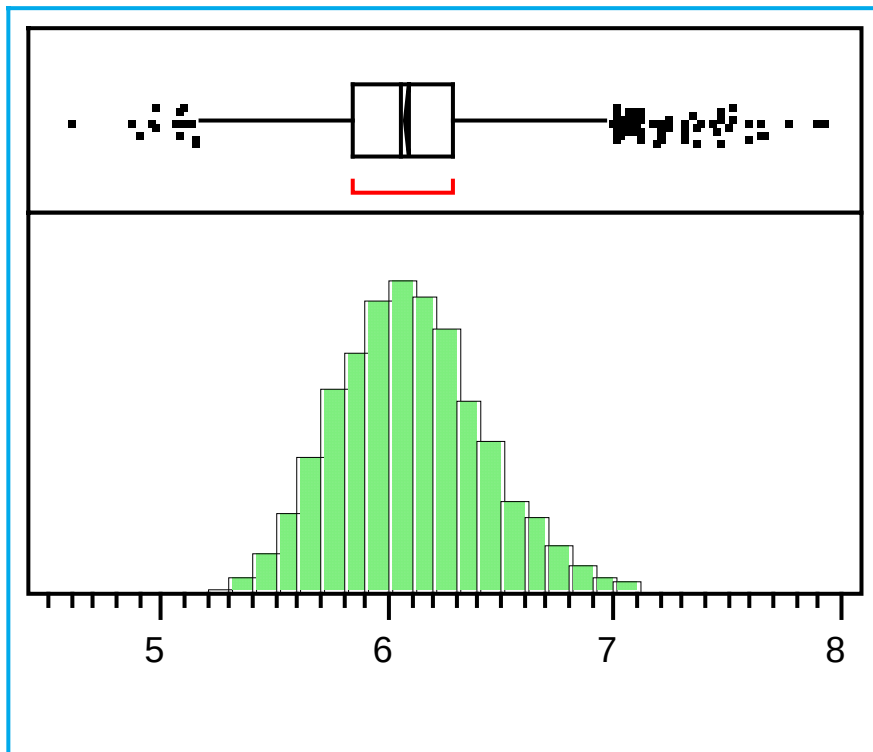
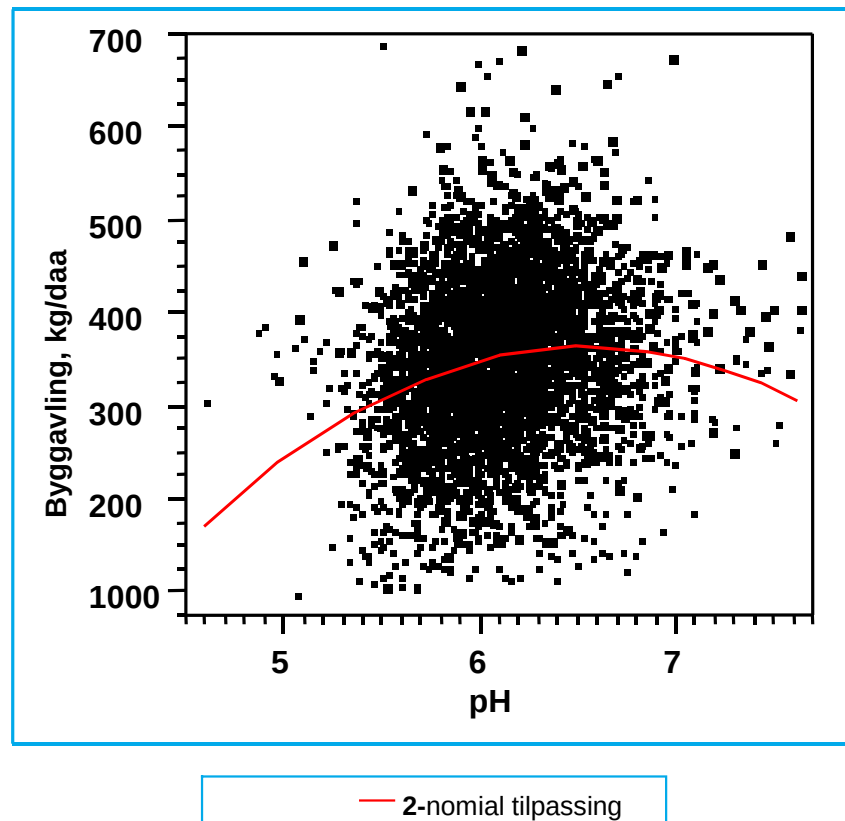


Fig. 8. pH-variasjon på 4405 gardsbruk med byggdyrking (Grønlund 2001, pers. medd.)

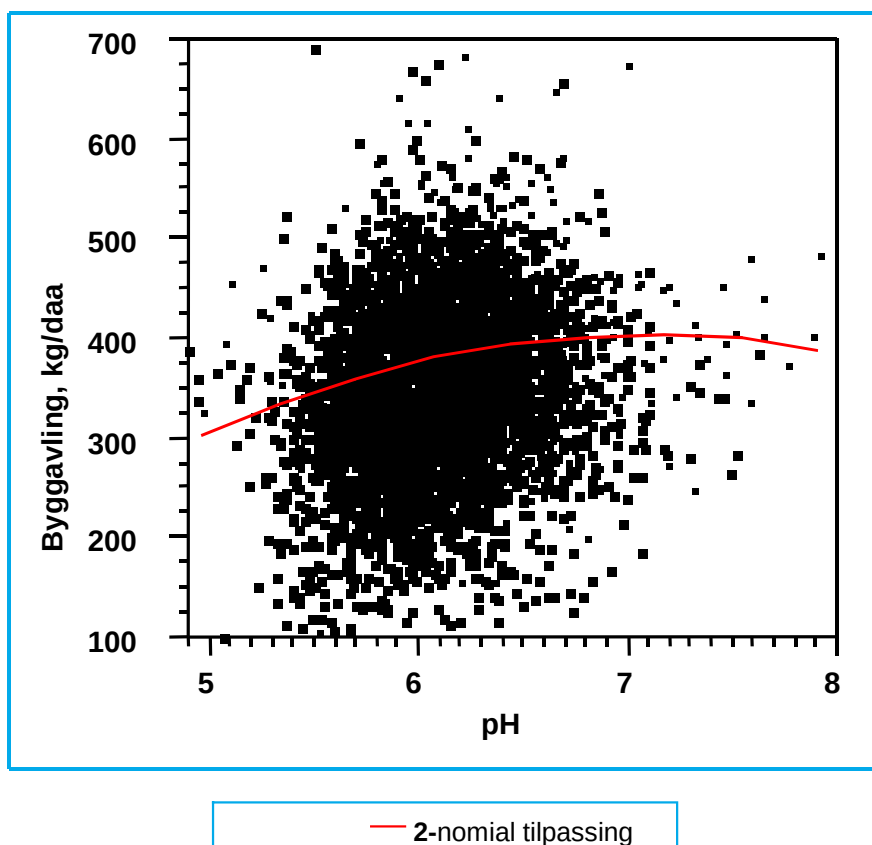
Utan vatningsanlegg låg maksimalavling av bygg på ca. 365 kg/daa ved pH 6,55, mens det med vatningsanlegg var nivået på ca. 410 kg/daa ved pH 7,09, jfr. fig. 9 og 10). Resultata var statistisk sikre på aller høgste nivå.

Vi kan ikkje sikkert vite grunnen til at samspel mellom pH (derav i hovudsak knytt til kalkingsnivå, men parallelt også til pH-auke i vassfylte porar) og vatning, men det er med rimelig visse forbunde med dei mikronæringsstoffa som også har plantetilgjenge avhengig av redoksforhold. Dette gjeld til dels jern, men spesielt mangan. Vi har ofte sett at kornplantar på mange jorder trivst best der jorda er moderat pakka i hjulspor, og det indikerer at moderat reduktive forhold fremmar Mn-tilgangen, og vi kan auke pH og ta ut eit potensiale utan sterk mangel på mangan.



2-nomial tilpassing					
Byggavling = $-1,8e+4 + 6608,61 \text{ pH} - 504,123 \text{ pH}^2$					
Variansanalyse					
KJELDE	Fridomsgradar	Kvadratsum	Middelkvadratsu m	F-kvotient	Sannsyn > F
Modell	2	114577986	57288993	84,8453	0,0001
Feil	3705	2501677763	675216,7		
C. Total	3707	2616255749			

Fig. 9. 2-nomial datatilpassing og einvegs variansanalyse for effekt av pH mot byggavling på 3708 gardsbruk **utan** vatningsanlegg. Maksimal avling ved **pH 6,55** (Grønlund 2001, *pers. medd.*).



$$\text{Byggavling} = -7314,8 + 3203,87 \text{ pH} - 225,826 \text{ pH}^2$$

Variansanalyse

KJELDE	Fridomsgradar	Kvadratsum	Middelkvadratsu m	F-kvotient	Sannsyn > F
Modell	2	15390448	7695224	9,6865	0,0001
Feil	694	551331165	794425		
C. Total	696	566721613			

Fig. 10. 2-nomial datatilpassing og einvegs variansanalyse for effekt av pH mot byggavling på 697 gardsbruk **med** vatningsanlegg. Maksimal avling ved **pH 7,09** (Grønlund 2001, *pers. medd.*).

KALKINGSMÅL I ANDRE EUROPEISKE LAND

Kalkingsmåla i andre europeiske land vil heller ikkje ligge komplett fast, fordi det er avhengig av ei rekke faktorar, spesielt jordtype. Sortsvariasjonar innan korn og gras er også avgjerande, i tillegg til kontroll med andre vekstfaktorar, spesielt innan binding og plantetilgjenge av andre plantenæringsstoff som fosfor og mikronæring.

I eit forsøk på å sette opp ein europeisk Teknisk Spesifikasjon CEN/TS 15084:2006 kom CEN også fram til vekting av faktorar og kriterium som vist i tab. 12 og 13 (CEN 2006). I innleiinga til dette CEN-dokumentet står følgande:

”Utover Europa forhindrar vide nasjonale og regionale variasjonar i jordtype, klima og driftsformer den generelle bruken av detaljerte og spesifikke tilrådingar. Prinsippa gitt i denne standarden skulle bli brukt av ekspertar på lokalt nivå til å sette opp råd om kalktrong.”

Tab. 12. Definisjon av pH-klasser (pH(H₂O)) for tilførsel av kalk så vel som kalktilrådingar (tab. 2 i CEN/TS 15084:2006), innlagt indikasjon for gras og korn på mineraljorder som eit gjennomsnitt for norske forhold (blå farge).

pH class Soil state of lime	Description of status and target	Requirement of liming materials and fertilizers
A very low	Status: Extreme restriction of soil structure and nutrient availability, very high lime requirement, significant losses of yield of almost all crops up to total loss of yield, extreme increase in plant availability of elements which become increasingly harmful as their plant availability increases at low pH. Target: Achievement of targeted, optimal soil reaction; Liming has the highest priority above all other fertilizing and cultivating measures.	Basal liming pH(H₂O) < 5,0
B low	Status: Optimal conditions for soil structure and nutrient availability are not yet achieved, high lime requirement, still significant losses of yield with crops with a high lime demand, still high plant availability of elements which become increasingly harmful as their plant availability increases at low pH Target: Achievement of targeted, optimal soil reaction; liming within crop rotation, preferably prior to crops with a high lime requirement	Increase of pH value by liming pH(H₂O) 5,0-6,0
C optimum	Status: Optimal condition for soil structure and nutrient availability is given, low liming requirement, low respectively no increased yield by liming, but stable yield on this pH value . Target: Preservation of lime condition by appropriate liming of crops with a high lime demand during crop rotation. The annual proton production has to be neutralized by preservation liming.	Preservation liming pH(H₂O) 6,0-6,8
D high	Status: Lime supply is higher than targeted, no lime requirement. Target: Slow decrease of soil reaction by refrain from liming.	No liming pH(H₂O) 6,8-7,5
E very high	Status: Soil reaction is much higher than targeted and may have a negative influence on nutrient availability. Target: Refrain from any liming.	No liming pH(H₂O) >7,5

NOTE In some instances, the application of liming materials to improve soil structure will take precedence over soil pH status when assessing lime requirement.

Tab. 13. Kriterium, parametar og prioriteringar for kalkmengder, pH som (pH(H₂O)) (tab. 3 i CEN/TS 15084:2006).

Parameter	Units	Specification - Fraction	Priority for lime requirement	Remarks
Frequency of soil analysis	year	3 to 4	***	-
Initial pH	pH value	-	***	to be used for determination
Target pH	pH range	-	***	to be used for determination
Clay content	%	0 to 5 5 to 12 12 to 17 17 to 25 25	***	to be used for determination
Organic matter	%		***	to be used for determination
Rain fall	mm/year	< 500 500 to 800 > 800	***	should be used for determination
Crops	-	-	**	-
Crop rotation system and crop removal	-	-	**	-
Cation saturation Rate	%	< 20 20 to 50 50 to 80 > 80	**	may be used for determination instead of pH
Soil fineness	mm	< 2	**	-
Aluminium content	cmol ⁺ /kg	free, toxic aluminium species	**	valid for recommendation
Exchange capacity	cmol ⁺ /kg	-	*	-
Base Equivalent of fertilizer applied	CaO equivalent per 100kg fertilizer-	calculation dependent upon fertilizer application rate	*	should be used for determination
* low ** medium ***high				

Kalkingsmåla i Noreg er moderat sterke for dei ulike plantekulturane, sterkare enn i Sverige som i stor grad har forsømt seg, om lag likt med Storbritannia, men svakare enn Tyskland, Nederland, Frankrike, Danmark og Finland. Driftsforhold, fagleg vinkling og tradisjonar i jordkulturen er avgjerande. Land som kalkar sterkast, optimaliserer utbyttet på avlingar, og har gjerne også konsentrert seg om kalking for god jordstruktur og binding av tungmetall.

Når det gjeld Sverige, har det vore stor splid mellom faggruppene innan både forskning og rådgiving. Inst. för markvetenskap, SLU i Uppsala, er stort sett einig med det norske fagmiljøet, med kalking for ei rekke føremål innan jord- og plantekulturen. Andre fagpersonar har argumentert for at kalking i hovudsak er unødvendig, med mindre ein har

akutt aluminiumsforgiftning av planterøtene. Johan Alfred Åslander (Solentuna) hevdar rett etter 2. verdskrigen at kalking saman med organisk gjødsel var direkte skadeleg, Sten Ståhlberg (Statens Lantbrukskemiska Laboratorium) på 70-80-talet ville kalke berre dersom det var høge nivå av AS-løysleeg (ammoniumsulfat) aluminium, og Margreta Magnusson (SLU i Umeå) rundt skifte av millenium var langt på veg av samme oppfatning som Åslander. Alt dette har ført til skeptisisme og agitasjon mot kalking i svensk landbruk.

I Storbritannia har ADAS (Agricultural Development and Advisory Service) med stor varsemd gitt visse generelle råd (ADAS 1981), som gitt i tab. 14 for generelle mål for kalkingsnivå, og i tab. 15 for pH-nivå for påreknelege surjordskadar på nokre utvalde avlingar. Denne siste oversikta er meir detaljert, men er framleis ganske generell, fordi jordkvalitet kan variere så mykje, og må vurderast lokalt. Det er alltid slik at den mest fruktbare jorda også gir att i avling for sterkaste kalking, og utan skadeverknader i form av mangel på mikronæringsstoff. Nivå i denne tabellen er eit absolutt minimum. Britane nyttar same prosedyre for pH-måling som vi, $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ – måling i destillert vatn, jord:vatn 1:2,5.

Tab. 14. Optimale pH-nivå ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$) for kalking til ulike grøder på hovudjordtypar i Storbritannia (ADAS 1981).

Jordtype	Type grøde	
	Åkervekstar	Permanent grasmark, frukt og humle
Mineraljord	6,5	6,0
Myrjord	5,8	5,3

Tab. 15. Retningslinjer for pH-nivå ($\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$) for påreknelege surjordskadar på nokre utvalde avlingar på mineraljord i Storbritannia (ADAS 1981).

Åkervekstar	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ for påreknelege surjordskadar	Gras og kløver	$\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ for påreknelege surjordskadar
Bygg	5,9	Alsikekløver	5,7
Mais	5,5	Raudkløver	5,9
Kveite	5,5	Kvitkløver, kultivert	5,6
Havre	5,3	Kvitkløver, vill	4,7
Rug	4,9	Luserne	6,2
		Vikker	5,9
		Hundegras	5,3
		Svingel	4,7
		Timotei	5,3
		Raigras, engelsk	4,7

Kløver, luserne og vikker er for så vidt ikkje tema i denne rapporten, men vert i denne samanhengen likevel tatt med, fordi dei har stor næringsverdi (protein og mineral), er viktige for eng og beite, og krev ekstra god kalktilstand.

For øvrig legg vi merke til at dei fleste grasartane har forholdsvis låge minimumskrav til pH, men dette er gjerne låge overslag, for nye, yterike sortar krev til vanleg langt betre kalktilstand, spesielt framdrivne sortar av raigras, og også timotei.

Noreg og det mest av Norden har meir til felles med Dei britiske øyane enn vi har med t.d. Tyskland, fordi vi begge ligg i ei atlantisk klimasone. Dette medfører at vi som oftast har merkbart høgare humusinnhald i jordsmonnet. Dette medfører at vi har lågare pH-mål, men også lågare naturleg start-pH, større bufringsevne og større lekkasje av kalk grunna nedbørsoverskot - enn det Kontinentet har.

Legg også merke til at verdiane frå Storbritannia i tab. 15 er *nedre skadeterskel for pH*, og ikkje optimalområde. Det vil ligge merkbart over, og vi ser desse gitt i normene frå Den britiske kalkforeininga ALA (Agricultural Lime Association), presentert i tab. 16.

Tab. 16. Optimal pH (pH-mål) for åkerjord og permanent eng på ulike mineral- og organiske jordtypar, Storbritannia (Agricultural Lime Association 2012a).

ALA Target pH	Arable	Permanent Grassland
Sands and loamy sands	7.0	6.5
Sandy loams and silt loams	7.0	6.5
Clay loams and clays	7.0	6.5
Organic soils (10-25% organic matter)	6.7	6.2
Peaty soils (above 25% organic matter)	6.3	5.8

Stabilitet i pH-nivå ved jamn vedlikehaldskalking vert understreka ved at ein skal kalke ”så ofte som nødvendig for å oppretthalde pH nær nok 7,0 på åkerjord og 6,5 på varig eng når ein har mineraljord.” På organisk rik jord og myrjord er altså målet respektive 0,3 og 0,7 pH-einingar lågare (Agricultural Lime Association 2012).

I Tyskland har ein som oftast lagt seg på eit høgare tilrådd kalkingsnivå, i første rekke på tyngre, vel bufra mineraljordtypar. Kalkdienst (1965) gir målintervall (reaksjonsbreidde) for pH(KCl) for ulike vekstar, som gitt i tab. 17. I Tyskland måler ein altså i 1 M KCl, som i gjennomsnitt pressar pH ned 1 eining samanlikna med pH(H₂O).

Tab. 17. Retningslinjer for pH-nivå (pH(KCl)) som målintervall (reaksjonsbreidde) på nokre utvalde avlingar på mineraljord i Tyskland (Kalkdienst 1965).

Åkervekstar	pH(KCl) som intervall (reaksjonsbreidde)	Gras og kløver	pH(KCl) som intervall (reaksjonsbreidde)
Bygg (vinter)	6,5-7,0	Alsikekløver	6,0-7,5
Bygg (sommar)	6,0-7,0	Raudkløver	6,0-7,5
Mais	5,6-6,8	Kvitkløver, kultivert	6,0-7,5
Kveite (vinter/sommar)	6,5-7,5	Luserne	6,8-8,0
Havre	5,5-6,5	Vikker	5,0-6,0
Rug (vinter/sommar)	5,8-7,0	Erter	6,0-7,5
		Eng, attlege	6,0-7,5
		Varig beiteland	5,5-7,0

Kalkingsmåla i Tyskland er jamt høge, og det understrekar at for beiteland (varig eng) vert artssamansetnaden av ring fôrqualität om kalktilstanden underoptimal. Spesielt vil kløver gå ut, og denne er viktig for mineraltilførsel og proteinkvalitet for beitedyra.

Noreg bør kunne heve kalkingsmåla for ei rekke kulturar, men under føresetnad av at ein forstår dei jordkjemiske prosessane i ulike jordtypar, foretar ei klar differensiering, og også intensiverer bruken av jorda slik at ein siktar mot betre kontroll på jordfysikk og redoksforhold i jord, det siste styrt gjennom bruk av vatningsanlegg.

Tyngre mineraljord, d.v.s. leirhaldig til leirrik, bør kunne kalkast vesentleg sterkare for å ta ut meireffekt, både på avling direkte og på strukturforbetring (grynstrukturdanning) der det ikkje alltid er velutvikla, gamal kulturjord. Det er mange problem med jordfysikken i tidlegare leirplaneringsområde.

På skarpe sand- og siltjorder er bufferkapasiteten liten og faren for overkalking stor. Her bør pH-målet ikkje endrast, men haldast jamt oppe ved hyppig vedlikehaldskalking, men den er også særleg viktig, fordi pH kan falle svært fort. Ved aukande innhald av humus aukar bufferevna, og kalkinga vert meir fleksibel.

Organisk rik (20-40 masse-% humus) og rein myrjord (>40 masse-% humus) ganske korrekt pH-mål, men bufferevna er så sterk at det skal store kalkmengder til for å nå denne, og mikrobielt utløyst humusnedbryting og mineralisering krev stadig påfyll av kalk for å nøytralisere nye, korte organiske syrer. Her merker vi spesielt at kalkingsmålet flyttar på seg, t.d. for å halde pH 5,5-6,0. Dette pH-målet er gjerne korrekt også for å redusere myrsvinn og lekkasje av nitrogen ved mineralisering.

Avlingstap ved overkalking til gras og korn er ofte knytt til mangan og jern, som endrar tilstandsform etter redoksforhold i tillegg til funksjon av pH. Tilføring av vatn slik at vi får ein høgare vatn/luftkvotient i poresystemet i jord vil spesielt gi oss 2-verdig mangan og ein del 2-verdig jern slik at tilstrekkelege mengder vert plantetilgjengelege, og vi kan heve pH. Dette var påvist ved datainnsamlinga av Grønlund (fig. 9 og 10) tidlegare i kapitlet, og det er meiravling å hente ut. Passe jordpakking av åker og eng har også ein tilsvarende effekt.

Med fleirfaktoriell innsats vil vi med dette gå frå litt meir ekstensivt landbruk til intensivt tilpassing, der ein kan forstå og styre faktorane i jord- og plantekulturen. Det krev store kunnskapar og innsikt mellom bøndene, og ei spesialisert rådgivingsteneste.

Redoksforhold i samspel med pH i jord gir seg ikkje gjeldande for mikronæringsstoffa kopar, sink og bor, og bør vere avgrensande for kalkinga på utsette, skarpe jorder, men kan med varsemd kompensera ved mikronæringsstilførsel, spesielt for kopar og sink, mens bor har eit smale vindauge for toleranse – mellom mangel og forgifting (faktor 10).

I område som har vore utsette for sporelementnedfall og anna -tilførsel (spesielt tungmetall som kadmium, bly og kvikksølv), bør kalktilførselen ligg i det øvre området. Dette er ein hovudgrunn til at Danmark som eit nærmast kontinentalt land med større nedfall har kalka sterkast og med høgaste pH-mål på mineraljord av dei nordiske landa.

III. KALKDOSAR FOR GRUNNKALKING OG VEDLIKEHALDSKALKING

ÅRSAKER TIL FORSURING

I eit fuktig klima vil eit kvart jordsmonn produsere syrer som forbruker basiske sambindingar og resulterer i ein forvittringsprosess. I tillegg til naturen sine egne medverkande faktorar kjem også dei menneskeskapte. Dette gir følgande totalbilette:

1. Ammonium-N i kunstgjødsel. Dagens fullgjødsel forsurar gjennomsnittleg for 1 kg CaO-ekv. pr. kg N.
2. Sur nedbør inneheld svovelsyre og salpetersyre, og forsurar tilsvarende 2-5 kg CaO-ekv./da/år i Sør-Noreg
3. Nedbryting av organisk materiale i jordsmonnet
4. Utvasking av kalk gjennom nedbør og avrenning, størst på lette jordartar, ved pH over 6,5 og dårleg drenert jord
5. Bortføring med avling

Omfanget av disse forsuringsprosessane kan variere svært mykje, men vi reknar med ein årleg kalktrong på 20-50 kg CaO-ekv./daa til vedlikehald. Lågast er dette gjerne på Austlandet med einsidig korndyrking, moderat N-gjødsling og moderate nedbørsmengder. Dei høgste tala gjeld Sørvestlandet med sterk N-gjødsling gjennom ein lang vekstsesong og mykje utvasking gjennom nedbør.

KALKMENGDER

Her skil vi mellom grunnkalking og vedlikehaldskalking.

Vedlikehaldskalking er lite avhengig av jordtype, men vi må likevel rekne med litt større tap ved utvasking, og dermed kalktrong, på jord med lita bufferevne: sandjord og siltjord. Elles er vedlikehaldskalking avhengig av driftsform.

Grunnkalking avhenger av jorda si bufferevne for å bringe pH opp til ønska nivå. Vi kan ganske nøyaktig måle dette ved buffermetodar (Erstad 1990), men mest vanleg er det å vurdere kalktrongen v.h.a. oppslagstabellar som gitt under.

Grunnkalking skal bringe oss opp i eit ønska nivå (tab. 18).

Tab. 18. Kalktrong i kg CaO-ekv./daa for å heve pH med 1 eining i mineraljord med stigande bufferevne (leire og masse-% org. materiale)

Jordart	Moldfattig (0-3% OM)	Moldhaldig (3-6% OM)	Moldrik (6-20% OM)	Mineralblanda moldjord (20-40% OM)
Sand, silt	100	200	300	450-600
Lettleire	200	300	400	550-650
Mellomleire	300	400	500	600-700
Stiv leire	400	500	600	650-750

For organisk jord må vi vurdere totalkalkinnhaldet ved å analysere Ca-AL og Mg-AL, og rekne ut massen ned til 20 cm djup (200.000 dm³ jord/daa), jfr. tab. 19.

$$\text{Ca-AL-ekv.} = \text{Ca-AL} + (\text{Mg-AL} * 1,65)$$

Tab. 19. Kalktrong i organisk jord (>20 masse-% OM), avhengig av pH og omdanningsgrad

I. pH<5,5 Kalktrong	
II. pH>5,5	
II.A. Lite omdanna myr (<von Post H5)	
<180 kg Ca-AL-ekv./daa	Stor kalktrong
180-280 kg Ca-AL-ekv./daa	Middels kalktrong
>280 kg Ca-AL-ekv./daa	Til vanleg liten kalktrong
II.B. Godt omdanna myr (≥von Post H5)	
<260 kg Ca-AL-ekv./daa	Stor kalktrong
260-420 kg Ca-AL-ekv./daa	Middels kalktrong på nydyrka, større på eldre kulturjord
>420 kg Ca-AL-ekv./daa	Til vanleg liten kalktrong

Vedlikehaldskalking skal sikre at vi kan halde på oppnådd kalktilstand, motverke forsurningsprosessar som skuldast ammoniumhaldig mineralgjødning, sur nedbør, naturleg forsurnande omdanning i jord og utvasking av basekation i eit klima med nedbørsoverskot, og bortføring med avling. Det trengst 20-50 kg CaO-ekv./daa/år. Minste mengder gjeld for korndyrkingsområde med små nedbørsmengder og moderat N-gjødning, største for kystområde med 3 grasavlingar og sterk gjødning. Tilfør gjerne Mg-rike kalkingsmiddel som dolomitt, spesielt på eng og beite der nettopp trongen er stor. Denne kalkinga kan verte gitt som eit forråd kvart 3.-5. år.

KALKINGSMÅTE

Ved grunnkalking i åker kan ein tilføre store mengder på éin gong, om nødvendig inntil 1 tonn CaO-ekv./daa. Ein kombinerer dette med god innblanding i plogsjiktet (harving). Men på eng og beite må vi gå forsiktig fram. For å unngå overkalking i toppsjiktet skal ein heller tilføre kalk ofte, i små mengder kvar gong. Vi tilrår maksimalt 150 kg CaO-ekv./daa, og så kjem ein tilbake med samme dose etter 2-3 år. Kalkfronten går berre 1-2 cm nedover i jorda kvart år, og kalken må tilførast gradvist når det skjer som toppdressing utan sjanse for jordarbeiding. Men den gjentatte kalkinga gir då ei gradvis og langsiktig forbetring nedover i jordprofilen.

RETT OG PRESIS KALKING

Dersom jorda er svært sur, risikerer vi direkte forgifting av plantar og planterøter av aluminium og til dels jern og mangan.

Med pH rundt 6,5 på ei mineraljord har vi optimale forhold for omdanning av organisk materiale og mineralisering av nitrogen og fosfor. Den sterke fosforbindinga til aluminium og jern vert også redusert, og Ca-bindinga er gunstigare for plantetilgjenge.

God kalking gir jamn dekking av kulturvekstane og motverkar problemugras i både åker og eng.

Men stig pH over 7,0, vil vi etter kvart få alvorlege mikronæringsstoffproblem, og det gjeld bor, koppar, mangan, jern og sink, som omtalt under førre kapittel.



Foto 13. Raigras er ein viktig fôrvekst som gir optimale avlingar i pH-området 6,3-7,0 på mineraljord



Foto 14. Vinterkalking under gode vêrforhold er ypparleg arbeidsoperasjon i ein roleg arbeidsperiode, Agri Grov VK i Trøndelag (foto: André Storstad).

IV. ØKONOMI I KALKING TIL KORN OG GRAS

KALKING ER SOLID ØKONOMI

Forsuring av landbruksjorda er ei snikande utvikling også for den bonden som tidlegare har halde ein god kalktilstand på kulturjorda si. Det er lett å tenke at i økonomisk stramme tider kan ein utsette kalking for kanskje å styrke dekningsbidraget i ein overgangsfase.

Å kutte sterkt i gjødsling veit alle viser seg straks, men også kalkkutt får faktisk raskt negative effektar på driftsøkonomien.

Liksom dreneringstiltak skal kalken ha ein fast plass i berekraftig og profesjonelt landbruk, som ein del av ein kvar driftsplan for bonden.

KALK OG GJØDSEL UTFYLLER KVARANDRE

Vårt naboland Sverige har heller ikkje alltid tatt si eiga forskning til følgje, og kalkar mindre og dårlegare enn dei nordiske meistrane Danmark og Finland.

På den andre sida har SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) gjort framifrå effektstudie på kalking og gjødsling i meir enn 2 generasjonar, og dette har gitt grunnlag for vurderingar av økonomien i den stabile vedlikehaldskalkinga, ikkje sporadiske skippertak med kalk.

Det første som skal nemnast, er Lanna-forsøket i Västergötland med samspel kalk/fosfor og som gjekk i sin første periode 1936-41, og med delvis rekalking i 1972 (Ohlsson 1979).

Det andre store er dei såkalla permanente kalkforsøka fordelt over Sverige, frå Hörby i sør til Umeå i nord, og som starta i 1962. Der forsøkte ein jamn kalking for å oppretthalde stabil basemetnadsgrad på 70% og 100%, tilsvarande pH om lag 6,2-6,5 og rundt 7,0 (Simán 1985). Avlingsnivå vart jamt registrert. Eit interessant trekk var at også jordene endra kjemisk og fysisk karakter. Endemåla for basemetnadsgraden flytta seg og dermed auka kalktrongen med tida. Dette skuldast at oppbryting av sambindingar auka kationbyttekapasiteten og gav nye, til dels sure overflater som måtte nøytralisert. Fysisk viste det seg som grynstrukturdanning på tyngre jorder.

Dei permanente kalkforsøka inkluderte også forsøksledd med halverte gjødselmengder i høve til norm, samt doble mengder, og her viste det seg at kalk kunne ikkje kome i staden for gjødsel, og heller ikkje omvendt. Innafor tilførselsauke som galdt inntil normer for optimalt nivå, hadde begge ein uavhengig tilleggseffekt, altså at sjølve samspelet var svakt. Dette er vist i auke mot 0-ledd – inga gjødsling og kalking – i fig. 1 for kornfelta, fig. 2 for engfelta. Oppkalking til 70% basemetnadsgrad auka kornavlingane i gjennomsnitt med 9,1%, til 100% med 13,1%, men den siste meirdosen av kalk gav ikkje statistisk sikker effekt.

Kalking til 70% basemetnadsgrad gav ein avlingsauke i 1-årig eng på 20,7% og i eldre eng på 12,1%. Vidare oppkalking hadde ingen sikker effekt. Skilnaden mellom 1-årig og eldre eng kom av svært positiv kalkverknad på det høgre kløvernivået i yngre eng.

Både korn og eng har reagert positivt på både gjødsel og kalk, og ved optimalisert, tilrådd bruk har dei verka ganske uavhengig. Først ved sterk under- og overdosering motarbeider desse kvarandre. Dei fleste i praktisk landbruk veit at på svært sur jord er gjødslinga langt på veg bortkasta. Sterkt sur jord som vert grunnkalka, kan oppleve ein tilleggseffekt av mineralisert nitrogen og fosfor, men over tid må også gjødslinga sørge for etterforsyning av nye plantenæringsstoff.

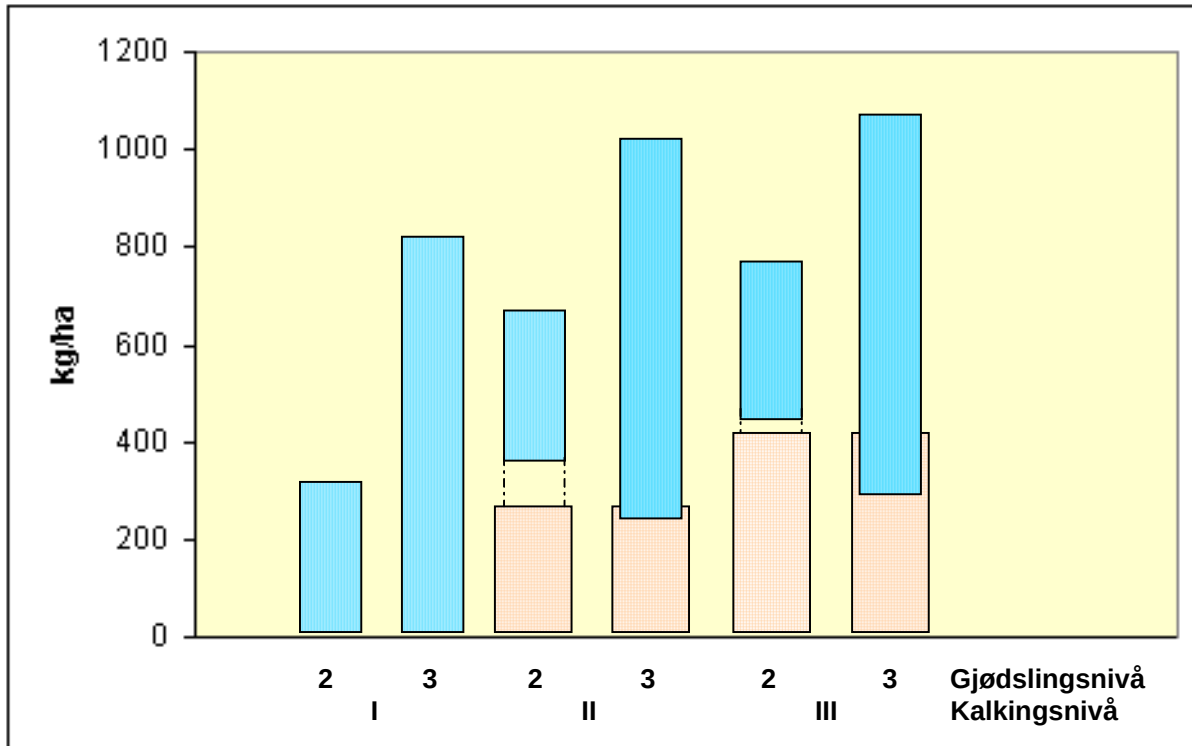


Fig. 11. Avlingsauke i kg korn/ha ved tilførsel av gjødsel (blå søyler; nivå 2 – 60 kg N/ha, halv trong for P og K, og nivå 3 – det doble) og kalk (brune søyler; nivå I – utan kalk, nivå II – 70 % basemetnad, nivå III – 100 % basemetnad), gjennomsnitt av 79 forsøksår (Simán 1985).

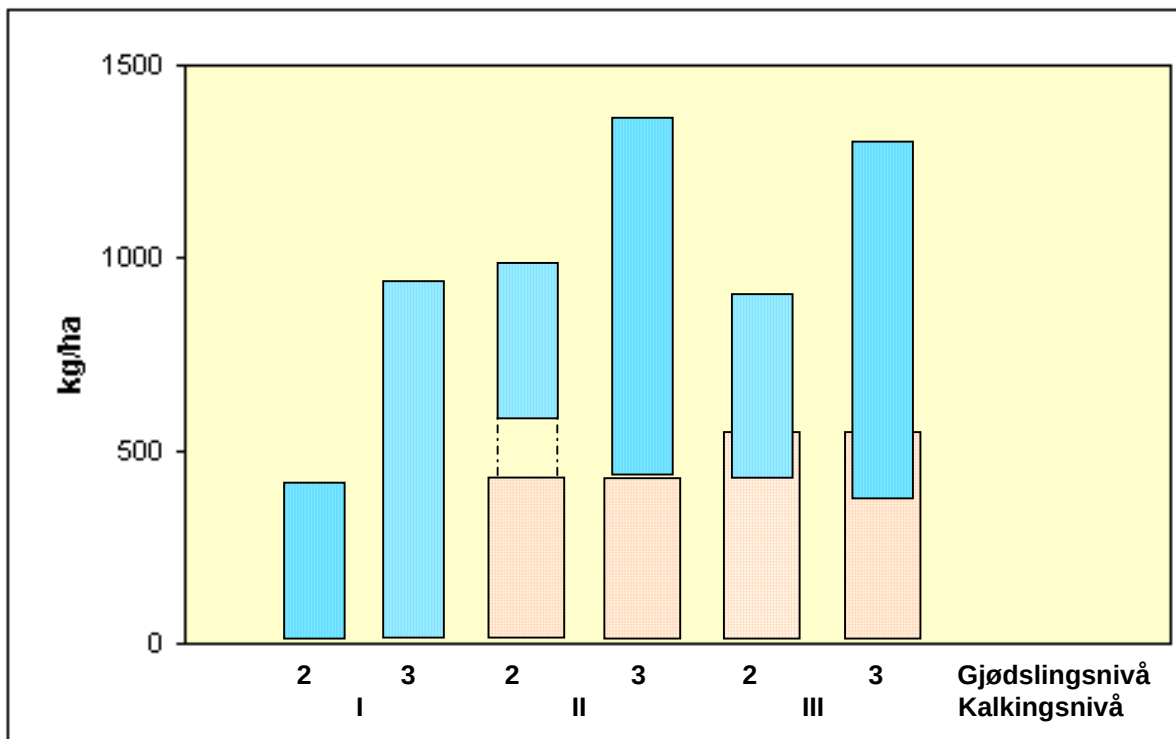


Fig. 12. Avlingsauke i kg eng/ha (tørrestoff) ved tilførsel av gjødsel (blå søyler; nivå 2 – 60 kg N/ha, halv trong for P og K, og nivå 3 – det doble) og kalk (brune søyler; nivå I – utan kalk, nivå II – 70 % basemetnad, nivå III – 100 % basemetnad), gjennomsnitt av 30 forsøksår (Simán 1985).

Lanna-forsøket har vist at årleg, moderat fosforgjødsling og jamn kalking gir størst avlingseffekt, og denne kombinasjonen er økonomisk optimal.

ØKONOMI FOR VEDLIKEHALDSKALKING

På basis av desse svenske, langsiktige forsøka kan vi finne ut tapet over ein periode på 3-5 år dersom ein let landbruksjorda falle sakte ned og tilbake frå optimal kalktilstand. Dette svarer til å hoppe over ein periode på vedlikehaldskalking som ein skulle ha gjort etter ordinær gjødselplan. Dette er vist i tab. 20 og 21 for høvesvis den mest vanlege korndyrkinga og grasdyrking på kultueng i raskt omløp og eldre eng utan nytt gjenlegg. Det er her føresett lik meiravling for bygg og matkveite.

Tab. 20. Økonomi i vedlikehaldskalking ved norsk korndyrking (bygg og kveite), med målprisar i tilskotssone 1.

Faktor pr. daa	Einingsinntekt/ Einingskostnad	Kg utbytte/innsats/ daa	Økonomisk verdi, kr /daa
Meirinntekt	2,32 kr/kg bygg	34	79
	2,73 kr/kg matkveite	34	93
Årleg kalkkostnad	kr 0,90/kg effektiv CaO	30	27
Avkastning bygg			52
Avkastning matkveite			66

NOTE Prisen bygger på eit typisk døme med kalk med kalkverdi=50, ferdig spreidd pris kr 450/tonn

Tab. 21. Økonomi i vedlikehaldskalking ved grasdyrking til mjølkeproduksjon, målt mot alternativt grovfôr innkjøpt som høy.

Faktor pr. daa	Type eng	Einingsinntekt/ Einingskostnad	Kg utbytte/innsats/ daa	Økonomisk verdi, kr /daa
Meirinntekt	1-års-eng	2 kr/kg høy	94	188
	Eldre eng	2 kr/kg høy	56	112
Årleg kalkkostnad		kr 0,90/kg effektiv CaO	40	36
Avkastning	1-års-eng			152
	Eldre eng			76

NOTE Prisen bygger på eit typisk døme med kalk med kalkverdi=50, ferdig spreidd pris kr 450/tonn

MERKNADER TIL TAB. 20 OG 21

1 kg CaO tilsvarer 2 kg vare med kalkverdi over 5 år på 50.

Forsøksdata frå Sverige baserte seg på eit ukalka basisnivå på pH 4,7-5,8, med Ca-basemetnadsgrad 10-65 %. Målområdet for kalking var basemetnadsgrad 70 %, med pH i området 6,2-6,5.

Ved korndyrking har den driftige bonden vore flinkast til å søke å passe kalkinga, og økonomien i dette er både god og viktig for driftsresultatet i produksjonen. Det overraskande er nok at nok at i husdyrproduksjonen på grovfôr, med gras som viktigaste vekst, er økonomien i kalkinga enno betre, men mange har forsømt kalkinga kraftig, og så langt basert store delar av drifta på innkjøpt fôr, både stråfôr og ikkje minst etter måten rimeleg kraftfôr, som på lengre sikt både er uøkonomisk og lite berekraftig.

Desse resultata gir økonomien i den normale vedlikehaldskalkinga, verdien av kalken i den jamne driftsplanen. Dersom ein kuttar kalkinga ut over ein lengre periode slik at pH fell under eit nivå på 5,0-5,5 (mineraljord), går jord- og plantekulturen utforbakke med omfattande avlingssvikt, slik at analysar gjennom kalkylar vert irrelevante.

ØKONOMIVURDERING FOR KALKING AV ENG I NEDERLAND

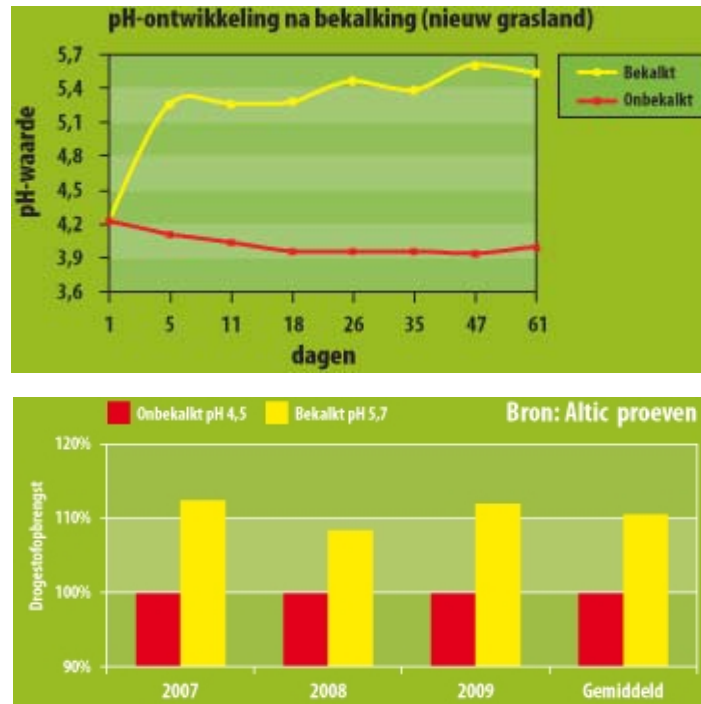
Sibelco Europe MineralsPlus har gjennomført ei rekke kalkingsforsøk i Nederland, m.a. i gras, dels saman med ulike FoU-organisasjonar og dels reint i eigen regi. Viktige resultat er samanfatta i ein rapport frå Sibelco Europe (2012).

Økonomien i dei nederlandske forsøka stemmer god med skandinavisk meirinntekt for vedlikehaldskalking for 1-års-eng, men med eit anna prisbilette: Dobbelt meiravling gjennom lang vekstsesong, men med halv grovfôrpris (€ 0,12/kg tørrstoff).

Som vist i fig. 12-13 og tab. 22 er det solid økonomi i kalkinga, her gitt i attlege (ny eng) dei første 3 åra, som her undersøkt.

I desse forsøksserieane fekk ein også økonomieffekt for vedlikehaldskalking ved dyrking av fôrmais. Det gav ein økonomisk nettogevinst på € 395/ha, tilsvarande ca. NOK 300/daa (1 ha = 10 daa).

I parentes nemnast her også avlingar av purre (haust- og vintersortar), med årleg meirutbytte verdt € 2.400/ha og € 3.000/ha i 2008 og 2009, tilsvarande NOK 1.800/daa og NOK 2.250/daa.



Meeropbrengst en financieel voordeel bekalken	
Gemiddelde meeropbrengst DS na bekalking	1200 kg / Ha / jaar
Financieel voordeel meeropbrengst	€ 720 / Ha
Kosten vernieuwen grasland + bekalken per Ha (1 x per 6 jaar)	€ 170 / Ha
Financieel voordeel	€ 555 / Ha

Fig. 12-13 og tab. 22. Auke i pH(KCl) ved bruk av finmalen kalk i attlege til eng, meiravling i ny eng i perioden 2007-2009 ved auke i pH(KCl) frå 4,5 til 5,7 (tilsvarande pH(H₂O) 5,5 → 6,7), og økonomifordel ved kalkinga for bonden i sum for ein periode på 3 år (€/ha).

Kjelde: Ankerpoort – Sibelco Europe

<http://www.bekalkenloont.nl/bekalken-loont/grasopbrengsten>

I Storbritannia vart det også gjort eit økonomistudium i samband med eit 4-årig omløpsstudium på lett mineraljord med vekselvis sukkerbete og bygg (Agricultural Lime Association 2012b).

Avlingsauken var nært knytt til pH i jord, og konsistent avlingsauke kom med aukande pH i alle 4 forsøksår. Utbyttet ved kalking varierte, men størst effekt var det å holde pH i eit snevert variasjonsområde på ikkje meir enn 0,2 pH-einingar frå optimalt pH-nivå.

Økonomisk meirutbytte ved aukande vedlikehalds-pH er vist for sukkerbete og bygg i fig. 14. Vedlikehald ved pH 6,5-7,0 for bygg, som er til å samanlikne med norsk forhold, gav meirverdi på 150 £/ha, tilsvarende 1.350 kr/ha under engelske, lågare prisnivå for landbruksprodukt.

Med britisk kostnadsnivå kan det kalkulerast med at kalkingskostnaden er 80% av den norske, slik utgiftene til vedlikehaldskalking også er om lag 220 kr/ha./år. I dette feltforsøket viste det

seg dermed at meirverdien var heile 6 gongar kostnaden med kalk, og ALA (Agricultural Lime Association) konkluderte med at den jamne, nødvendige kalkinga er ei av dei beste investeringane ein kan gjere i landbruket.

Additional Revenue per Hectare through raising pH

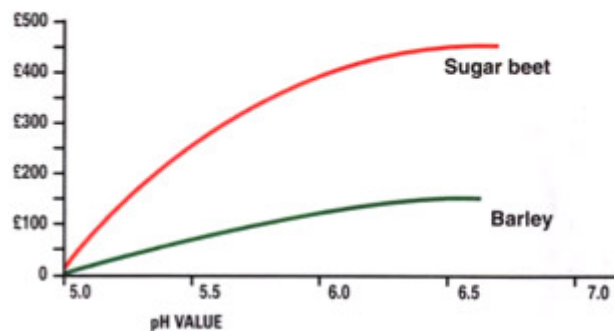


Fig. 14. Økonomisk tilleggssutbytte (£/ha) gjennom vedlikeholdskalking til sukkerbete og bygg gjennom eit 4-årig vekstskifte på lett mineraljord i Storbritannia (Agricultural Lime Association 2012b).

Canada og dei nordlege statane I USA har også mykje til felles med Nord-Europa når det gjeld klima og eit ungt jordsmonn påverka av istider.

Resultat frå Wisconsin har dermed høg relevans for samanlikning av kalkingsforsøk, jamvel om type avlingar er litt forskjellig grunna ulik planteproduksjon.

Schulte & Kelling (1985) viste at kalking til pH 6,8 (vanlegvis lettleire) betalte seg attende i økonomisk avkastning. Ingen anna praksis innan jordkultur var meir kostnadseffektiv – spesielt dersom alfalfa (blåuserne, *Medicago sativa* L.) er del av vekstskiftet (tab. 23 og 24).

Tab. 23. Avlingsauke ved kalking av ei siltig lettleire frå pH 5,0 til pH 6,8 ^a (Schulte & Kelling 1985).

		Avlingsnivå		
Kalkmengde brukt (tonn/acre)	pH i jord	Alfalafa (blåluserne) (tonn/acre)	Mais (bushel/acre)	Soyabønne (bushel/acre)
Plano-jord (Arlington)				
0	5,0	3,76	131	38,0
12	6,8	4,20	139	42,6
Avlingsauke p.g.a. kalking		0,44	8	4,6
Verdi av avlingsauke ^b		\$ 119	\$ 32	\$ 30
Withee-jord (Marshfield)				
0	5,0	1,35	78	27,3
15	6,8	3,05	96	35,9
Avlingsauke p.g.a. kalking		1,70	18	8,6
Verdi av avlingsauke ^b		\$ 459	\$ 72	\$ 56

- ^a For eit omløp med mais-mais-soyabønne-blåluserne-blåluserne-blåluserne
- ^b Basert på ein vurdert salspris på \$ 90/tonn for blåluserne, \$ 2/bushel for mais, og \$ 6,50/bushel for soyabønne. Verdien var kalkulert ved å multiplisere avlingsauken med estimert salspris pr. tonn eller bushel, og så multiplisere det talet med tal år den avlinga var sådd i det 6-årige omløpet.
1 bushel = 8 gallons = 35,24 liter (USA). 1 acre = 4.840 yards² = 4,047 daa.

Tab. 24. Lønsemd ved kalking av sure Plano- og Withee-jorder ^a (Schulte & Kelling 1985).

	Plano-jord	Withee-jord
Totalt auka verdi. ^b	\$ 181	\$ 587
Kostnad ved kalking ^c	\$ 108	\$ 180
Netto fortjeneste/acre/6 år	\$ 73	\$ 407
Netto fortjeneste/acre/år	\$ 12	\$ 68

- ^a Data frå tab. 23.
- ^b Total "verdi av avlingsauka" for blåluserne, mais og soyabønne for 6-årig lmløp (tab. 23).
- ^c Basert på kjøpspris på \$15/acre for jord ved Arlington og \$20/acre ved Marshfield. Etter overslag for total kostnad til kalk (kjøpepris x kalkmengde) er det totale periodisert over 10 år, og den årlege kostnaden multiplisert med 6 for å fastsette kostnaden for omløpsperioden på 6 år.

Frå New Zealand med sitt istidsprega jordsmonn, med ein topografi ofte lik vår, men også økonomisk hardt drive landbruk, er det gjort studie på kalking av beiteområde under forsuring, og der det er nødvendig med helikopterkalking, og dette går fram av fig. 15. Dosen er sett til 1,25 tonn/ha. Kalkprisen er gitt til 18 NZ\$/tonn, transport til 10, og helikopterspreiing 40. Totalt vert kostnaden då 85 NZ\$/ha.

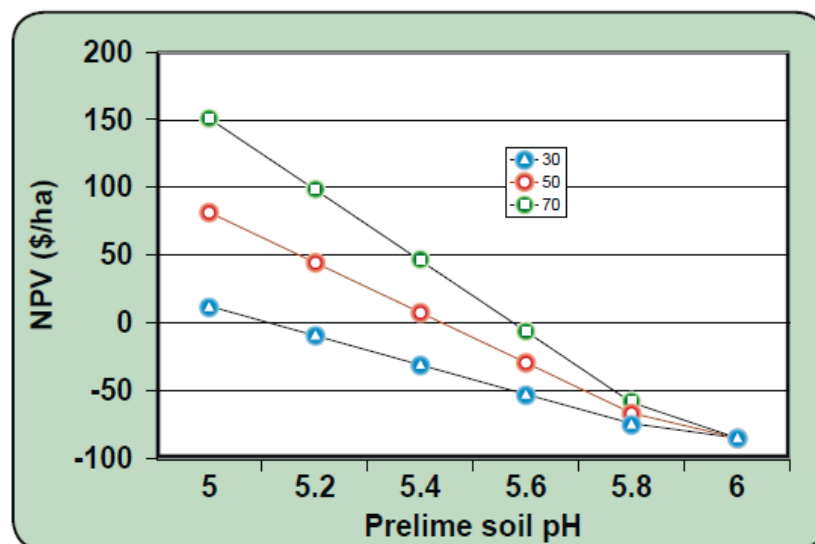


Fig. 15. Vurdert lønsemd med helikopterkalking til beite i New Zealand, avhengig av forsuringstatus på beitemark før kalking (Prelime soil pH), og driftsmargin i husdyrhaldet: 30, 50 og 70 NZ\$/ha. NPV = Net Present Value ~ Netto no-verdi (Edmeades 2001).

Lønsemda er avhengig både utgangs-pH for kalkinga, og av produksjonsmarginane i husdyrhaldet, kritisk vurdering om kultiveringstiltak på naturbeite svarer seg.

Ogle (2007) gjekk nærmare inn på detaljar i økonomien på ein stor eigedom med Merino-sau på Sørøya i New Zealand.

Desse nyare studia viste at kalkinga kunne vere rentabel ved denne helikopteralkinga av utmarksbeite for sau kunne heve pH med 0,2-0,3 pH-einingar ved ein dose på 650 kg/ha av eit kalkprodukt, like så sterkt tiltakande tap ved forsuring over ein 10-årsperiode (fig. 16-17).

Hovudkonklusjonen vart at forsursingsutviklinga over tid truga økonomien i aukande grad, og til større dyretettleik og intensivering i drift, til betre og meir optimal må kalkinga vere.

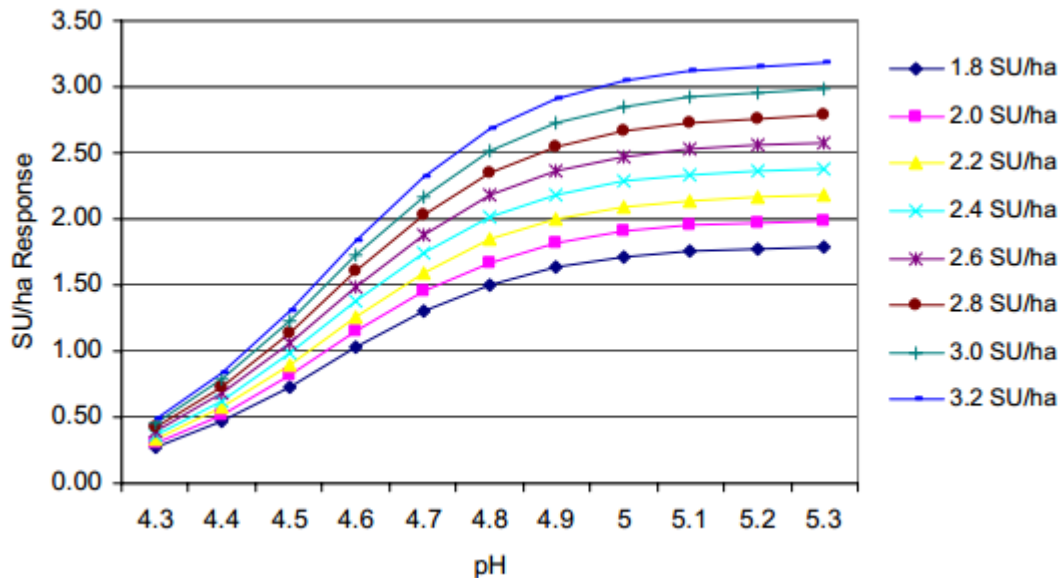


Fig. 16. Økonomirespons ved aukande kalknivå som funksjon av dyrebestand pr. hektar. SU = eining – tettleik av dyr på beite (Ogle 2007).

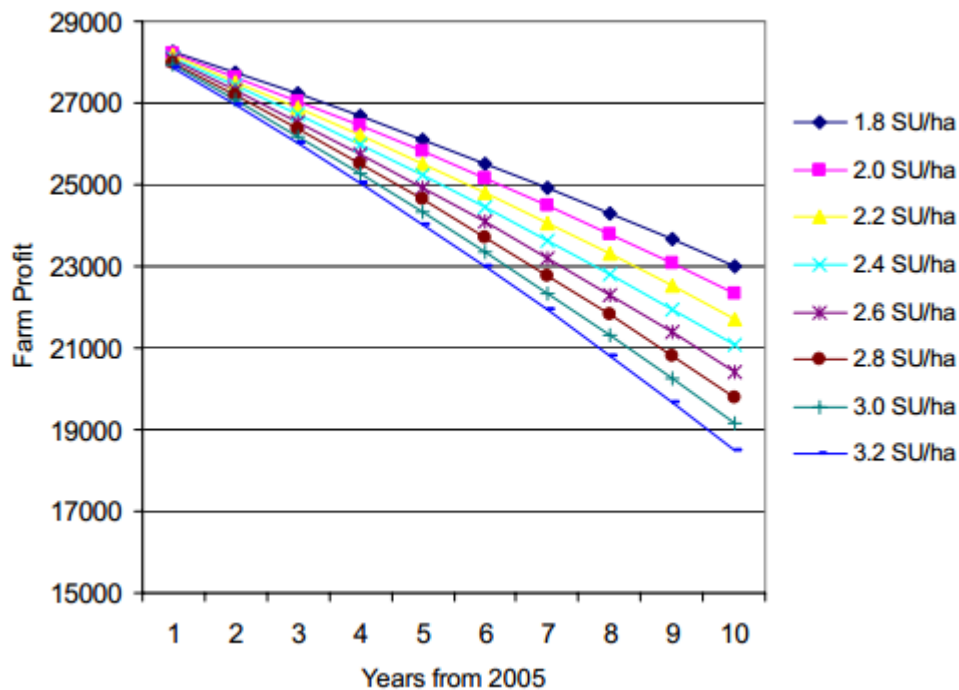


Fig. 17. Gardsdriftsinntekt (NZ\$) ved forsuring over 10 år (frå 2005) ved forsuring, tiltakande med dyretettleik. SU = eining – tettleik av dyr på beite (Ogle 2007).



Foto 15-16. Spreiing av kalk frå Franzefoss Miljøkalk AS med sentrifugalspreiar på åker, Agri Grov VK øvst og Agri Halvbrent Steetley nedst. (foto: André Storstad [øvt] og Anne Woll-Hansen [nedst])

IV. DISKUSJON OG KONKLUSJON

Kalk er ein grunnleggande innsatsfaktor og eit fast driftsmiddel i eit landbruk som skal gi store avlingar av god ernæringskvalitet for menneske og dyr, og utnytte tilført gjødsel på best måte, og som samtidig hindrar at unytta gjødsel ved ein ubalanse i planteernæringa vil lekke ut av jordsmonnet og kunne føre til forureining (eutrofiering) av vassførekomstar.

Dårleg utnytting av gjødselemne på sur jord er også ei sløsing med ofte knappe lagerressursar på kloden, spesielt fosfat, og det tærer på landbruket sin økonomi.

Det har over ei rekke år vore kalka altfor svakt i norsk landbruk, med ein jamn nedgang over nesten ein generasjon, etter ein sterk oppgang som gjorde seg gjeldande som eit kalkløft i perioden 1975-90. Det er ofte lett å tenke at kalkinga kan ein skyve litt på for å spare kostnader, men forsuringa er både snikande og skummel, og derfor legg ein ikkje så fort merke til at manglande vedlikehaldskalking fort kostar svært dyrt.

Denne rapporten har påvist at den jamne vedlikehaldskalkinga gir 4-fold att ved korndyrking, og 4-6 fold att ved grasdyrking, det lågaste talet ved langvarig eng og det høgste ved kultureng (attlege, t.d. 5-årig eng).

Dersom korndyrkinga går frå ekstensiv kultur til svært intensiv dyrking, med kontroll over fleire jord- og plantekulturfaktorar, som t.d. drift av vatningsanlegg på garden også for korndyrkinga, er det meir å hente ved sterkare kalking. Eit presisjonslandbruk med stor profesjonalitet har mykje meir å hente enn eit lågintensivlandbruk, om målet for framtida skal vere auka matproduksjon og samstundes betre økonomi for bonden.

Samanlikna med øvrige land i Europa ser vi i rapporten at i dei regionane der landbruket står sterkast, som t.d. Tyskland, Frankrike og BeNeLux, står også kalkinga sterkast, og med stor interesse for kalkkvalitet, og med eit stort sortiment av kalktypar til ulike kulturar og bruksområde.

Fennoskandia, og kanskje spesielt Noreg, har mykje til felles med Storbritannia med breiddegrad og eit atlantisk klima. Vi har større innhald av organisk materiale (humus) i jordsmonnet enn landa på Kontinentet. Kontinentale land har også område med skarp sandjord, men også større areal med tyngre leirjorder, der pH-målet ligg høgt. Kalkforbruket på Kontinentet vert høgt grunna store avlingar i ein lang vekstsesong og som fører bort kalk med grødene. I det atlantiske klimaet har vi humus i jordsmonnet som kan vere tungt å kalke opp, endringar i humuskvalitet ved kalking og mikrobiell aktivitet som igjen krev ny kalktilførsel. Og til sist har vi lekkasje av kalk frå jordsmonnet som skuldast dei store nedbørsoverskota.

Med tanke på eit berekraftig, intensivt og høgproduktivt landbruk kalkar vi i Noreg for tida berre halvparten av det vi burde reint for vedlikehaldet sin del.

TAKKEORD

Vi vil takke Franzefoss Miljøkalk AS som oppdragsgivar, og som deltakande part i form av innspel og tilbakemeldingar i dette prosjektet.

Spesielt skal nemnast våre kontaktpersonar og partnerar i prosjektarbeidet, Martin Mengede, Stein Olstad, Eskild Bergli og Sten Solum.

I Rådgivande Agronomar AS har også Anne Erstad-van der Vlugt lese korrektur på både språkleg og fagleg nivå.



Foto 17. Spreiing av Agri Grov VK frå FMK AS Avd. Verdal med sentrifugalspreiar på åker, Trøndelag (foto: André Storstad).

LITTERATUR

- Abbott, L.K. & A.D. Robson. 1985. The effect of soil pH on the formation of VA mycorrhizas by two species of *Glomus*. Australian Journal of Soil Research 23, 253-261.
- ADAS. 1981. Lime and liming. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK. Reference Book 35. London. 44 p. ISBN 0 11 240639 4.
- Agricultural Lime Association (ALA). 2012a. Agricultural liming. Target pH equals profit. http://www.aglime.org.uk/tech/agricultural_liming.php
Nedlasta november 2012.
- Agricultural Lime Association (ALA). 2012b. Liming for profit. Natural lime the best long Term investment. http://www.aglime.org.uk/tech/liming_for_profit.php
Nedlasta november 2012.
- Aleem, M. & M. Alexander. 1960. Nutrition and physiology of *Nitrobacter agilis*. Applied Microbiology 8, 80-84.
- Alexander, I. 1983. The significance of ectomycorrhizas in the nitrogen cycle. In J.A. Lee, S. McNeill & I.N. Rorison (eds.) Nitrogen as an Ecological Factor. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 69-93.
- Alexander, M. 1980. Effect of acidity on microorganisms and microbial processes in soil. In T. Hutchinson and M. Harvas (eds.) Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems. Plenum Publishing Corp., New York, 363-364.
- Anderson, A.J. & D.V. Moyer. 1952. Lime and molybdenum in clover development on acid soils. Australian Journal of Agricultural Research 3, 95-110.
- Barrow, N.J. 1965. Further investigations of the use of lime on established pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 5, 442-499.
- Bhat, K.K.S., T.H. Flowers & J.R. O'Callaghan. 1980. A model for the stimulation of the fate of nitrogen in farm wastes on land application. Journal of Agricultural Science 94, 183-193.
- Bigg, W.L. 1981. Ph.D. Thesis, University of Aberdeen. Referert av Alexander 1983.
- Boughton, T.J., N. Malajczuk & A.D. Robson. 1978. Suppression of the infection of jarrah roots by *Phytophthora cinnamomi* with lime application. Australian Journal of Botany 26, 611-615.
- Bowen, G.D. 1983. Microbial determinants of plant nutrient uptake. In CSIRO (ed.) Soils: An Australian Viewpoint. CSIRO Division of Soils, Melbourne / Academic Press, New York, 693-710.

- Bowen, G.D. & C. Theodorou. 1973. Growth of ectomycorrhizal fungi around seeds and roots. In G.C. Marks & T.T. Kozlowski (eds.) *Ectomycorrhizae, their Ecology and Physiology*. Academic Press, New York, 107-150.
- Brar, S.S. & J. Giddens. 1968. Inhibition of nitrification in Bladen grassland soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 32, 821-823.
- Bremner, J.M. & K. Shaw. 1958. Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. *Journal of Agricultural Science* 51, 39-52.
- Bryan, O.C. 1923. Effect of acid soils on nodule-forming bacteria. *Soil Science* 15, 37-40.
- Burgess, L.W., H.J. Ogle, J.P. Edgerton, L.W. Stubbs & P.E. Nelson. 1973. The biology of fungi associated with root rot of subterranean clover in Victoria. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 86, 19-28.
- Buwalda, J.G., D.P. Stribley & P.B. Tinker. 1983. Increased uptake of anions by plants with vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil* 71, 463-467.
- Carr, G.R. & M.A. Hinkley. 1985. Germination and hyphal growth of *Glomus caledonium* on water agar containing benomyl. *Soil Biology and Biochemistry* 17, 313-316.
- de Carvalho, M.M., D.G. Edwards, C.S. Andrew & C.J. Asher. 1981. Aluminium toxicity, nodulation and growth of *Stylosanthes* species in three acid soils. *Australian Journal of Agricultural Research* 31, 61-76.
- de Carvalho, M.M., D.G. Edwards, C.S. Andrew & C.J. Asher. 1982. Effects of aluminium on nodulation of two *Stylosanthes* species in nutrient solution. *Plant and Soil* 64, 141-152.
- CEN (Comité Européen de Normalisation). 2006. EN 15084:2006. Liming materials – Guide to the determination of the lime requirement. Brussels. 16 p.
- Chao, W.L. & M. Alexander. 1982. Influence of soil characteristics on the survival of *Rhizobium* in soils undergoing drying. *Soil Science Society of America Journal* 46, 949-952.
- Cornfield, A.H. 1953. The mineralization of nitrogen in a soil acidified with sulphur, aluminium sulphate or ferrous sulphate. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 4, 298-301.
- Cosgrove, D.J. 1967. Metabolism of organic phosphates in soil. In A.D. MacLaren & G.H. Peterson (eds.) *Soil Biochemistry*. Edward Arnold Publishers Ltd., London, 216-228.
- Coventry, D.R., J.R. Hirth, T.G. Reeves & V.F. Burnett. 1985. Growth and nitrogen fixation by subterranean clover in response to inoculation, molybdenum application and soil amendment with lime. *Soil Biology and Biochemistry* 17, 791-796.
- Dancer, W.S., L.A. Peterson & G. Chesters. 1973. Ammonification and nitrification of N as

- influenced by soil pH and previous N treatments. Soil Science Society of America Proceedings 37, 67-69.
- Daniels, B.A. & J.M. Trappe. 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus epigaeus*. Mycologia 72, 457-471.
- Davis, E.A., J.L. Young & R.G. Linderman. 1983. Soil lime level (pH) and VA mycorrhiza effects on growth response of sweet gum seedlings. Soil Science Society of America Journal 47, 251-256.
- Dolling, P.J. & G.S.P. Ritchie. 1985. Estimates of soil solution ionic strength and the determination of pH in West Australian soils. Australian Journal of Soil Research 23, 309-314.
- Edmeades, D.C. 2001. Liming Hill Country – is it economic? agKnowledge, The Fertiliser Review, 6, 1. March 2001.
<http://www.agknowledge.co.nz/wp-content/uploads/2011/07/Fertiliser-Review-Issue-6.pdf>
 Nedlasta nov. 2012.
- Edmeades, D.C., M. Judd & S.U. Sarathchandra. 1981. The effect of lime on nitrogen mineralisation as measured by grass growth. Plant and Soil 60, 177-186.
- Erstad, K.-J. 1990. Buffer methods to estimate lime requirement, calibrated to young soils in a humid, temperate climate (Norway). Dr. Sci. Theses 1990:3, Inst. for jordfag, Noregs Landbrukshøgskule.
 Vol. I: Experimental & Main Text. 236 p.
 Vol. II: Main Tables, Series A. 145 tables.
- Evans, J., B.J. Scott & W.J. Lill. 1987. Manganese tolerance in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) genotypes grown with ammonium nitrate or symbiotic nitrogen. Plant and Soil 97, 207-215.
- Farb, P. 1959. Living earth. Harper & Brothers Publishers, New York. 178 p.
- Fernandes-Falcon, M., R.L. Fox & E.E. Trujillo. 1984. Interactions of soil pH, nutrients and moisture on phytophthora root rot of avocado. Plant and Soil 81, 165-176.
- Firestone, M.K. 1982. Biological denitrification. In F.J. Stevenson (ed.) Nitrogen in Agricultural Soils. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 289-326.
- Foster, R.E. & J.C. Walker. 1947. Pre-disposition of tomato to Fusarium wilt. Journal of Agricultural Research 74, 165-185.
- Foth, H.D. 1990. Fundamentals of Soil Science. John Wiley & Sons, New York. 360 p.
- Foy, C.D. 1984. Physiological activities of hydrogen, aluminium and manganese toxicity in acid soil. In F. Adams (ed.) Soil Acidity and Liming. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 57-97.

- Freney, J.R. 1967. Sulfur-containing organics. *In* A.D. MacLaren & G.H. Peterson (eds.) Soil Biochemistry. Edward Arnold Publishers, London, 229-259.
- Garrett, S.D. 1956. Biology of Root-Infecting Fungi. Cambridge University Press, Cambridge. 220 p.
- Garrett, S.D. 1970. Pathogenic Root-Infecting Fungi. Cambridge University Press, Cambridge. 294 p.
- Gilmour, J.T. 1984. The effects of soil properties on nitrification and nitrification inhibition. Soil Science Society of America Journal 48, 1262-1266.
- Giltrap, N.J. & D.H. Lewis. 1981. Inhibition of growth of ectomycorrhizal fungi in culture by phosphate. New Phytologist 89, 669-675.
- Graham, P.H. & C.A. Parker. 1964. Diagnostic features in the characterisation of root-nodule bacteria of legumes. Plant and Soil 20, 383-396.
- Graham, P.H., S.E. Viteri, F. Mackie, A.T. Vargas & A. Palacios. 1982. Variation in acid soil tolerance among strains of *Rhizobium phaseoli*. Field Crops Research 5, 121-128.
- Granhall, U. 1981. Biological nitrogen fixation in relation to environmental factors and functioning of natural ecosystems. *In* F.E. Clark & T. Rosswall (eds.) Terrestrial Nitrogen Cycles., Ecol. Bull. 33, 1131-1144, Stockholm.
- Green, N.E., S.O. Graham & N.C. Schenck. 1976. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 68, 919-934.
- Greenhalgh, F.C. & P.A. Taylor. 1985. *Phytophthora clandestina*, cause of severe root rot of subterranean clover in Victoria, Australia. Plant Disease 69, 1002-1004.
- Grønlund, A. 2001. Jordforsk, Fredrik A. Dahls veg 20, 1432 Ås. Pers. medd.
- Halstead, R.L. 1964. Phosphatase activity of soils as affected by lime and other treatments. Canadian Journal of Soil Science 44, 137-144.
- Halstead, R.L., J.M. Lapensee & K.C. Ivarson. 1963. Mineralisation of soil organic phosphorus with particular reference to the effect of lime. Canadian Journal of Soil Science 43, 97-106.
- Harmsen, G.W. & D.A. van Schreven. 1955. Mineralisation of organic nitrogen in soil. Advances in Agronomy 7, 299-398.
- Hart, P.B.S., J.P. Widdowson, H.M. Watts & M. Chu-Chou. 1980. Response of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedlings to mycorrhizal inoculum, phosphorus and pH. Australian Forest Research 10, 389-396.
- Haynes, R.J. 1982. Effect of liming on phosphate availability in acid soils. Plant and Soil 68, 289-308.

- Hepper, C.M. 1984. Regulation of spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Acaulospora laevis*, by soil pH. Transactions of the British Mycological Society 83, 54-56.
- Hung, L.L. & J.M. Trappe. 1983. Growth variation between and within species of ectomycorrhizal fungi in response to pH *in vitro*. Mycologia 75, 234-241.
- Jones, J.P. & A.J. Overman. 1971. Control of Fusarium wilt of tomato with lime and soil fumigants. Phytopathology 61, 1415-1417.
- Jørgensen (Erstad), K.-J. 1982. Sammenlikning av noen norske kalkingsmidler i sammenheng med findelingsgradens betydning for virkninga på jordreaksjon og plantevekst. Hovedoppgave ved NLH, Inst. for jordkultur. 216 s.
- Kalkdienst. 1965. Düngekalk-Leitfaden für Wirtschaftsberater. Land- und forstwirtschaftliche Abteilung der Düngekalk-Hauptgemeinschaft, Köln. Drei Kronen Druck und Verlag GmbH, Effern. 4. Auflage. 253 S.
- Keyser, H.H. & D.N. Munns. 1979a. Tolerance of Rhizobia to acidity, aluminium and phosphate. Soil Science Society of America Journal 43, 519-523.
- Keyser, H.H. & D.N. Munns. 1979b. Effects of calcium, manganese and aluminium on growth of Rhizobia in acid media. Soil Science Society of America Journal 43, 500-503.
- Kleinig, C.R. 1965. Emergence of *Medicago tribuloides* on moderately acid soils. Australian Journal of Agricultural Research 16, 311-319.
- Klemetsson, L., B.H. Svensson, T. Lindbert & T. Rosswall. 1977. The use of acetylene inhibition of nitrous oxide reductase in quantifying denitrification in soils. Swedish Journal of Agricultural Research 7, 179-185.
- Kucey, R.M.N. & G.E.S. Diab. 1984. Effects of lime, phosphorus, and addition of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizal fungi on indigenous VA fungi and on growth of alfalfa in a moderately acidic soil. New Phytologist 98, 481-486.
- La Rue, T.A. 1977. The bacteria. In R.W.F. Hardy & W.S. Silver (eds.) A Treatise on Dinitrogen Fixation, Section III, Biology. John Wiley and Sons Inc., New York, 19-62.
- Lowther, W.L. & J.F. Loneragan. 1968. Calcium and nodulation of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Plant Physiology 43, 1362-366.
- Mackenzie, J., T. Glasby & A. Diatloff. 1972. The role of nodulation and damping-off in lucerne establishment on acidic sandy soils on the Darling Downs. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 12, 4428-4432.
- MacLean, A.J. & R.L. Cook. 1955. The effect of soil reaction on availability of phosphorus for alfalfa in some Eastern Ontario soils. Soil Science Society of America Proceedings 19, 311-314.

- Mahler, R.L. & A.G. Wollum 1981. Seasonal variation of *Rhizobium trifolii* in clover pastures and cultivated fields in North Carolina. *Soil Science* 132, 240-246.
- Marx, D.H. & B. Zak. 1965. Effect of pH on mycorrhizal formation of slash pine in aseptic culture. *Forest Science* 11, 66-75.
- Marschner, H., V. Romheld & H. Ossenberg-Neuhans. 1982. Rapid method for measuring changes in pH and reducing processes along roots of intact plants. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 105, 407-416.
- Martin, W.H. 1920. The relation of sulphur to soil acidity and to the control of potato scab. *Soil Science* 9, 393-409.
- McGee, D.C. & A.W. Kellock. 1974. *Fusarium avenaceum*, a seed borne pathogen of subterranean clover roots. *Australian Journal of Agricultural Research* 25, 549-557.
- Morill, L.G. & J.E. Dawson. 1962. Growth rates of nitrifying chemoautotrophs in soil. *Journal of Bacteriology* 83, 205-206.
- Morill, L.G. & J.E. Dawson. 1967. Patterns observed for the oxidation of ammonium to nitrate by soil organisms. *Soil Science Society of America Proceedings* 31, 757-760.
- Mosse, B. 1972. The influence of soil type and *Endogone* strain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate-deficient soils. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 3, 529-537.
- Mosse, B., D.S. Hayman & D.J. Arnold. 1973. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizas. V. Phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with ³²P. *New Phytologist* 72, 809-815.
- Mosse, B., D.P. Stribley & F. Le Tacon. 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbial Ecology* 5, 137-210.
- Mullaly, J.V., J.B. McPherson, A.P. Mann & D.R. Rooney. 1967. The effect of length of legume and non-legume leys on gravimetric soil nitrogen at some locations in the Victorian wheat areas. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7, 568-571.
- Müller, M.M., V. Sundman & J. Skujins. 1980. Denitrification in low pH podsols and peats determined with the acetylene inhibition method. *Applied and Environmental Microbiology* 40, 235-239.
- Munns, D.N. 1970. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. *Plant and Soil* 32, 90-102.
- Munns, D.N., R. Fox & B.L. Koch. 1977. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. *Plant and Soil* 46, 591-601.
- Nedrebø, O. & A. Nome. 1976. *Jordkultur og kort om plantevern*. 2. utgave.

Landbruksforlaget, Oslo. 246 s.

- Nelson, L.E. 1964. The effect of pH on the acetate-soluble sulfur content of amyheo soil in Mississippi before and after incubation. *Soil Science Society of America Proceedings* 28, 290-291.
- Nicolson, T.N. & N.C. Schenck. 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. *Mycologia* 71, 178-198.
- Norris, D.O. 1959. The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. *Australian Journal of Agricultural Research* 10, 651-698.
- Nyborg, M. & P.B. Hoyt. 1978. Effects of soil acidity and liming on mineralization of soil nitrogen. *Canadian Journal of Soil Science* 58, 331-338.
- Nye, P.H. 1981. pH changes across the rhizosphere induced by roots. *Plant and Soil* 61, 7-26.
- Ogle, G. 2007. Updated analyses of the economics of aerially applying lime on a typical High Country Meriono Property. Meat & Wool New Zealand. FITT Report 05FT169, 5-13.
<http://www.beeflambnz.com/Documents/Farm/Economics%20of%20liming%20South%20Island%20high%20country.pdf>
 Nedlasta nov. 2012.
- Ohlsson, S. 1979. De mångåriga kalkförsöken på Lanna. K. Skogs- och Lantbruksakademien. *Tidskr. Suppl.* 13, 17-26.
- Orellana, R.G., C.D. Foy & A.L. Fleming. 1975. Effect of soluble aluminium on growth and pathogenicity of *Verticillium albo-atrum* and *Whetzelinia sclerotiorum* from sunflower. *Phytopathology* 65, 202-205.
- Palti, J. 1981. *Cultural Practices and Infectious Crop Diseases*. Springer Verlag, Berlin, p. 29.
- Parker, C.A. 1957. Non-symbiotic nitrogen-fixing bacteria in soil. III. Total nitrogen changes in a field soil. *Journal of Soil Science* 8, 48-59.
- Parkin, T.B. & A.J. Sexstone & J.M. Tiedje. 1985. Adaptation of denitrifying populations to low soil pH. *Applied and Environmental Microbiology* 49, 1053-1056.
- Pearson, R.W., A.G. Norman & C. Ho. 1941. The mineralization of the organic phosphorus of various compounds in soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 6, 168-175.
- Pearson, V. & D.J. Read. 1975. The physiology of the mycorrhizal endophyte of *Calluna vulgaris*. *Transactions of the British Mycological Society* 64, 1-7.
- Pierre, W.H. & G.M. Browning. 1935. The temporary injurious effect of excessive liming of acid soils and its relation to phosphate nutrition of plants. *Journal of American Society of Agronomy* 27, 742-751.
- Pons, F. & V. Gianinazzi-Pearson. 1984. Influence du phosphore, du potassium, de l'azote et

- du pH sur le comportement *in vitro* de champignons endomycorrhizogènes à vésicules et arbuscules. *Cryptogamie Mycologie* 5, 87-100.
- Porter, W.M., A.D. Robson & L.K. Abbott. 1987a. Field survey of the distribution of VA mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *Journal of Applied Ecology* 24, 659-662.
- Porter, W.M., A.D. Robson & L.K. Abbott. 1987b. Factors controlling the distribution of VA mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *Journal of Applied Ecology* 24, 663-672.
- Premi, P.R. & A.H. Cornfield. 1969. Effects of addition of copper, manganese, zinc and chromium compounds on ammonification and nitrification during incubation of soil. *Plant and Soil* 31, 345-352.
- Quispel, A. 1983. Dinitrogen-fixing symbiosis with legumes, non-legumes angiosperms and associative symbiosis. In A. Läuchli & R.L. Bielecki (eds.) *Inorganic Plant Nutrition. Encycl. Plant Physiol. New Series Vol. 15A*. Springer Verlag, Berlin, 286-329.
- Raven, J.A. & F.A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. *New Phytologist* 76, 415-431.
- Raven, J.A., S.E. Smith & F.A. Smith. 1978. Ammonium assimilation and the role of mycorrhizas in climax communities in Scotland. *Transactions of the Proceedings of the Botanical Society, Edinburgh* 43, 27-35.
- Read, D.J., H.K. Koucheki & J. Hodgson. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I. The occurrence of infection. *New Phytologist* 77, 641-653.
- Richards, B.N. 1965. Mycorrhiza development of loblolly pine seedlings in relation to soil reaction and the supply of nitrate. *Plant and Soil* 22, 187-199.
- Robson, A.D. & J.F. Loneragan. 1970. Growth of annual *Medicago* species on an acid soil. 11th International Grassland Conference, University of Queensland Press, Brisbane, pp. 424-428.
- Rossiter, R.D. 1965. Phosphorus toxicity in subterranean clover and oats grown on Muchea sand and the modifying effects of lime and nitrate-nitrogen. *Australian Journal of Agricultural Research* 3, 227-242.
- Roth, L.F. & L.F. Riker. 1943. Influence of temperature, moisture and soil reaction on the damping-off of red pine seedlings by *Pythium* and *Rhizoctonia*. *Journal of Agricultural Research* 7, 273-293.
- Rygiewicz, P.T., C.S. Bledsoe & R.J. Zasoski. 1984a. Effects of ectomycorrhizae and solution pH on [¹⁵N] ammonium uptake by conifer seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 14, 885-892.
- Rygiewicz, P.T., C.S. Bledsoe & R.J. Zasoski. 1984b. Effects of ectomycorrhizae and solution pH on [¹⁵N] nitrate uptake by coniferous seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 14, 893-899.

- Saranthchandra, S.V. 1978. Nitrification activities and the changes in the populations of nitrifying bacteria in soil perfused at two different H-ion concentrations. *Plant and Soil* 50, 99-111.
- Schmidt, E.L. 1982. Nitrification in soil. *In* F.J. Stevenson (ed.) *Nitrogen in Agricultural Soils*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 253-288.
- Schmitthener, A.F. & C.H. Canaday. 1983. Role of chemical factors in development of *Phytophthora* diseases. *In* D.C. Erwin, S. Bartnicki-Garcia & P.H. Tsao (eds.) *'Phytophthora' – its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 189-196.
- Schulte, E.E. & K.A. Kelling. 1985. Aglime – key to increased yield and profits. A2240 rev. Publication – Cooperative Extension Programs. University of Wisconsin – Extension. 4 p.
- Sibelco Europe. 2012. Bekalken grasland loont. De resultaten van praktijkonderzoek naar effecten van pH op opbrengst en bodemvruchtbaarheid. Maart 2012, Maastricht, Nederland.
<http://www.bekalkenloont.nl/images/Sibelco%20Bekalken%20Grasland%20Loont.pdf>
Nedlasta juni 2012.
- Simán, G. 1985. Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-82. Rapport 165. Institutionen för markvetenskap, Avd. för växtnärläring, Sveriges Lantbruksuniversitet. 44 s. ISSN 0348-3541. ISBN 91-576-2509-3.
- Siqueira, J.O., D.H. Hubbell & N.C. Schenck. 1982. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *in vitro*. *Mycologia* 74, 952-959.
- Siqueira, J.O., D.H. Hubbell & A.W. Mahmud. 1984. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 76, 115-124.
- Sivasithamparam, K. & K.A. Parker. 1981. The physiology and nutrition of *Gaeumannomyces graminis* in culture. *In* P.J. Shipton & J.C. Asher *Biology and Control of Take-All* (eds.). Academic Press, London, 125-150.
- Skipper, H.D. & G.W. Smith. 1979. Influence of soil pH on the soybean-endomycorrhiza symbiosis. *Plant and Soil* 53, 559-563.
- Smiley, R.W. 1974. Rhizosphere pH as influenced by plants, soils and nitrogen fertilizers. *Soil Science Society of America Proceedings* 38, 795-799.
- Smiley, R.W. 1975. Forms of nitrogen and the pH in the root zone and their importance to root infection. *In* G.W. Bruehl (ed.) *Biology and Control of Soil Borne Pathogens*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 55-62.
- Smith, S.E. 1980. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. *Biological Reviews* 55, 475-510.

- Smith, S.E. & F.A. Smith. 1984. Could mycorrhizas be involved in changes in soil pH? *In* I.R. Kennedy & L. Copeland (eds.) Proceedings of the 7th Australian Nodulation Conference, AIAS, Occ. Publication, 125-126.
- Sparling, G.P. & P.B. Tinker. 1978. Mycorrhizal infection in Pennine grassland. I. Levels of infection in the field. *Journal of Applied Ecology* 15, 943-950.
- Stewart, E.H. & R.W. Pearson. 1952. Utilization of phosphorus by fertilizer placement and liming. *Agronomy Journal* 44, 501-502.
- Stewart, W.D.P. 1967. Nitrogen-fixing plants. *Science* 158, 1426-1432.
- Stover, R.H. 1956. Studies on Fusarium wilt of bananas. I. The behaviour of *F. oxysporum* f. *cubense* in different soils. *Canadian Journal of Botany* 34, 927-942.
- Stovold, G.E. 1974. Root rot caused *Pythium irregulare* Buissman, an important factor in the decline of established subterranean clover pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* 25, 537-548.
- Theodorou, C. & G.D Bowen. 1969. The influence of pH and nitrate on mycorrhizal associations of *Pinus radiata* D. Don. *Australian Journal of Botany* 17, 59-67.
- Thompson, L.M., C.A. Black & J.A. Zoellner. 1954. Occurrence and mineralization of organic phosphorus in soils, with particular reference to associations with nitrogen, carbon and pH. *Soil Science* 77, 185-196.
- Trolldenier, G. 1981. Influence of soil moisture, soil acidity and nitrogen source on take-all in wheat. *Phytopathology* 102, 163-177.
- Vincent, J.M. & L.M. Waters. 1953. The influence of the host on competition amongst clover root-nodule bacteria. *Journal of General Microbiology* 9, 357-370.
- Vose, P.B. & D.G. Jones. 1963. The interaction of manganese and calcium on nodulation and growth in three varieties of *Trifolium repens*. *Plant and Soil* 18, 372-385
- Wang, G., D.P. Stribley, P.B. Tinker & C. Walker. 1984. Soil pH and vesicular-arbuscular mycorrhiza. Proceedings of the 6th North American Conference on Mycorrhizae, p. 289.
- Weaver, D.J. & E.J. Wehunt. 1975. Effect of soil pH on susceptibility of peach to *Pseudomonas syringae*. *Phytopathology* 65, 984-989.
- Weber, D.F. & P.L. Gainey. 1962. Relative sensitivity of nitrifying organisms to hydrogen ions in soils and in solution. *Soil Science* 94, 138-145.
- White, J.G. 1959. Mineralization of nitrogen and sulphur in sulphur-deficient soils. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2, 255-258.
- White, R.E. 1969. Measurement of soil pH. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 35, 3-15.

- White, P.F. 1984. The effect of vesicular arbuscular mycorrhizas on the growth of subterranean clover grown under conditions of aluminium toxicity. Honours Thesis, School of Agriculture, The University of Western Australia.
- Wijler, J. & C.C. Delwiche . 1954. Investigations on the denitrifying process in soil. *Plant and Soil* 5, 155-169.
- Williams, C.H. 1967. Some factors affecting the mineralization of organic sulphur in soils. *Plant and Soil* 26, 206-223.
- Williams, C.H., E.G. Williams & N.M. Scott. 1960. Carbon, nitrogen, sulphur and phosphorus in some Scottish soils. *Journal of Soil Science* 11, 334-346.
- Williams, C.H. & A. Steinbergs. 1958. Sulphur and phosphorus in some Eastern Australian soils. *Australian Journal of Agricultural Research* 9, 483–491.
- Young, J.L. E.A. Davis & S.L. Rose 1985. Endomycorrhizal fungi in breeder wheats and triticale cultivars field-grown on fertile soils. *Agronomy Journal* 77, 219-224.

RAPPORTAR UTKOMNE I DENNE SERIEN / REPORTS EDITED IN THIS SERIES

- | | |
|------------|---|
| Nr. 1/1999 | Konovalov, N. Y. & K.-J. Erstad. Iron deficiency in peatlands and related soil characteristics in Russia. A literature review. 64 p. |
| Nr. 2/1999 | Brandt, J. & K.-J. Erstad. Karbonatisering med korallsand som alkalisk filtermateriale. Pilotforsøk. 39 s. |
| Nr. 3/1999 | Erstad, K.-J. Ringtest på analyser av vassdragskalk for Direktoratet for naturforvaltning. 33 s. |
| Nr. 4/1999 | Erstad, K.-J. & J. Linke. Reactivity by soil incubation and <i>ENV 1 year</i> of new dolomitic and calcitic products from northern Europe. 61 p. |
| Nr. 1/2000 | Erstad, K.-J., N. Y. Konovalov & B. Farstad. Bioavailability of nickel in olivine and serpentine, and use of olivine in agriculture and nature management. A literature review. 46 p. |
| Nr. 2/2000 | Erstad, K.-J., H.-C. Teien, F. Kroglund, J. Håvardstun, L. Sørli & B. Salbu. Testing av halvbrent dolomittmjøl til innsjøkalking med særlig vekt på aluminiums- og jernkjemi. 45 s. |
| Nr. 1/2008 | Konovalov, N. Y., K.-J. Erstad & T. Buset. Silicion as liming material and fertilizer in agriculture, and effects on P uptake, reducing lodging and fungal diseases. A literature review. 55 p. |
| Nr. 1/2010 | Erstad, K.-J., J. Sørensen, N. Y. Konovalov, F. Günther & A. Erstad-van der Vlugt. 2010. Forprosjekt biokol Solør-Odal – samfunnsnytte, danning og stabilisering, binding av plantevernsmiddelrestar, og endringar i klimagassutslepp. Litteratur og regional analyse. 173 s. |
| Nr. 1/2011 | Erstad, K.-J. (red.). Filtramar – eigenskapar for fosforabsorpsjon og reinsing av avløpsvatn. 68 s. |
| Nr. 2/2011 | Erstad, K.-J. BSI Service – Miljøtekniske grunnundersøkingar i utbyggingsområde på Haus, Osterøy. 47 s. |
| Nr. 3/2011 | Erstad, K.-J. Betong Vest – Miljøaspekt ved betonggjenvinning på bedriftsområde, Flesland, Bergen. 40 s. |
| Nr. 4/2011 | Erstad, K.-J. (ed.). Filtramar – properties for phosphorus absorption and cleaning of waste water. 68 p. |
| Nr. 1/2012 | Erstad, K.-J. & A. Rex. Short-term reactivity of burnt dolomite from SMA Mineral AS, Mo i Rana, Norway. 25 p. |

- Nr. 2/2012 Erstad, K.-J., N. Y. Konovalov, A. Erstad-van der Vlugt, T. Buseth & K. Helgøy . Solarite as lime fertilizer to grow bags in greenhouse – cucumber yields and chemical effects. 76 p.
- Nr. 3/2012 Erstad, K.-J. Skjelsand – bruksområde og verdi for næringslivet. 55 s.
- Nr. 4/2012 Erstad, K.-J. Kalkingsmål for korn og gras (*Poaceae*). 81 s.

RÅDGIVANDE AGRONOMAR AS

Consultative agronomists

N-6964 Korssund (i Sunnfjord)

Tel./fax: 57 73 77 90/91 (kontor)

Tel/fax: 57 73 77 50/51 (privat)

e-mail: firma@raadgivande-agronomar.no

<http://www.raadgivande-agronomar.no>

Økt norsk kornproduksjon

Utfordringer og tiltak

Rapport fra ekspertgruppe



Forord

Ett av de viktige målene i Regjeringens "Velkommen til bords" er å øke matproduksjonen innen basisproduksjoner i jord og hagebruk i takt med befolkningsøkningen. Dette vil for mange produksjoner innebære en samlet produksjonsøkning på rundt 20 % de neste 20 årene, forutsatt ingen vesentlige endringer i forbruksmønstre. Produksjon av korn er en av bærebjelkene i norsk landbruk og av avgjørende betydning for en nasjonal matforsyning og matvareberedskap. Økt kornproduksjon er slik sett avgjørende for å nå målsettingene slik de framkommer i Landbruksmeldingen. Dette er bakgrunnen for at Landbruks- og matminister Trygve Magnus Slagsvold Vedum i september 2012 etablerte en ekspertgruppe med formål å gi anbefalinger om tiltak for økt norsk kornproduksjon.

Det er mange forhold som direkte og indirekte påvirker avlingsutvikling og produksjonsmengde av korn. Ekspertgruppen har drøftet disse på bred basis, blant annet med bakgrunn i dokumentasjon og faktagrunnlag framskaffet fra SLF, Produsentregisteret, Skog og landskap, og Fylkesmannens Landbruksavdeling i relevante fylker. Viktig bakgrunnsmateriale er i tillegg hentet fra Bioforsk Rapport 8 (14) 2013. Rapporten er et resultat av prosjektet «Økt norsk kornproduksjon» som er finansiert av Yara Norge, Norgesfôr/Strand Unikorn, Fiskå Mølle, Felleskjøpet Agri og Norske Felleskjøp. Ekspertgruppen vil takke kornbransjen for viktig bistand i arbeidet.

Denne rapporten presenterer ekspertgruppens vurderinger og anbefalinger av tiltak som kan bidra til at norsk kornproduksjon i 2030 er 20 % større enn i dag.

Ekspertgruppen takker for oppdraget og håper at vår rapport kan være ett av flere nødvendige bidrag til målet om økt norsk kornproduksjon.

Ås, 1. februar 2013

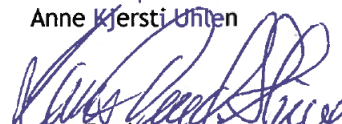

Nils Vagstad (leder)

 
Unni Abrahamsen Einar Strand


Anne Kjersti Uhlen


Hans Jacob Lund


Anders Rognlien


Lars Fredrik Stuve


Elin Marie H. Stabbetorp


Kjell Mangerud


Harald Solberg



Oppsummering av utvalgets arbeid

Målet om 20 % økt norsk kornproduksjon er svært krevende, og lar seg ikke realisere uten en markant og langsiktig innsats med et bredt spekter av tiltak og virkemidler. Skal målet nås må derfor økt produksjon av korn ha et hovedfokus innenfor hele verdikjeden, inkludert forskning, rådgivning og offentlig forvaltning. Virkemiddelapparatet må utformes slik at det stimulerer til økt produksjon og høy produktkvalitet. Det er likevel viktig å slå fast at fundamentet for å oppnå økt kornproduksjon er dyktige og motiverte bønder med framtidstro, og en forsvarlig lønnsomhet i produksjonen.

Ekspertgruppen har avgrenset sin vurdering til i all hovedsak forhold som kan bidra til å øke norsk kornproduksjon. Vi oppsummerer her hovedtrekkene i ekspertgruppens anbefalinger. De er behandlet i detalj i kapittel 3.

Kornproduksjonen må sikres tilstrekkelige arealer

Det har vært en betydelig nedgang i samlet kornareal i Norge de siste 20 årene. Ekspertgruppen anser det som svært vanskelig å oppnå 20 % økt produksjon i 2030 selv om kornarealet opprettholdes på dagens nivå. Derfor må kornarealet økes, og jordvernet for areal egnet til kornproduksjon ytterligere styrkes. Langsiktige beredskapshensyn må tillegges større vekt. Langsiktige nasjonale og regionale perspektiver må være førende for jordvernet framfor lokale, kortsiktige næringsinteresser. Samtidig må virkemidlene tilpasses både for å begrense overgangen til grasproduksjon på produktive kornarealer og for å unngå at arealer går ut av produksjon. 20 % av kornproduksjonen foregår i dag på småarealer mindre enn 20 dekar. Et stadig større areal vil bli holdt i drift av færre utøvere, og det er derfor nødvendig med gode insentiver for å opprettholde kornproduksjon også på disse småarealene. Finansielle insitamenter for nydyrking bør etableres.

Arealproduktiviteten må økes - bærekraftig intensivering er nødvendig

Arealproduktiviteten har stagnert de siste årene, og må igjen økes om en skal nå målet om 20 % økt produksjon. Bedret lønnsomhet i kornproduksjonen er avgjørende. Det er samtidig svært viktig med insitamenter som kan sikre produktivets- og kvalitetsfremmende investeringer kombinert med tilskuddsordninger som stimulerer til høy produksjon. I den sammenheng er omfanget av leiejord en særlig utfordring. Drenering er et svært viktig område der investeringene må økes. Dette vil gi avlingsøkning og redusert miljøbelastning. Jordpakking er en økende utfordring som krever betydelig økt oppmerksomhet blant produsenter og rådgivere. Tilgang på gode kornsorter er viktig for å møte utfordringene. Derfor bør de norske foredlingsprogrammene styrkes parallelt med økt omfang av praktisk veiledningsorientert utprøving av ulike sorter. Det er også nødvendig med økt kvalitetsfokus, blant annet for å ivareta brukerspesifikke behov. Planterverntiltak må tillegges større vekt både blant korndyrkerne og i rådgivningstjenesten. Det er et betydelig potensial i bedre presisjon innen plantervern, gjødsling og kalking. Moderne teknologi og bedre praktiske beslutningsstøttesystemer må derfor få økt fokus, og er avgjørende i en antatt fremtidig struktur med større og svært geografisk oppdelte driftsenheter. Økologisk kornproduksjon vil kunne medføre betydelig avlingsnedgang og må derfor effektiviseres og kanaliseres til driftsenheter med tilstrekkelig næringsstoffer for å opprettholde en akseptabel arealproduktivitet. Ulike miljøordninger som RMP og SMIL må innrettes slik at de også ivaretar produktivitetshensyn og så langt mulig unngår avlingsbegrensende tiltak.

Kunnskap og driftsledelse - avgjørende for økt produksjon

Kunnskap og høy kompetanse innen agronomi og driftsteknikk blir avgjørende for å møte framtidige utfordringer, samtidig som organisering og driftsledelse blir mer viktig i den strukturen som antas å ville prege norsk kornproduksjon framover. Det er derfor nødvendig med økt fokus på kunnskapsutvikling, kunnskapsformidling og innovasjon. Kunnskapskjeden fra forskning til bonde må samordnes bedre og tydeligere innrettes mot det som er kritiske kunnskapsbehov. Samtidig er det nødvendig å sikre god kommunikasjon innad blant de ulike aktørene i kornbransjen. Landbruksteknikk, teknologisk innovasjon, driftsøkonomi og driftsledelse, der agronomisk kunnskap ligger som et fundament, må vektlegges sterkere innen forskning og utdanning så vel som i rådgivingen.

Særskilte tiltak for oppfølging

Ekspertgruppen vil spesielt peke på følgende:

- *Det konstateres at ulike forhold knyttet til leiejord kan ha store konsekvenser for produksjonsomfang og produksjonsmåter. Tematikken er svært krevende, og anses dessuten å være på siden av gruppens mandat. Det foreslås derfor at det settes ned en ny arbeidsgruppe for å gå gjennom leiejordsproblematikken, herunder de juridiske og økonomiske forhold knyttet til dette, med sikte på å sikre ordninger som bidrar til å fremme høy produktivitet og økt produksjon på alle arealer.*
- *Det er vanskelig å unngå at noe dyrket jord blir omdisponert for utbygging og infrastruktur i pressområder. For å ivareta den langsiktige beredskapsmessige verdien av matjord samt å motivere utbygger for å søke alternative løsninger foreslås utredet muligheten for å etablere et JORDFOND. Kapitalen i fondet bygges opp med basis i en avgift, f.eks. på 100 000 kroner, pr dekar omdisponert kornareal i tillegg til erstatning til eier. Fondet disponeres for framtidige investeringer i nydyrking og nødvendig arealinfrastruktur.*

Ekspertgruppens mandat og sammensetning

Ekspertgruppens mandat er beskrevet i notat av 27.8.2012:

"Det nedsettes en ekspertgruppe som skal gi Statsråden anbefalinger om hvilke tiltak som kan vurderes for å øke norsk kornproduksjon.

Hovedoppdraget knytter seg til agronomiske spørsmål; bedre agronomi/produksjonsteknikk hos bonden, forskning, formidling, implementering, sortsutvikling inkl. bioteknologi, og kunnskapssystemer (bl.a. samhandling mellom aktørene). Gruppen kan også se på andre spørsmål av særlig betydning".

Ekspertgruppen har følgende sammensetning:

- Unni Abrahamsen (Bioforsk)
- Nils Vagstad (Bioforsk)
- Einar Strand (NLR/Bioforsk)
- Anne Kjersti Uhlen (UMB)
- Hans Jacob Lund (Graminor)
- Anders Rognlien (YARA)
- Lars Fredrik Stuve (Norske Felleskjøp)
- Elin Marie H. Stabbetorp (Norges Bondelag)
- Kjell Mangerud (tidligere HiHm)
- Harald Solberg (NLR)

Nils Vagstad har vært ekspertgruppens leder, med Einar Strand som sekretær.





Innhold

Forord.....	1
Oppsummering av utvalgets arbeid.....	4
Ekspertgruppens mandat og sammensetning	6
Innhold.....	7
1. Innledning	8
2. Globale utviklingstrekk.....	9
3. Tiltak og virkemidler for økt norsk kornproduksjon.....	10
3.1. Arealer og infrastruktur	11
3.1.1 De små arealene må også tas vare på	12
3.1.2 Styrket jordvern.....	12
3.1.3 Nydyrking blir nødvendig	13
3.1.4 Korn på arealer egnet for kornproduksjon	13
3.1.5 Leiejord - tiltak for økt produktivitet	14
3.1.6 Drenering må prioriteres	15
3.1.7 Vanning - en reserve i tørre vekstsesonger.....	16
3.2. Dyrkingstekniske tiltak som vil øke avlingene	16
3.2.1 Unngå skader på grunn av jordpakking.....	17
3.2.2 Vekstskifte er viktig	17
3.2.3 Økt presisjon i agronomiske tiltak	17
3.2.4 Forsterket fokus på driftsledelse og mekaniseringslinjer.....	20
3.3 Sorter, sortsvalg og kvalitet.....	21
3.3.1 Bredere og mer avansert foredling	21
3.3.2 Forsterket sortsprøving	21
3.3.3 Tilstrekkelig tilgang på norskprodusert såkorn	21
3.3.4 Optimal utnytting av kornavlinga	22
3.4 Kunnskap og kompetanseutvikling	23
3.4.1 Utvidet fag- og etterutdanning	23
3.4.2 Høyere utdanning innen agronomi	23
3.4.3 Forskning og utvikling	24
3.4.4. Rådgivning og kunnskapsformidling.....	24
3.5 Rammevilkår	26
3.5.1 Lønnsomhetsforhold i kornproduksjonen	26
3.5.3 Ordninger mot utvikling av resistens mot plantevernmidler	28
3.5.4 Regionale miljøprogram (RMP) må inkludere produktivitetshensyn	28
3.5.5 Økologisk produksjon må effektiviseres	29
Appendix	30
4. Status i norsk kornproduksjon.....	30
4.1 Arealutvikling	30
4.2 Avlingsutvikling.....	31
4.3 Nasjonal dekningsgrad - korn til mat og fôr	33
4.4 Strukturen i norsk kornproduksjon	33
4.5 Leiejord i kornproduksjonen	34
4.6 Arronderingsmessige forhold	36
4.7 Klima og klimaendringer	37
4.8 Politiske føringer og virkemidler	37
4.8.1 Regionale miljøprogram	37
4.8.2 15 % økologisk produksjon og forbruk	37
4.9 Økonomien i kornproduksjonen.....	38

Alle foto Bioforsk

1. Innledning

Melding til Stortinget nr. 9 (2011-12), Velkommen til bords, har en tydelig ambisjon om at matproduksjonen i Norge skal øke i takt med befolkningsveksten og det framtidige behovet i nasjonal matforsyning. Et av områdene som i den sammenheng framstår som kritisk er kornproduksjonen, der en har hatt en nedgang i total produksjonsmengde gjennom de siste 20 årene. Som en konsekvens importerte Norge i 2012 mer råvarer til fôr og mat enn vi produserte selv.

Alt tyder på en rask utvikling i retning av økt ustabilitet og uforutsigbarhet i global matforsyning, ikke minst sett i lys av prognosene som tilsier 50-70 % økt matbehov de neste 25-30 årene. Dette vil også kunne ha ringvirkninger i Norge.

Korn er en bærebjelke for matsikkerheten i alle land, også i Norge. Økt norsk kornproduksjon er derfor av svært stor betydning sett i forhold til en nasjonal matsikkerhetsstrategi. Kornproduksjon, som andre produksjoner, er imidlertid i kontinuerlig endring. Det skjer en rivende teknologisk utvikling parallelt med store endringer i driftsstruktur og nye miljøkrav. Dette vil ha direkte innvirkning på agronomisk praksis. Drifts- og eierstrukturen er fortsatt variert, men det er grunn til å tro at med 2030 som tidshorisont vil en større andel av kornarealet bli drevet av et stadig mindre antall yrkesutøvere. Disse perspektivene må nødvendigvis reflekteres i aktuelle tiltak og virkemidler.

Bærekraftig utvikling av norsk kornproduksjon forutsetter økonomiske rammevilkår som gjør produktivtets- og kvalitetsfremmende investeringer attraktive. I den sammenheng er det en betydelig utfordring at produktpris og markedet/samfunnets betalingsvilje på mange områder ikke gir tilstrekkelige rammer for formålstjenlige investeringer dersom normale forretningsmessige kriterier legges til grunn. Den fundamentale årsaken til dette er sjølsagt at investerings- og driftssiden i kornproduksjonen er betinget et norsk lønns- og kostnadsnivå, mens produktpris og samfunnets betalingsvillighet i økende grad dras mot et internasjonalt prisnivå. Denne situasjonen er svært krevende å håndtere så vel økonomisk som politisk, og er trolig ikke løsbart så fremt ikke nasjonal kornproduksjon i enda større grad settes i et samfunnsmessig sikkerhets- og beredskapsperspektiv.

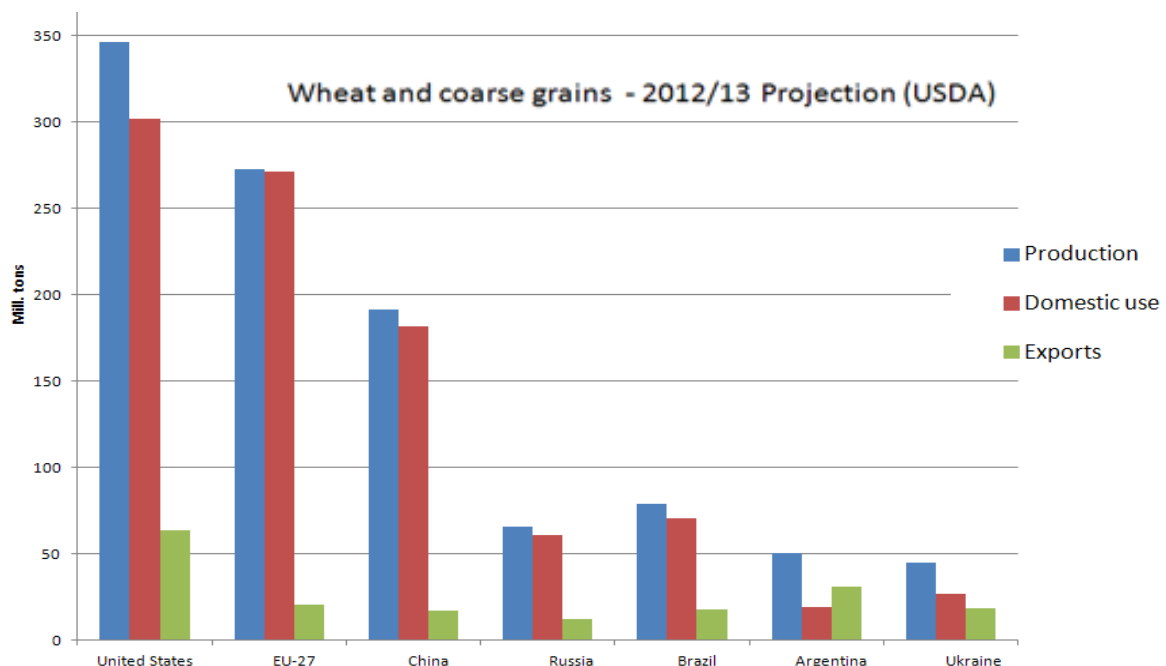
Årsakene til den reduserte norske kornproduksjonen er komplekse, og ikke noe enkelttiltak eller virkemiddel vil alene være tilstrekkelig for å snu utviklingen. Ekspertgruppen vil likevel peke på to viktige faktorer, svak lønnsomhet og at forskning, undervisning, rådgiving og forvaltning de siste årene har prioritert andre spørsmål framfor avlingsframgang. Skal utviklingen snus er det derfor nødvendig med et samla krafttak fra alle involverte. Dette ansvaret hviler både på landbrukets egne ledere, så vel som ledere i forvaltningen og politisk valgte representanter, - og på ulike aktører i kunnskapskjeden. Fundamentet for det hele er likevel dyktige og motiverte bønder med yrkesstolthet, som gjennom sin innsats vil bidra til nasjonal matsikkerhet gjennom økt kornproduksjon.

Multifunksjonalitet er en sentral ramme for norsk landbruk. Det innebærer at landbruket og landbrukspolitikken skal ivareta mange hensyn innad i landbruket, i tillegg til en rekke funksjoner/mål/oppgaver i samfunnet utover det i seg sjøl å produsere mat. I den sammenheng presiseres det at ekspertgruppen for økt norsk kornproduksjon i det alt vesentlige drøfter forhold vi mener kan bidra til at norsk kornproduksjon er 20 % høyere i 2030 enn i 2010, uten hensyntagen til andre viktige spørsmål i norsk landbruk.

2. Globale utviklingstrekk

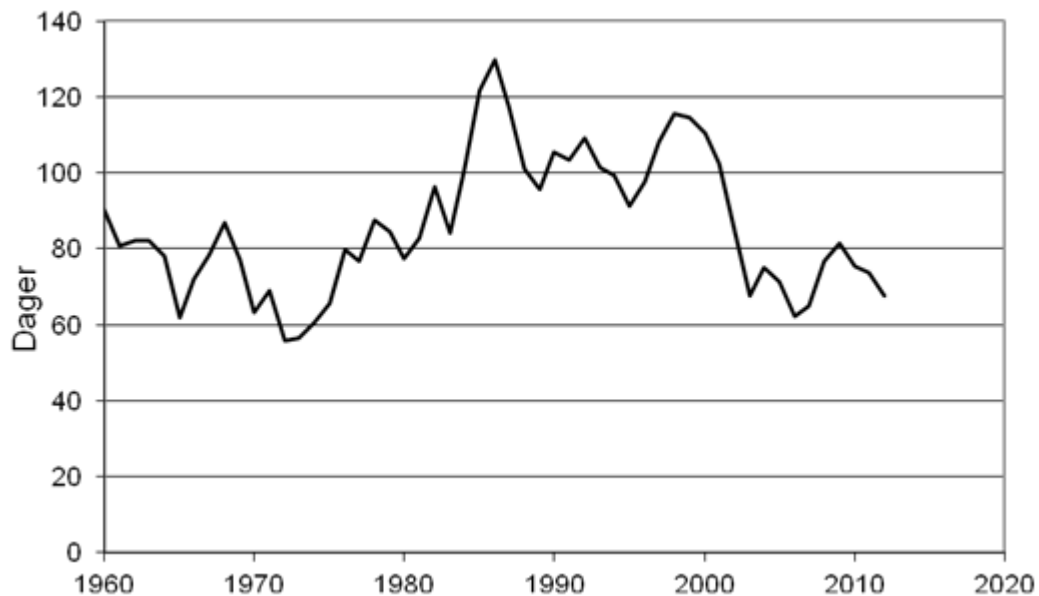
Rammevilkårene for nasjonal matsikkerhet og matproduksjon vil i økende grad være påvirket av globale utviklingstrekk. Mye tyder på en framtid preget av mer ustabilitet og mindre forutsigbarhet. Det er derfor vanskelig å drøfte behovet for norsk kornproduksjon uten samtidig å understreke utfordringene som vi står ovenfor globalt:

- Befolkningsøkningen - verdens befolkning vil øke til 9 milliarder i 2050. I Afrika, sør for Sahara, forventer man alene at befolkningsøkningen de neste 12 årene vil utgjøre en milliard mennesker. Dette tilsvarer 2000 nye byer på størrelse med Oslo, hvor befolkningen må ha tilgang på mat.
- Økonomisk vekst - i 2030 forventer man at 5 milliarder mennesker vil befinne seg i middelklassen, og at disse menneskene vil etterspørre mer kjøtt enn tidligere. Dette vil ha dramatiske konsekvenser for verdens samlede behov for fôrvarer.
- Verdens landbruksareal - ifølge FNs matvareorganisasjon FAO er verdens landbruksareal 153 milliarder hektar. Dette utgjør 12 % av jordas fastlandsareal. Problemet framover er at det er lite areal igjen som kan dyrkes opp. Skal nytt land under ploegen, innebærer dette tap av viktige naturområder som regnskog, savanner og våtmarksområder. I dag skjer 75 % av økningen i verdens dyrkede areal gjennom avskoging.
- Økende konkurranse om vann - i 2050 anslår man at over 50 % av jordas befolkning vil mangle tilstrekkelig tilgang på vann. Vannmangel vil derfor i økende grad legge føringer på produksjon av landbruksprodukter. Import av korn til Norge kan bli vanskeligere hvis vannforsyningen svikter i viktige kornområder.
- Klimaforandring - FNs klimapanel IPCC (2012) spår at ekstreme vær-situasjoner som inntil nå har skjedd hvert 20 år, på slutten av dette århundret vil inntreffe hvert eller hvert annet år. I 2012 opplevde Midt - Vesten i USA dramatisk tørke, og året før var det tørke og branner i Russland. Hvis vi opplever kraftig tørke i flere av verdens kornkamre samtidig, vil verden raskt befinne seg i akutte problemer i forhold til matforsyningen.
- Internasjonal kornhandel - Figur 2.1 viser hvor sårbar verdens kornhandel er. Det er bare et lite kornoverskudd i noen sentrale kornområder som faktisk når frem til de globale markedene, mens mesteparten av konsumet skjer innenlands.



Figur 2.1. Det er i gjennomsnitt for de 7 største kornproduserende nasjonene kun 22 % av kornavlinga som er gjenstand for handel over landegrensene. Kilde: USDA/Earth Policy Institute.

Verden har i realiteten forbrukt mer mat enn den totale globale matproduksjonen i 6 av de siste 11 årene. Resultatet er at verdens kornlagre synker (figur 2.2). Av verdens totale kornproduksjon er det kun 14 % som handles over landegrensene.



Figur 2.2. Utviklingen av verdens kornreserver 1960 -2011 uttrykt i antall dagers forbruk. Kilde: USDA/Earth Policy Institute.

Utviklingen peker i én retning. Verden må produsere vesentlig mer mat enn tidligere. Behovet for økt matproduksjon i global målestokk blir ekstremt krevende, og utfordringen blir ikke mindre ved at det anslås at 120 millioner dekar landbruksjord går tapt hvert år. Dette globale perspektivet er nødvendig som et omriss også i diskusjonen rundt norsk matproduksjon.

For mer informasjon om status i norsk kornproduksjon, se Appendix bakerst i innstillingen.



3. Tiltak og virkemidler for økt norsk kornproduksjon

I utgangspunktet finnes det kun to måter å øke norsk kornproduksjon på; (i) økt areal og (ii) økt produktivitet målt som kg avling pr. arealenhet, eller en kombinasjon av disse. Alle forhold som bidrar til redusert tilgang på areal, eller som medfører redusert arealproduktivitet vil følgelig være en betydelig utfordring i forhold til det overordna målet om økt kornproduksjon. Et tredje forhold er også av betydning, nemlig riktig kvalitet som kan bidra til at en størst mulig del av produsert avling kan utnyttes optimalt i forhold til behov og etterspørsel i markedet.

En 20 % produksjonsøkning innen 2030 slik det er beskrevet i Regjeringens «Velkommen til bords» betyr for korn en merproduksjon på om lag 265.000 tonn sammenlignet med normalårsavlingen¹ i 2012 på 1 130 000 tonn. Dette tilsvarer en avlingsøkning på i underkant av 90 kg/daa (forutsatt uendret produksjonsareal) eller alternativt en arealøkning på nærmere 800 000 daa ved stagnasjon i avlingsutvikling på eksisterende areal. Potensialet for anvendelse av norsk korn er imidlertid vesentlig større dersom en igjen øker andelen norsk korn til mat og fôr til det som er industriens behov.

Det er rammevilkår og virkemidler som avgjør i hvilken form og hvilket omfang ulike tiltak gjennomføres. Det er således ikke noe skarpt skille mellom tiltak og virkemidler. Dette vil også prege de vurderingene og anbefalingene som gis av ekspertgruppen.



¹ Normalårsavlingen er beregnet som et gjennomsnitt for avlingen de siste 5 årene

3.1. Arealer og infrastruktur

I det følgende beskrives aktuelle tiltak av mer langsiktig karakter som kan bidra til å opprettholde produksjonspotensialet.

3.1.1 De små arealene må også tas vare på

Om lag 600 000 dekar av kornarealet ligger på skifter (jorder, teiger) under 20 dekar. Små skifter gir i gjennomsnitt mindre avling per arealenhet på grunn av redusert avling langs kanter og på vendeteiger. Småskiftene er ofte utsatt for gjengroing av kantvegetasjon. Små skifter er tid- og kostnadskrevende å drive, spesielt dersom avstand til driftssenter er stor. Det er slik sett betydelige driftsulempere allerede i dag i forhold til det å holde viktige deler av kornarealet i drift. Dette må sees i lys av at i 2012 var 44 % av kornarealet drevet på driftsenheter over 500 dekar. Det er all grunn til å tro at en stadig større del av arealet vil bli holdt i drift av et færre antall produsenter, og at en med 2030 som tidshorisont vil ha et økende antall enheter med areal over 1000 dekar. Disse enhetene driver og vil måtte drive et stort antall skifter og en stor andel leiejord.

Insitammenter for å drive små arealer, samt muligheter for arronderingsmessige forbedringer (endringer i størrelse og form), er derfor nødvendig for å unngå at de går ut av produksjon.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det må gjennomføres arronderingsdyrking der det er hensiktsmessig. Forvaltningsmessige hindre for å kunne foreta arronderingsdyrking må fjernes
- Det gis anledning til å bruke RMP² og SMIL³ til vedlikehold av hydrotekniske anlegg, samt til støtte for arronderingsdyrking der det er hensiktsmessig.
- Det anbefales at økonomiske virkemidler tas i bruk for å hindre at små skifter går ut av produksjon. Areal og kulturlandskapstilskuddet på skifter mindre enn 20 daa bør økes der arronderingsdyrking ikke kan gjennomføres.

3.1.2 Styrt jordvern

Om lag 57 300 dekar dyrkajord er i perioden 2005 - 2011 omdisponert til ulike utbyggingsformål. Av disse lå 25 800 dekar i de 8 viktigste kornfylkene. Stort utbyggingsbehov rundt mange byer og tettsteder i de mest produktive jordbruksområdene gir grunn til å anta at nedbyggingspresset på kornarealene vil tilta framover. En fortsatt irreversibel avgang av kornarealer vil gjøre produksjonsmålet vanskeligere å oppnå så fremt ikke erstatningsarealer framskaffes.

Grunnlag for jordvernet må i sterkere grad knyttes opp mot nasjonal matsikkerhet, og i mindre grad mot lokalpolitiske hensyn. En avgjørende forutsetning er at økonomisk verdifastsettelse av kornarealer fundamenteres i et langsiktig beredskapshensyn og ikke i et kortsiktig forretnings- eller næringsmessig hensyn basert på dagens kornøkonomi. Dette betyr at beredskapshensyn i forhold til matsikkerhet i sterkere grad enn i dag må integreres i arealplanleggingen for by- og tettstedsutvikling. De geografiske rammene bør i større grad være regionale og ikke kommunale.

Ekspertgruppen erkjenner likevel at i noen tilfeller vil de overordna samfunnsinteressene være så sterke at varig omdisponering ikke er til å unngå. I slike tilfeller bør det imidlertid etableres erstatningsarealer.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Jordvernhensyn må prioriteres sterkere i fylkes- og kommuneplaner og integreres tydeligere i all by og tettstedplanlegging
- Jordvernet knyttes i sterkere grad enn i dag opp mot beredskapshensyn, arealenes produksjonspotensial og et regionalt perspektiv i arealplanleggingen
- Areal egnet for matkornproduksjon må gis særskilt vern

² Regionalt Miljøprogram

³ Spesielle miljøtiltak i jordbruket

- Etablering av nye kornarealer ved flytting av matjord må skje på arealer som ellers ikke er dyrkbare
- Ved omdisponering av dyrka arealer til andre formål enn landbruk må det kreves at det etableres nytt areal på minst 2 ganger omdisponert areal.

Ekspertgruppen anbefaler videre at det utredes å etablere et «Jordfond», basert på innkreving av en avgift ved omdisponering av dyrket og dyrkbar mark. Formålet med avgiften er å ivareta den langsiktige beredskapsmessige verdien av matjord, og motivere utbyggere til å søke alternative utbyggingsarealer. Avgiften foreslås satt til kr 100 000 pr dekar i tillegg til erstatning eieren skal ha for arealet. Fondet kan disponeres for avbøtende tiltak i form av nydyrking, hydrotekniske anlegg mm for å opprettholde produksjonsvolum og nasjonal matvareberedskap.

3.1.3 Nydyrking blir nødvendig

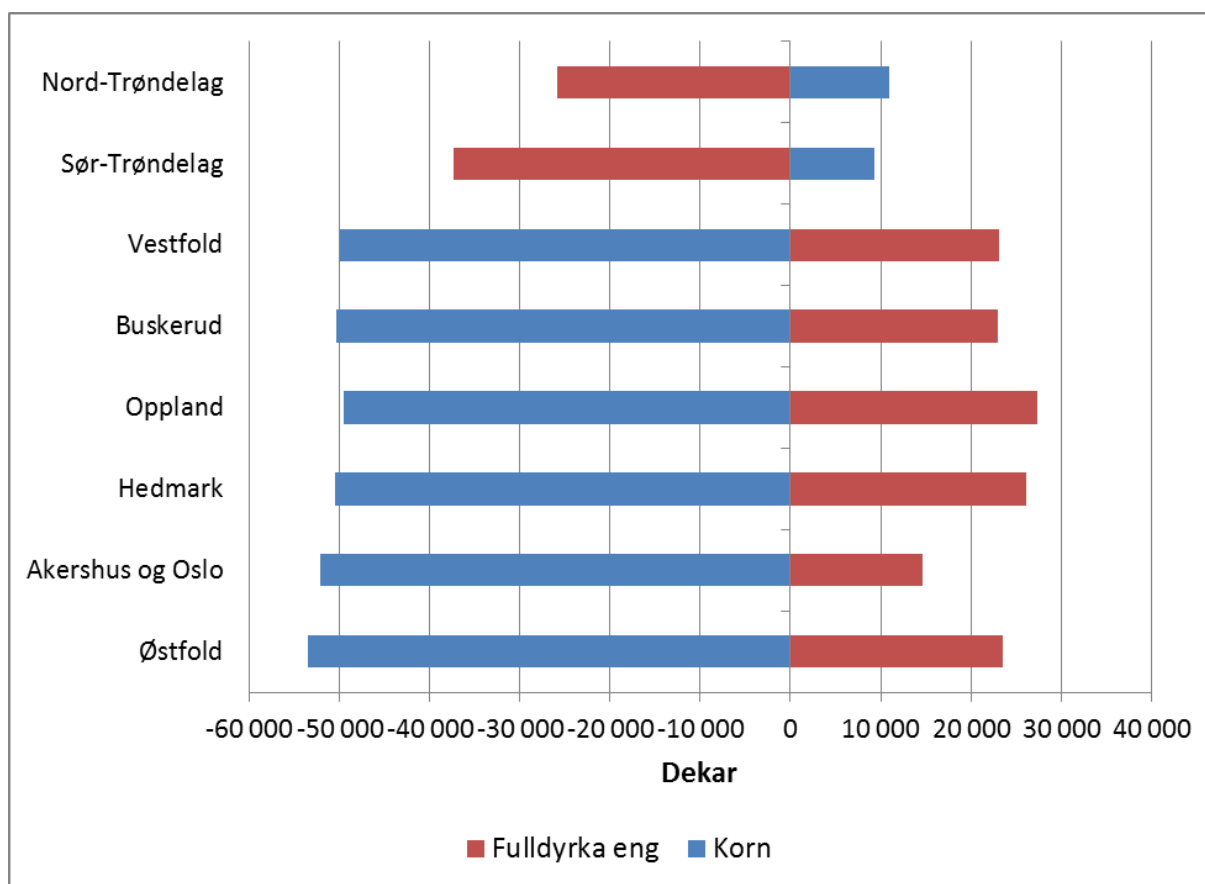
Ekspertgruppen konstaterer at det blir særdeles krevende å nå det oppsatte målet utelukkende gjennom øking i arealproduktiviteten. Det vil derfor være nødvendig å øke kornarealet. Ekspertgruppen slår fast at det i de fleste tilfeller i dag ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt å nydyrke til kornproduksjon. Selv om de største arealene som er egnet for nydyrking ligger utenfor de sentrale kornområdene, er det i følge tall fra Norsk institutt for skog og landskap også dyrkbare arealer i kornområdene. Ekspertgruppen vil presisere at det er avgjørende at eksisterende kornarealer opprettholdes fordi produktiviteten er betydelig høyere på eksisterende areal fremfor nydyrkingsarealer. Nydyrking vil i stor grad måtte skje ved avskoging eller oppdyrking av myr, noe som har uheldige klimamessige konsekvenser. I tillegg er kostnadene ved nydyrking svært høye, spesielt på steinrike arealer. En ekstra kostnad ved nydyrking er kravet om arkeologiske undersøkelser.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det innføres et tilskudd til nydyrking på minst 30 % av kostnadsoverslaget. Et framtidig jordfond vil kunne bidra til finansiering av denne ordningen.
- Pålagte arkeologiske undersøkelser i forbindelse med nydyrking må bekostes av det offentlige
- Det er behov for en detaljert kartlegging av arealer for nydyrking som er egnet til kornproduksjon

3.1.4 Korn på arealer egnet for kornproduksjon

Grasarealet i kornfylkene på Østlandet har økt (figur 3.1.4). Et betydelig areal som det har vært dyrket korn på er gjennom de siste årene lagt om til grasproduksjon. I mange tilfeller dreier det seg om gras for salg, enten til storfe eller hest. Antall hester i Norge har økt sterkt, og er nå over 120 000. Disse spiser grovfôr/ høy fra ca. 400.000 dekar. Mye av den innenlandske høyproduksjonen foregår i korndistriktene. Produksjonen av fôr til hest gir i dag i mange tilfeller bedre økonomi enn kornproduksjonen på samme areal.



Figur 3.1.4 Endring i fordelingen mellom kornareal og fulldyrka eng i perioden 2000-2012. Kilde: SSB.

Figuren viser at kornarealet på Østlandet i perioden 2000 - 2012 har blitt redusert med om lag 50 000 dekar i hvert av fylkene. Grasarealet på Østlandet har i samme periode for de fleste fylkene økt med mellom 20 000 og 25 000 da. I Trøndelag har utviklingen gått i motsatt retning.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Satsene for areal og kulturlandskapstillegget for korn i sone 1 bør harmoniseres med dagens satser i sone 3, mens satsene i dagens sone 3 bør harmoniseres med dagens nivå i sone 4. Erfaringene fra Trøndelag viser at det da vil bli lettere å opprettholde kornarealet

3.1.5 Leiejord - tiltak for økt produktivitet

I dag er over 40 % av arealene leid i de sentrale korndistriktene (SSB 2010). Det er grunn til å anta at andelen vil øke ytterligere fram mot 2030. Det er viktig at de som holder store og spredte arealer i drift har tilstrekkelig med insitamenter til produktivitetsfremmende investeringer, og at jordkvalitet ivaretas på en god måte. Ved jordleie kan dette være en utfordring. Det er derfor nødvendig at leiekontraktene plasserer ansvar for ivaretagelse av jordkvalitet (kalking, drenering, arronderingsdyrking etc.), samtidig som juridiske og økonomiske forhold mellom utleier og leietager ikke forårsaker dårlig utnyttelse av arealenes reelle produksjonspotensial. Ekspertgruppen erkjenner at dette er svært sentrale og kompliserte spørsmål av stor betydning for den framtidige kornproduksjonen i Norge, men at en videre gjennomgang ligger utenfor ekspertgruppens mandat.

Ekspertgruppen anbefaler:

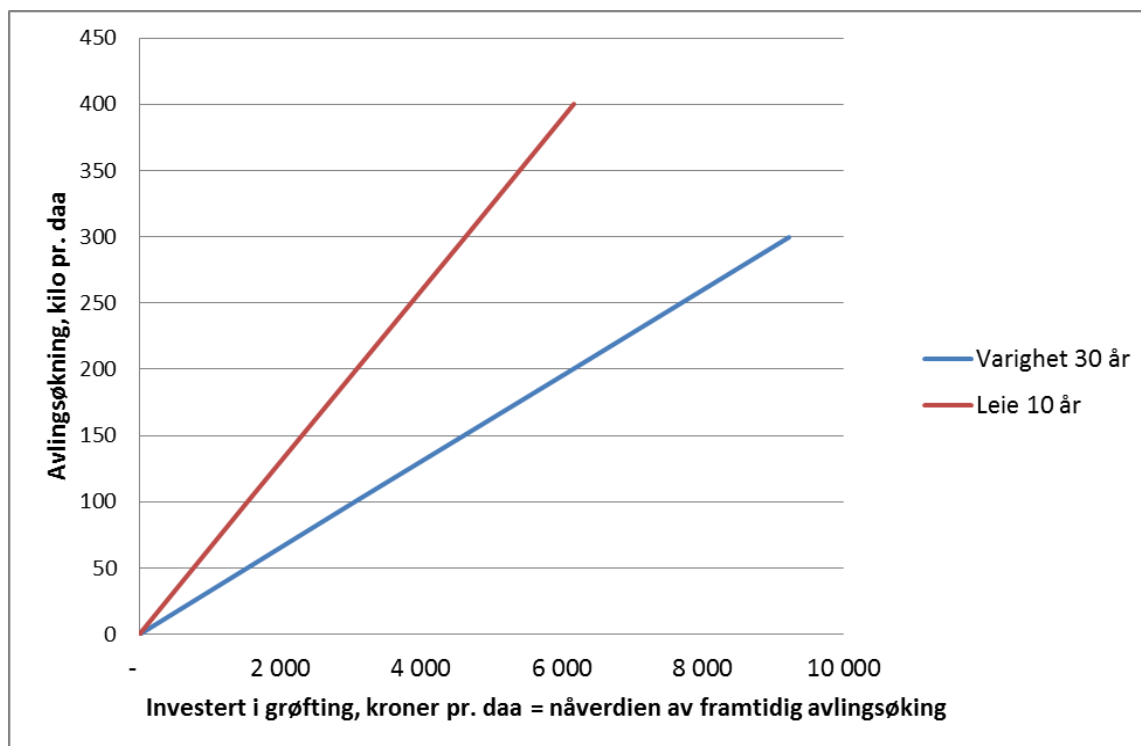
- Leiekontraktene må regulere ansvar for ivaretagelse av jordkvaliteten og andre forhold av stor betydning for arealenes produktivitet
- LMD oppretter et utvalg for en gjennomgang av de juridiske og økonomiske forhold relatert til leiejord. Siktemålet må være å legge til rette for produktivitetsfremmende investeringer og tiltak på disse arealene. Se for øvrig 3.5.1 og 3.5.2.2.

3.1.6 Drenering må prioriteres

Landbrukstellingen fra 2010 viser et grøftebehov på ca. 800 000 dekar totalt for norsk landbruk. I 2011 utførte Agri Analyse (Landbrukets utredningskontor) en spørreundersøkelse blant 1000 kornprodusenter. Oppskalert viser denne et dreneringsbehov på kornarealet på minimum 450 000 dekar i kornområdene. Undersøkelsen viser også at 28 % av kornarealet ble drenert mellom 1970 og 1980. En regner en gjennomsnittlig levetid på dreneringssystemer på 30 år. Dreneringsbehovet i kornproduksjonen vil derfor med all sannsynlighet øke kraftig fremover.

Kostnadene ved drenering er høye. I områder med lite stein ligger kostnadene pr. dekar på om lag 4000 kr (bruk av Rådahlshjul). Kostnadene er to til tre ganger så høye dersom dreneringsarbeidet må utføres med gravemaskin.

Med en investering på kr 4000 trengs det en meravling på ca. 130 kg per dekar for å dekke grøftekostnadene når grøftene har en varighet på 30 år og rentekravet er på 5 %. Det tilsvarer en avlingsøkning på ca. 35 % og dette ligger langt over det en kan forvente i gjennomsnitt. Med 1000 kr i tilskudd vil behovet for meravling reduseres til 100 kg per dekar. Dette betyr at kun "bløthullene" er lønnsomme å drenere uten støtte. Ekspertgruppen mener det er betydelige arealer hvor dårlig drenering er årsaken til at avlingspotensialet ikke tas ut fordi det ikke har vært bedriftsøkonomisk lønnsomt å drenere. Ekspertgruppen vil derfor peke på at dreneringsbehovet i kornproduksjonen er betydelig, både på eid og leid areal. Dersom en skal drenere leid jord med en 10-års leieavtale, vil kravet til avlingsøkning være betydelig høyere (figur 3.1.6).



Figur 3.1.6. Sammenhengen mellom investering i grøfting pr. dekar og nødvendig avlingsøkning for å få investeringen og rentekostnaden tilbakebetalt gjennom økt årlig korninntekt. Gjennomsnittsprisen for korn er satt til kr 2,00 pr. kg etter fratrekk av transport og tørking. Rentekrav 5 %. Det er her brukt nåverdi-beregning, for å beregne hvor mye en kan investere i dag på basis av forventede framtidig inntekter.

Bedre drenering, både på eide og leide arealer, er et viktig grunnlag for å nå målsetningen om økt kornproduksjon. Ekspertgruppen understreker at dette samtidig vil være et godt miljøtiltak.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det må gis økonomisk insitament som medfører at det blir bedriftsøkonomisk lønnsomt å drenere, for eksempel gjennom dreneringstilskudd. Størrelsen på insitamentet må stå i forhold til den reelle kostnaden, for eksempel i prosent av kostnadsoverslag

- Det må utarbeides nytt og oppdatert veiledningsmateriell for dimensjonering og utforming av grøftesystemer og hydrotekniske anlegg.

3.1.7 Vanning - en reserve i tørre vekstsesonger

Store arealer i de sentrale kornområdene har tilgang på vann. Lite har blitt vannet de senere årene på grunn av manglende lønnsomhet. Ekspertgruppen konkluderer med at en ikke bør gjøre noe på dette området i dag, men vil peke på at vanning kan øke kornavlingene i tørre år, og at dette er en reserve om det skulle bli tørrere vekstsesonger framover.



3.2. Dyrkingstekniske tiltak som vil øke avlingene

God agronomisk praksis er avgjørende for optimal utnyttelse av avlingspotensialet på eksisterende areal og med de sortene som i dag er på markedet. Dagens sortsmaterial har et høyere potensial enn hva som oppnås i dagens gjennomsnittsavlinger. God agronomisk praksis handler om å sette inn riktige tiltak til rett tid, og avhenger av den enkelte dyrker, dennes kompetanse, dyktighet og forutsetninger for å drifte sitt areal på en optimal måte. I tillegg må praktikerne ha tilgang på nødvendig rådgiving og beslutningsstøttesystemer som prognoser og varslings, evt. sensorer og lignende som kan bidra til en mer optimal utførelse av nødvendige tiltak. Den teknologiske utviklingen går svært raskt, og det er viktig at kornprodusenten inntar en offensiv holdning til mulighetene som ligger i å ta i bruk ny teknologi. Ikke minst er dette viktig tatt i betraktning den forventede driftsstrukturen i norsk kornproduksjon med 2030 som tidshorisont.

3.2.1 Unngå skader på grunn av jordpakking

Skader på jordstrukturen på grunn av jordpakking fører til avlingsnedgang, og dette har vært et økende problem de siste 10-20 årene. De to viktigste årsakene til økte pakkingskader er bruk av større og tyngre maskiner med høyt lufttrykk i dekkene, og kjøring på for fuktig jord. Pakkingskader i det øvre jordsjiktet kan ofte repareres på relativt kort sikt, mens pakkingskader i dypere jordsjikt kan være vedvarende. De underliggende årsaker til dette kan være både strukturrasjonalisering (større areal per dyrker og overgang til større maskiner), sesonger med mer nedbør, og økt bruk av redusert jordarbeiding uten pløying. Det at kornarealet består av relativt mange og små skifter forsterker dette, da vendeteigene som pakkes mest utgjør en stor andel av disse skiftene.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det må utvikles enkle anvendbare metoder til bruk for den enkelte bonde for å bestemme når jorda er tørr nok for å bearbeides og kjøres på
- Det må bevilges midler til rådgiving og rådgivningsmateriell med informasjon om hvilke skadevirkninger kjøring med tungt utstyr på fuktig jord gir, og hjelp til valg av maskiner ut fra vekt, hjulutstyr og dekktrykk. Den enkelte kornprodusent og maskin- og dekkbransjen må tilbys relevant opplæring

3.2.2 Vekstskifte er viktig

Den overveiende delen av kornet i Norge dyrkes i ensidige vekstskifter der det veksles mellom kornarter, og i noen grad med olje- og proteinvekster. Vekstskifte er et viktig sjukdomssanerende tiltak, og kan i tillegg påvirke både næringstilgang, jordstruktur og ugrassituasjonen positivt. Ett-årlige innslag av oljevekster eller proteinvekster i et ellers ensidig kornomløp har således gitt reduserte sykdomsangrep og høyere kornavlinger i etterfølgende år. Av kornartene er havre den beste forgrøden til hvete og bygg. Men store problemer med fusarium og soppgifter spesielt i havre har ført til ønske om redusert dyrking inntil man har større kunnskap om hvordan dette kan kontrolleres. Bruk av oljevekster og erter i kornomløpene kan sannsynligvis redusere angrepene av fusarium, og bør i større grad inngå i ensidige kornomløp. Vekstskifte er en viktig del av integrert plantevern.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Fortsatt høy innsats for å øke kunnskapen om tiltak som reduserer angrep av fusarium for igjen å kunne øke dyrkingen av havre som en viktig del av vekstskiftet
- Gjennom utprøving og forsøk, utvikle tiltak som øker dyrkingssikkerheten for olje- og proteinvekster, og dermed øke dyrkingen av disse vekstene i omløp med korn

3.2.3 Økt presisjon i agronomiske tiltak

Det er store variasjoner i kvaliteten av jordbruksarealene, samtidig som skiftende værforhold og sykdomspress forårsaker store svingninger i hva som er optimal dyrkingspraksis. Dagens tilnærming med forholdsvis lik behandling av store arealer fanger i for liten grad opp den reelle variasjonen i for eksempel kalkingsbehov, gjødselbehov og til en viss grad også behovet for planteverniltak. Det ligger derfor et betydelig potensial i mer presis tilpasning av de agronomiske tiltakene.

Den teknologiske utviklingen går svært raskt. Det er ikke lett å se rekkevidden av hva ny teknologi kan muliggjøre fram mot 2030, tatt i betraktning utviklingen de siste 20 årene. Samtidig er det all grunn til å tro at et stadig større areal vil bli drevet av et færre antall kornprodusenter, men der arealene fortsatt vil være svært spredd. Det er utfordrende å drive slike enheter optimalt fordi at en på disse arealene ikke har nedarvet kunnskap om jorda slik en har på egen jord. Det må derfor legges til rette for å ta i bruk ny teknologi som kan gi økt presisjon, parallelt med forsterket innsats på teknologiutvikling og utvikling av praktisk orienterte systemer for beslutningsstøtte. Teknologisk innovasjon og logistikkplanlegging må brukes mer aktivt for å kompensere for uunngåelige stordriftsulempere.

3.2.3.1. Stedfestet jordinformasjon

Ved hjelp av forskjellige typer sensorer og GPS-teknologi kan tildeling av kalk, nitrogen, fosfor, husdyrgjødsel, plantevernmidler og mikronæring utføres mer presist enn det som er vanlig med dagens praksis. Forutsetningen for å kunne utnytte denne teknologien er at opplysninger om variasjon i jordtype, næringsinnhold og lignende er koordinatfestet innenfor hvert skifte ved hjelp av GPS på forhånd. Bildeanalyse kan brukes for presisjons plantevernbruk og presis radrensing. GPS-systemer kan gi presis styring, forhindre overlapping og gjør det mulig å ta i bruk faste kjørespor for å redusere avlingstap pga. jordpakking.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det innføres krav om koordinatfestede jordprøver. Ansvar for dette tydeliggjøres i eventuelle leiekontrakter

3.2.3.2 Bedre plantehelse

Ulike skadegjørere som ugras, sopp (sjukdommer) og insekter konkurrerer med kornet om næring og vann, og fører til redusert avling og kvalitet. Det er store årlige variasjoner i hvilke skadegjørere som dominerer og hvor stor skade de gjør. Det er i mange tilfeller oppnådd store meravlinger ved riktig bruk av plantevern tiltak, f.eks. ved bekjemping av sopp. Erfaringer viser også at en del av de tiltak som settes inn er underoptimale, f. eks. på grunn av feil valg av middel og tidspunkt for behandling.

Sopp sykdommer er generelt en stor utfordring i korn, både de som overføres med frø og de som smitter på annen måte i vekstsesongen. I tillegg gir fusarium og mykotoksiner problemer med bruken av kornet. Det er avgjørende at det utvikles effektive tiltak for å sikre at innholdet av mykotoksiner i norsk korn er på et forsvarlig nivå.

En bærekraftig økning av kornavlingene krever god kunnskap om skadegjørerne og en stor presisjon i tiltakene som settes inn for å produsere høye avlinger av ønsket kvalitet. Integrert plantevern er en viktig nøkkel til en bærekraftig intensivering av norsk korndyrking. Integrert plantevern inneholder en rekke elementer slik som vekstskifte, motstandsdyktige sorter og god dyrkingsteknikk. Disse skal sammen med bruk av varsling og rådgiving redusere behovet for kjemisk bekjempelse. VIPS (Varsling Innen PlanteSkadegjørere) er et eksisterende verktøy til dette formålet, men det er behov for ytterligere utvidelse og forbedring. Bruk av sensorer for differensiert bruk av ulike typer plantevernmidler innen skifter er under utvikling, og vil kunne gi større gevinst av tiltakene, det vil si høyere avling og jevnere kvalitet. Integrert plantevern skal implementeres i EU innen 2014, og tilsvarende mål er satt i Norge.

Tilgang på plantevernmidler med ulik virkemekanisme er viktig for å hindre utvikling av resistens hos skadegjørerne og dermed svekket virkning av de tilgjengelige midlene. For brukerne må ikke en god resistensstrategi økonomisk sett være mye mer kostnadskreven enn manglende resistensstrategi ved ensidig bruk av et rimeligere middel (se for øvrig punkt 3.5.3).

Ekspertgruppen anbefaler:

- Sterkere fokus på plantevern tiltak blant korndyrkere og i rådgivingstjenesten
- Forsterket innsats for å finne tiltak mot fusarium og frambringe verktøy for å redusere risiko for fusariumsmitte og mykotoksiner i kornet
- Økt satsing på VIPS, ved videreutvikling av modeller for varsling og beslutningsstøtte for å sette inn kjemisk plantevern til riktig tid, riktig middel og riktig dose. Systemene må

tilpasses nye informasjonsplattformer som applikasjoner for smarttelefoner m.m. slik at beslutningsstøtte kan gis i åkeren

- Økt innsats på implementering og fortsatt utvikling av integrerte plantevern tiltak i korndyrkinga
- Metoder for differensiert plantevern middelbruk innen jordet (presisjonssprøyting) må videreutvikles og tilpasses mindre skifter og driftsenheter
- Sterk fokus på motstandsdyktighet mot skadegjørere i foredling og utprøving av nye sorter

3.2.3.3 Optimal pH - en forutsetning for gode avlinger

Omsetning av landbrukskalk i Norge lå på topp i årene 1979-1985 på rundt 500 000 tonn levert vare. Siden den gang har forbruket av kalk blitt redusert, og er i dagens situasjon godt under 200 000 tonn pr. år. Redusert kalkingsaktivitet gir en langsom forringelse av jordas produktivitet. Dette er uheldig fordi lav pH gir avlingsnedgang, dårlig kvalitet på avling til mat og fôr, tap av næringsstoffer og større innslag av ugras. Samtidig medfører for høy pH dårlig tilgjengelighet av og mangel på enkelte mikronæringsstoffer. Kalking påvirker jordfysiske forhold og bidrar dermed til bedre jordstruktur. God kalktilstand er også avgjørende for mikrobielt liv i jorda, og dette er avgjørende for jordas evne til å frigjøre næringsstoffer gjennom mineraliseringsprosesser. I Norge er det stor jordbunnsvariasjon og en satsing på presisjonskalking vil bidra til optimal pH over hele skiftet.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Kalkingsaktiviteten må økes for å opprettholde høyt avlingspotensial. Kalking må tillegges større vekt i den praktiske veiledningen til produsentene
- Kalkbransjen må ta i bruk utstyr som åpner for presisjonskalking på kornarealene

3.2.3.4 Optimal gjødsling - en forutsetning for gode avlinger

Forbruket av nitrogen i mineralgjødsel har sunket med ca. 10 000 tonn de siste årene, og ligger i dag rundt 95 000 tonn på nasjonalt nivå. Forbruket av fosfor i mineralgjødsel er 8 400 tonn. Forbruket er redusert med ca. 75 % siden 80-årene.

Balansert gjødsling er en forutsetning for å oppnå et høyt avlingsnivå, god kvalitet og minst mulig miljøbelastning. Behovet for gjødsel vil variere mellom skifte, innen skifter og mellom år. Gjødslingsplanen er et hjelpemiddel som skal ivareta det meste av dette, men det er behov for å ha en kontinuerlig utvikling av dette verktøyet. Ofte vil det være behov for justering av gjødselbehovet gjennom vekstsesongen. Skal en oppnå ytterligere forbedringer i gjødslingspraksis bør oppmerksomheten rettes mot mer presis tildeling av næringsstoffer.

Forsøk med sensortechnologi til styring av nitrogentildeling etter gjødselbehovet innen et skifte har gitt avlingsøkning, lavere forbruk av gjødsel, mindre legde, bedre kvalitet, jevnere modning og lavere tørkekostnader.

Det er en rekke tekniske verktøy som kan tas i bruk i norsk korndyrking for å sikre en mer presis tildeling av nitrogen, fosfor og mikronæring.

Husdyrgjødsel og andre organiske gjødselmidler gir langsiktig frigjøring av næringsstoffer og er i tillegg positivt bl.a. for innhold av mikroorganismer, jordstruktur og vannhusholdning i jorda. Organiske gjødselslag gir imidlertid noen utfordringer i korndyrkinga fordi kornplanta tar opp mesteparten av næringa relativt tidlig i vekstsesongen. Det er viktig med stort fokus på næringsinnholdet i disse gjødselslagene og på spredemetoder. Det er avgjørende at den enkelte bonde sikrer at spredeutstyret gir jevn fordeling og at det er riktig innstilt.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det må etableres systemer for å kunne gi mer presis rådgiving om nitrogengjødselbehovet gjennom vekstsesongen
- Avtaler og ordninger som sikrer utnyttelse av avfallsbasert organisk gjødsel i områder med lav husdyrtetthet

- Tilskudd til nitrogensensor for å sikre miljøoptimal gjødsling. Tilskuddet bør gjennomføres på arealbasis og som et tiltak knyttet til RMP ordningen i hvetedyrkingsområdene etter modell fra Sverige og Danmark

3.2.4 Forsterket fokus på driftsledelse og mekaniseringslinjer

Det har skjedd en kraftig strukturendring i norsk jordbruk i retning av større driftsenheter. Strukturrasjonalisering har først og fremst skjedd gjennom leie av jord. I dag er over 40 % av arealet leiejord i de sentrale korndistrikter (SSB 2010). Selv om de enkelte driftsenhetene øker i størrelse, vil de fortsatt være preget av en småskala struktur i bunn. Transport tar tid og øker kostnadene. Beregninger ekspertgruppen har fått gjort tyder på at arealer under 10 dekar som ligger 1 km fra driftssenteret har større kostnad enn inntekt dersom en skal ha en normal timebetaling og kun regner marginalkostnader for maskinene. Ligger arealet 10 km fra driftssenteret gjelder dette skifter / arealer helt opp til 25 dekar. Slik sett er det like relevant å bruke begrepet stordriftsulempers som stordriftsfordeler i den virkeligheten som omgir mange av de store kornprodusentene. Det er derfor viktig at det legges til rette for at arealene holdes i drift og vedlikeholdes, og at dette kan gjøres på en mest mulig optimal måte i forhold til maskinpark og agronomiske forutsetninger.

Jo større areal en kan behandle med en maskin, jo lavere blir de faste kostnadene pr. dekar. For de fleste arbeidsoppgaver innen korndyrking, har man den situasjonen at det finnes et optimalt tidspunkt for gjennomføring. For tidlig eller for sein behandling gir lavere avling og/eller dårligere kvalitet. Med stor maskinkapasitet har en mulighet til å gjøre operasjonen på det optimale tidspunktet, men større maskiner koster mer. Merkostnadene for maskiner kaller vi rettidskostnader og skal fortrinnsvis bli betalt av større avling og/eller bedre kvalitet. På grunn av den korte veksttiden vi har i Norge er disse kostnadene høye og på små arealer er de spesielt høye. Ved jordreie kan verdifull tid gå bort til transport, og dette øker rettidskostnadene. Vi mangler data for den økonomiske sammenhengen. Samarbeid om og leie av redskaper og skurtresker vil kunne senke de faste kostnadene og det foregår i stor utstrekning i dag. Dette ser ut for å øke i framtida. I spørreundersøkelsen som ble gjennomført av Agri Analyse blant 1000 kornbønder, mente over 80 % at det ikke var lønnsomt å kjøpe egen skurtresker.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Omfanget av rådgiving innen landbruksteknikk og driftsøkonomi i Norsk Landbruksrådgiving må styrkes og finansieres
- Det må utarbeides veiledningsmateriell som gir bonden bedre kriterier for når det er optimalt tidspunkt å gjennomføre ulike arbeidsoperasjoner
- Det utarbeides økonomiske modeller som kan beregne hva som er optimale mekaniseringslinjer i forhold til rettidskostnader, avling, kvalitet, arealstørrelse og arealbeliggenhet. Dette kan for eksempel legges til et kompetansesenter for landbruksteknikk



3.3 Sorter, sortsvalg og kvalitet

Optimalt sortsvalg ut fra lokale forhold er et viktig tiltak for å oppnå høy avling med ønsket kvalitet. Investering i sortsprøving har god rentabilitet. Utviklingen av en ny sort tar 10 - 15 år og foredling må være et kontinuerlig arbeid i takt med de behov som næringa har. Nye sorter må være raskt tilgjengelige for produsentene slik at en kan utnytte den genetiske framgangen som vi har hatt og vil få i tida framover.

3.3.1 Bredere og mer avansert foredling

Endring i dyrkingsforholda, spesielt de forventede klimaendringene framover gir nye utfordringer for sortsforedlinga. En lengre vekstsesong vil bety at vi kan ta i bruk seinere sorter med et høyere avlingspotensial. Det er viktig at denne foredlinga skjer i Norge slik vi kan velge ut de genotypene som gjør det best under våre forhold (klima, sykdomspress etc.)

Et fuktigere klima vil sette større krav til sjukdomsresistens. Per i dag har fusariumresistens stor oppmerksomhet, men også resistens mot andre sjukdommer er viktig. Værresistens er en viktig sortegenskap. Det innbefatter både økt spiretreghet, bedre stråkvalitet, bedre falltallstabilitet og stabil proteinkvalitet.

Satsing på markørassistert seleksjon vil kunne bidra til raskere og mer målrettet utvalg i populasjonene, og vil i framtida gi større framgang og en mer effektiv planteforedling. Økte investeringer og kompetanseoppbygging på dette området vil gi avkastning i korndyrkinga i framtida.

3.3.2 Forsterket sortsprøving

Prøving av nye sorter som er tiltenkt det norske markedet må utvides. Dagens omfang av forsøk er for lite til å kunne foreta gruppering etter f.eks. jordart for å komme fram til hvilke sorter som er best egnet på de ulike jordartene og under ulike dyrkingsforhold. Sortene kan f.eks. ha ulik rotutvikling og dermed konkurrere bedre eller dårligere på jord med pakkingsskade. Antall forsøk må økes og sortene bør prøves parallelt med og uten bruk av soppmidler og ved ulik gjødsling, slik at en kan komme fram til de sortene som har høyest avlingspotensial ved optimal dyrking. Egne resistensfelt med sjukdomsobservasjoner av f.eks. fusarium er nødvendig for å hindre de mest mottakelige sortene å komme på markedet.

3.3.3 Tilstrekkelig tilgang på norskprodusert såkorn

Såornkvaliteten er av avgjørende betydning for å oppnå høye avlinger og god kvalitet. Andelen av innkjøpt (sertifisert) såvare er i Norge på ca. 80 %. Sertifisert såvare har en garantert spireevne og er behandlet mot frøoverførte sjukdommer hvis det er behov for det. Det er med på å sikre en vellykket kornproduksjon. De siste sesongene har det blitt importert en betydelig andel sertifisert såkorn for å dekke etterspørselen i Norge på grunn av avlingssvikt og kvalitetsutfordringer i den norske såkornproduksjonen. Noen av disse sortene er ikke godt nok tilpasset vekstforholdene i Norge.

Beredskapslagring er et viktig tiltak for å sikre stabil tilgang på såkorn. Det må legges til rette for en rasjonell og effektiv såkornproduksjon for å sikre et overskudd av tilpassede sorter som i gode år kan gå inn i beredskapslageret. Et stort areal av høstkorn vil være et viktig tiltak for å øke kornavlingene og er av stor betydning for norsk kornproduksjon. Arealet varierer mye fra år til år, noe som i stor grad skyldes forholdene for såing på høsten. Det er viktig at høstkornet blir sådd tidlig nok om høsten slik at vi får en god etablering, som både sikrer et høyt avlingspotensiale og reduserer risikoen for tap av jord til vassdragene. I dag produseres en stor andel av høstkornet det samme året som såkornet skal brukes. Det betyr at tiden er knapp fra høsting av såvaren til den skal brukes på nytt høstkornareal. Ved rutinemessig å overlagre noe såkorn vil en sikre at det finnes tilgjengelig et kvantum for å sikre en optimal såtid i alle høstkorndistrikter.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Kornforedlingen i Norge må styrkes
- Sortsprøvingen må utvides i omfang og omfatte et større spekter i dyrkingsforhold og metoder. Sortstilpasning for underoptimale forhold bør også inkluderes

- Beredskapslagring med offentlig finansiering må utvides til også å omfatte reserver av høstkorn. Det må vektlegges lagring av sorter tilpasset norske forhold

3.3.4 Optimal utnytting av kornavlinga

Korndyrkerne er råvareleverandører til kraftfôr- og næringsmiddelindustrien og må produsere vare av ønsket kvalitet. Dette krever dialog i hele verdikjeden og et bevist kvalitetsfokus. Kvaliteten påvirkes gjennom sortsvalg og dyrkingsteknikk. For å styre kvaliteten i ønsket retning trengs økonomiske stimuli. Noe som kornbransjen bruker aktivt for å stimulere til produksjon av korn med ønsket kvalitet.

Det er svært viktig å legge til rette for bedre kommunikasjon i verdikjeden der det blir lagt vekt på å formidle tydelige kunnskapsbaserte krav fra industrien. Dette kan inkluderes i allerede etablerte fora.

Bruk av forhåndsprøver for å oppnå en bedre sortering og utnytting har vært praktisert tidligere i hvete. Dette kan gi nødvendig fleksibilitet på kornmottakene for å utnytte kvalitetsvariasjoner bedre. Dette vil være aktuelt for matkorn, men også for fôrkorn for bedre å tilfredsstille kvalitetskrav som er forskjellig for ulike dyreslag og for ulike intensiteter i melkeproduksjonen. Et tiltak for å optimalisere bruken av det norske kornet er derfor utvidet bruk av forhåndsprøver. Dette forutsetter at det finnes tilstrekkelig kapasitet til, og økonomi i, tørking og lagring på gårdsanlegg. Lagring av en viss andel av kornavlingen på gårdsnivå vil også være viktig i beredskapssammenheng.

En spørreundersøkelse utført av AgriAnalyse (LU) høsten 2011 viste at tørkekapasitet på gårdsnivå ble vurdert som viktig for å kunne utnytte tilgjengelig treskekapasitet.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Utvidet bruk av forhåndsprøver for å kunne differensiere i flere kvalitetsklasser tilpasset industriens behov
- Sikre tilstrekkelig kapasitet for tørking og lagring på gårdsnivå for å ta vare på avling og kvalitet under vanskelige høsteforhold og fra store treskere. Innovasjon Norge bør prioritere dette i kornområdene



3.4 Kunnskap og kompetanseutvikling

3.4.1 Utvidet fag- og etterutdanning

Dagens kornprodusenter har svært variert bakgrunn med hensyn til utdanning og kompetanse. En stor andel har svært gode praktiske og teoretiske kunnskaper i agronomi og er aktive til å søke kunnskap. Andre tar over eiendommer etter å ha tatt annen utdanning. Disse trenger en fagutdanning rettet mot produksjonen de skal drive. Dette kan være nettbaserte undervisningsopplegg og deltidsstudier. Slike utdanningstilbud faller utenfor det standardiserte utdanningsløpet og har i dag usikker finansiering. Dette gir utfordringer i forhold til å skaffe nødvendig, kompetent undervisningspersonell.

Fagskoler

Før 1990 var det tilbud om Agroteknikerkurs i landbruket som påbygging på agronom-utdanning. Dette var et etterspurt tilbud fra mange som ønsket tilleggsutdanning, men ikke høyere utdanning. Fagskole er en tilleggsutdanning som ikke krever studiekompetanse, og som skal være praktisk rettet. Det er et stort behov for denne type av tilleggs-utdanning. Det er bl.a. godkjent fagskole i plantekultur og driftsledelse, og under planlegging i landbruksteknikk. Begge mangler langsiktig finansiering. Fagskolene vil utdanne kompetente instruktører og mer kunnskapsrike bønder, og vil på sikt bidra til bedre agronomi.

Etter- og videreutdanning

For å møte kornprodusentenes og deres ansattes behov for kompetanseheving er det nødvendig å tilpasse tilbudene til deres situasjon. Det er nødvendig å tilby etterutdanningskurs innen ulike tema tilpasset både heltids- og deltidsbrukere, ansatte samt entreprenører.

Faglitteratur

Faglitteratur innen jordbruksfag har et lite marked, og det er derfor ikke økonomisk interessant å gi ut slik litteratur. Resultatet er utdatert og manglende faglitteratur for de forskjellige utdanningsnivåer inkludert etterutdanning.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Styrke fagutdanningen innen agronomi og driftsteknikk gjennom å opprette fagskoler og sikre deres finansiering
- Sikre stabil finansiering av etterutdanningstilbud
- Utvikle korte målrettede etterutdanningskurs for kornprodusenter og deres ansatte
- Finansierte, utvikle, oppdatere og digitalisere ny og eksisterende faglitteratur

3.4.2 Høyere utdanning innen agronomi

Studietilbud innen planteproduksjon og agronomi finnes i dag ved UMB (Bachelor og Master i plantevitenskap), ved Høgskolen i Hedmark (Bachelor) og Høgskolen i Nord-Trøndelag (Bachelor, husdyr). Fra høsten 2013 vil det være tilbud om 5-årig sivilagronomutdanning ved UMB, med spesialisering innen planter eller husdyr. Høyere utdanning forutsetter forskningsbasert undervisning.

I de siste ti-år har det vært svak rekruttering til studiene i agronomi. Dette har ført til svekking av lærings- og forskningsmiljøene ved utdanningsinstitusjonene. Landbrukets behov for kandidater med høyere landbruksutdanning vil ikke bli dekket dersom trenden ikke snus. Tiltak for å bedre studentrekrutteringen er iverksatt, både av utdanningsinstitusjonene og av sentrale aktører i næringa, blant annet gjennom prosjektet «Rett landbruksutdanning».

Fagområdet landbruksteknikk og hydroteknikk har blitt særlig skadelidende i denne utviklingen. De siste 15-20 årene har det ikke vært drevet forskning i Norge innen dette fagområdet. I denne perioden har det skjedd store endringer, der nye metoder og teknologi, og nye og større maskiner er tatt i bruk. Miljøkrav har ført til at store deler av kornarealet dyrkes uten pløying. På grunn av mangel på forskning, har resultatet blitt prøve- og feilemetoden hos den enkelte bonde. Det har ført til avlingsnedgang og dårlig økonomi.

Høgskolen i Hedmark (HiHm) har bachelorutdanningen i landbruksteknikk. Det er ikke utdannet noen på et høyere nivå (master og dr.grad) innen dette fagfeltet i Norge de siste 10-15 årene. Skal en kunne gi utdanning på dette nivået, må det bygges opp mer kompetanse.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Det opprettes et kompetansesenter innen landbruksteknikk som kan undervise og forske innen fagområdet, likeså at det opprettes masterutdanning i landbruksteknikk
- Sivilagronomstudiet styrkes for å ivareta tverrfaglig og anvendte problemstillinger

3.4.3 Forskning og utvikling

Utfordringene knyttet til økt matproduksjon er komplekse og svært kunnskapskrevende. En aktiv og kompetent landbruksforskning i god dialog med næring og forvaltning er derfor et avgjørende redskap i arbeidet med å øke norsk kornproduksjon. For å klare dette trengs det sterke og robuste forskningsmiljø innen sentrale områder av agronomien med god infrastruktur og moderne forskningsutstyr, og med gode nettverk til internasjonale forskningsmiljøer.

For at næringen og forvaltningen skal ha tilgang på tilstrekkelig kunnskapsstøtte i framtiden er det nødvendig å ivareta kompetanseutviklingen innen både grunnleggende naturvitenskapelige fag (f.eks. plantefysiologi, genetikk, jordfysikk, jordbiologi) og anvendte planteproduksjonsfag. Dette ansvaret hviler dels på FoU institusjonene, men også på myndighetene og deres finansielle prioriteringer.

Det blir krevende å opprettholde og utvikle nødvendig kompetanse. Det er derfor viktig med god samordning mellom universitet/høgskoler og institutter, for å unngå unødig og kostnadskrevende duplisering av kompetanse. Det bør derfor etableres finansielle incentiver som gjør det lettere å fase inn kompetanse fra instituttene til undervisning på UMB.

LMD yter betydelig tilskudd til FoU, dels via NFR (forskningsprogrammer og basisbevilgning), dels via direkte bestillinger til sine institutter (kunnskapsutviklingsmidler) og dels gjennom Jordbruksavtalen. Ekspertgruppen mener det er viktig at departementet bruker disse instrumentene aktivt for å prioritere FoU som på kort og lang sikt bidrar med kompetanse for økt produksjon. FoU-aktivitetene må i tillegg rettes tydelig mot det som er flaskehalsene i forhold til økt produksjon. Fra midten av 80 tallet har fokus i betydelig grad vært rettet mot andre forhold enn økt produksjon.

Foruten vektleggingen på agronomiske spørsmål, vil ekspertgruppen også peke på nødvendigheten av sterkere fokus på teknologi og teknologiske innovasjon i vid forstand, inkludert bioteknologi, samt hvordan infrastruktur, økonomiske rammevilkår og virkemidler samvirker med agronomiske/biologiske forhold.

Ekspertgruppen anbefaler:

- For å nå målet om økt produksjon gjennom bærekraftig intensivering må FoU aktiviteten ha tydelig fokus dette
- Anvendt forskning og utvikling må baseres på langsiktig finansiering. Det er viktig at det også stilles midler til disposisjon for å løse konkrete utfordringer uten strenge krav til tverrfaglighet og internasjonal forskningshøyde

3.4.4. Rådgivning og kunnskapsformidling

Høy kompetanse hos kornprodusentene er avgjørende for å nå produksjonsmålene. En økende andel av den framtidige kornproduksjonen vil håndteres av store profesjonelle utøvere, men det vil fortsatt være mange som har annet hoved yrke. Rådgivningstjenesten vil ha en avgjørende rolle i å bistå med nødvendig kunnskap i alle ledd i produksjonen både på de store (etter norsk målestokk) og mindre driftsenhetene, og hos entreprenører.

Begge grupper er avhengig av en dyktig og uavhengig rådgivningstjeneste, og vil ha ulike behov som legger viktige føringer for rådgivningen. Det kan være tilbud om rådgiving på ulike tidspunkt, på forskjellig nivå og via ulike kanaler.

Det er ønskelig at en større andel av kornprodusentene er medlemmer i Norsk Landbruksrådgiving. I kornfylkene er anslagsvis 50-55 % av gårdbrukerne medlemmer av den lokale enheten i Norsk Landbruksrådgiving. Disse driver over 2/3 av arealet.

Rådgivingstjenesten har et stort ansvar for å følge opp nye kornprodusenter, med både faglige og sosiale tilbud. Et godt sosialt miljø mellom kollegaer er også viktig for den faglige framgangen.

Det er avgjørende med tett og god dialog mellom de ulike aktørene i kunnskapskjeden, FoU, rådgivning og produsent. For den enkelte dyrker er det viktig at kunnskap kan omsettes i enkle og konkrete råd som er basert på de lokale forholdene på dyrkingsstedet. Høy, og ikke minst relevant, kompetanse blant rådgiverne er derfor av svært stor betydning for den framtidige kornproduksjonen.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Norsk Landbruksrådgiving tilføres ressurser for å kunne tilby en «oppstartssamtale» og gratis medlemskap i brukers første driftsår. Dette vil også bidra til å øke andelen korndyrkere som er medlemmer i NLR i årene framover
- NLR oppfordres til å videreføre sin gjennomgang av kompetanseprofil, organisering, formidlingsstrategi og rekrutteringsbehov med sikte på å målrette rådgivningstilbudet ytterligere i takt med endringene i næringa



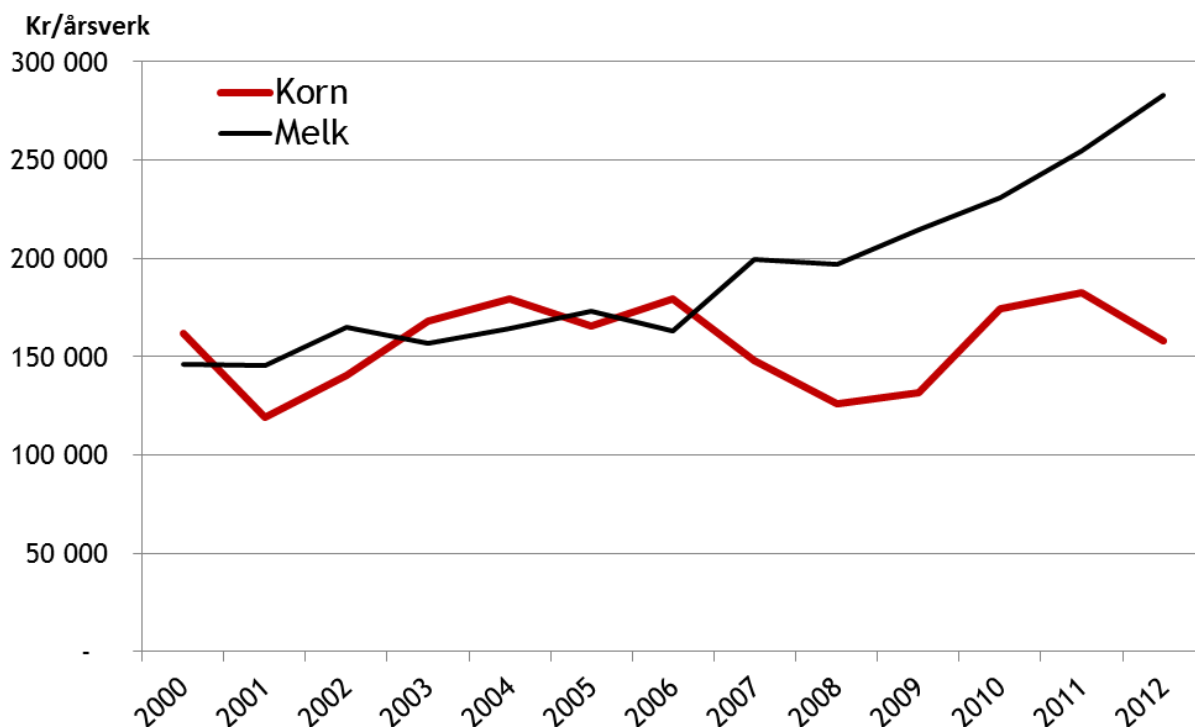
3.5 Rammevilkår

Globale utviklingstrekk vil i økende grad legge premisser også for utviklingen i norsk landbruk. Dette forhindrer likevel ikke at politiske og økonomiske rammevilkår nasjonalt fortsatt vil ha avgjørende betydning for utviklingen i norsk kornproduksjon. Dersom det krevende målet om 20 % økt kornproduksjon skal nås, er det viktig at økonomiske, forvaltningsmessige og politiske rammevilkår og føringer har ett tydelig hovedfokus; nemlig å være insentiv for økt produktivitet og økt produksjon.

Målet om økt produksjon bør derfor gjennomsyre alle ledd i forvaltningen, næringen og støtteapparatet i hele verdikjeden. Det må lønne seg, og det bør være en glede, å være en dyktig bonde. Samtidig må produksjonen skje på en mest mulig bærekraftig måte, der viktige miljøhensyn også tillegges nødvendig vekt. I den sammenheng er det viktig å understreke at høy arealproduktivitet i utgangspunktet er et godt miljøtiltak.

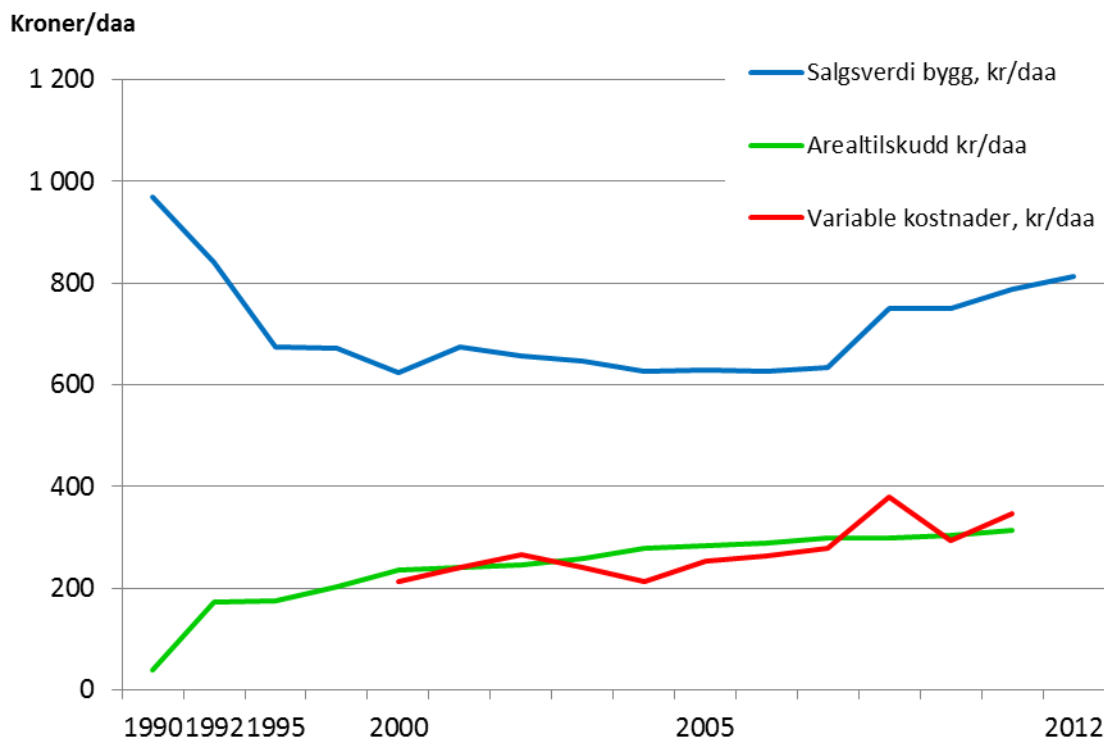
3.5.1 Lønnsomhetsforhold i kornproduksjonen

Lønnsomheten i kornproduksjonen er svak. Det har ikke vært nominell vekst i vederlaget til arbeid og egenkapital siden 2000.



Figur 3.5.1.1 Vederlag til arbeid og egenkapital per årsverk i korn og melkeproduksjonen. Kilde: Referansebrukene.

Forholdet mellom kornpris og produksjonsuavhengige tilskudd påvirker i hvor stor grad det er lønnsomt å sette inn produktivitetsfremmende tiltak i kornproduksjonen. Dagens forhold mellom kornpris og arealtilskudd i kornproduksjon viser at kornprisen utgjør om lag to-tredeler av inntektene dersom en ser bort fra miljøtilskudd for endret jordarbeiding.



Figur 3.5.1.2 Salgsverdi bygg i kroner pr. dekar er basert på årlig målpris på bygg (kr/kg) og en avling på 350 kg/daa. De variable kostnadene er hentet fra Driftsgranskingene for bruk under 400 daa, arealtilskudd for sone 1.

Figur 3.5.1.2 viser at de variable kostnadene i kornproduksjon over tid har ligget under eller på nivå med arealtilskuddet, tilsvarende om lag halvparten av avlingsverdien. Fra 2008 har verdien av kornavlingen økt mer enn økningen av arealtilskuddet.

Generelt er det slik at jo større andel av inntekten som knyttes opp i mot produsert volum jo mer øker lønnsomheten ved å sette inn avlingsfremmende tiltak. Med dagens relasjon mellom pris og arealtilskudd mener ekspertgruppen at det normalt vil være lønnsomt for kornprodusenten å sette inn tiltak for å ta ut størst mulig kornavling. Unntatt fra denne konklusjonen er investering i grøfting, SE 3.1.6. Leiejordsituasjonen er en kompliserende faktor i dette bildet, som kan legge sterke føringer i forhold til investeringer og drift på et stadig økende areal.

Ekspertgruppens anbefaling:

- Lønnsomheten i kornproduksjonen er avgjørende for å nå målet om økt produksjon, og må derfor styrkes vesentlig
- Bedring av lønnsomheten i kornproduksjon bør i hovedsak gjennomføres gjennom pris eller andre produktivitetsfremmende insentiver

3.5.2. Tilpasninger i areal og kulturlandskapstillegget

Det er totaløkonomien i de enkelte produksjoner som først og fremst avgjør hvordan jordbruksarealene nyttes. Størrelse og innretning av areal og kulturlandskapstilskuddene vil kunne ha direkte konsekvenser for produksjonsmåter og omfang.

3.5.2.1 Areal og kulturlandskapstillegg påvirker kornarealet

I Trøndelag (Sone 4) øker kornarealet, mens grasarealet synker. På Østlandet (Sone 1 og 3) skjer det motsatte (figur 3.1.4.). Ekspertgruppen ser at innretningen på areal- og kulturlandskapstilskuddet er en viktig faktor for å forklare den forskjellige utviklingen mellom Østlandet og Trøndelag, se 3.1.4.

Tabell 5.5.2.1. Areal og kulturlandskapstillegget for korn og gras i ulike tilskuddssoner

Tilskuddssone	Korn Satser < 250 dekar	Gras Satser < 250 dekar	Korn: Gras Differanse
Sone 1	123	90	+ 33 kroner
Sone 3	175	124	+ 51 kroner
Sone 4	246	124	+ 122 kroner

Tilskuddssoner	Korn Satser > 250 dekar	Gras Satser > 250 dekar	Korn:Gras Differanse
Sone 1	123	65	+ 58 kroner
Sone 3	175	75	+ 100 kroner
Sone 4	246	75	+ 171 kroner

3.5.2.2 Alle kornarealer er viktige

Alle arealer er viktige som grunnlag for å øke norsk kornproduksjon. Det er i dag en avkorting i tilskuddet ved drift av kornarealer over 800 dekar. Ekspertgruppen ser at reduserte satser for AK-tilskudd over 800 dekar kan ha konsekvenser i forhold til arealbruk, men er delt i synet på hvordan dette slår ut og om det er riktig å endre dagens ordning.

Flertallet (5 personer) anbefaler:

For å opprettholde kornproduksjon på små skifter er det viktig å legge forholdene til rette for å beholde en variert bruksstruktur. Dagens ordning for avkorting av areal og kulturlandskapstilskuddet for kornbruk over 800 daa videreføres.

Mindretallet (4 personer) anbefaler:

Det anbefales at nedtrappingen av areal og kulturlandskapstilskuddet ved 800 dekar fjernes. Mindretallet ser det slik at jord- og terrengforhold i Norge ofte medfører stordriftsulemp, og at nedtrappingen gir en negativ signaleffekt i forhold til å holde arealer i drift og utnytte tilgjengelig infrastruktur og kapasitet.

Ekspertgruppen er enige om at innretningen på AK-tilskuddene må bli et sentralt tema å drøfte i relasjon til den anbefalte gjennomgangen av leiejordproblematikken (se avsnitt 3.5.1. og 3.1.5.).

3.5.3 Ordninger mot utvikling av resistens mot plantevernmidler

Effektivt plantevern er en forutsetning for å oppnå optimal avling. Samtidig er det et mål å begrense bruken av plantevernmidler, gjennom blant annet å utvikle strategier for god plantehelse og godt plantevern (integrert plantevern). Avgiftssystemet er kostnadsdrivende. Ekspertgruppen stiller spørsmål om dagens avgiftssystem tjener hensikten, når en tar i betraktning effekten av andre etablerte ordninger som KSL, sertifisering av brukere og av teknisk utstyr.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Regelverket tilpasses for å sikre tilgang på plantevernmidler med ulike virkningsmekanismer for å motvirke resistensutvikling hos skadegjørere
- Avgiftsnivået må reduseres, og det må unngås at plantevernmidler som er nødvendige i en resistensstrategi ekskluderes av prismessige årsaker
- Dersom avgiftsnivået opprettholdes må avgiftsmidlene tilbakeføres til landbruksnæringa og øremerkes kunnskapsutvikling samt tiltak som øker presisjonen og effektiviteten i planteverntiltakene

3.5.4 Regionale miljøprogram (RMP) må inkludere produktivitetshensyn

De regionale miljøprogrammene er et viktig virkemiddel for at landbruket skal ivareta viktige miljøhensyn, blant annet i forhold til vannforurensning. Flere av tiltakene i RMP-ordningen i kornområdene kan virke produksjonsdempende. Det er viktig at landbruket tar nødvendig miljøansvar, men forutsatt god og målretta tiltaksplanlegging er det mulig å oppnå en betydelig del

av reduksjonen av forurensningseffekten med tiltak på et forholdsvis begrensa areal. Innen erosjon og vannforurensning er det slik sett ikke usannsynlig at 70-80 % av mulig tiltakseffekt kan oppnås gjennom tiltak på 20-30 % av arealet.

Høstkorn gir generelt høyere avlingsnivå enn vårkorn. Det bør være en målsetning å øke arealene tilsådd med høsthvete hvis norsk kornproduksjon skal økes. Samtidig vil restriksjoner på jordarbeiding om høsten øke dyrkingsrisikoen kraftig, fordi faren for overvintringskader øker. Denne risikoen har stor økonomisk betydning for den enkelte, og mange dyrkere vil redusere risikoen gjennom å redusere arealene med høstkorn.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Tiltaksplanlegging må gjennomføres på gårdsnivå. Dette for å målrette innsatsen mot erosjon og avrenning til vassdrag og unngå at avlingsbegrensende tiltak tas i bruk på arealer der slike tiltak har liten miljøeffekt
- RMP-ordningen må også omfatte støtte til mer langsiktige miljøtiltak, som f.eks. drenering, når dette kan påregnes å gi miljøeffekter
- Det etableres særskilte ordninger for arealer aktuelle for matkorndyrking, med nødvendig fleksibilitet i dyrkingsmetoder og jordarbeiding selv innenfor områder med strenge miljørestriksjoner
- Grensen mellom erosjonsklasse 1 og 2 økes fra 50 kg jord per dekar til 100 kg jord per dekar jf. Bioforsk evaluering av RMP februar 2012. (Bioforsk Rapport Vol. 7 Nr. 21)

3.5.5 Økologisk produksjon må effektiviseres

Målet om 15 % økologisk produksjon og forbruk, slik nedfelt i Soria Moria II, er uttrykt som et av de tydeligste landbrukspolitiske målene for Regjeringen. Regelverket for økologisk produksjon tillater ikke bruk av ordinære plantevernmidler eller mineralgjødsel, noe som medfører lavere arealproduktivitet sammenlignet med konvensjonell produksjon. Dette gjør seg særlig gjeldende i kornproduksjonen, med spesielt store utslag i de store kornområdene på Østlandet der det er lav husdyrtetthet. Avlingsnedgangen ved økologisk kornproduksjon vil variere, avhengig av jordkvalitet, tilgang på gjødsel og håndtering av ugras og soppsykdommer. For planleggingsformål er det ofte tatt utgangspunkt i en nedgang på 40 % på husdyrløse bruk i Østlandsområdet. Dersom en oppnår målet om 15 % økologisk produksjon og forbruk, vil dette bety en betydelig nedgang i produsert volum, som det er vanskelig å få kompensert på det øvrige arealet.

Ekspertgruppen anbefaler:

- Økologisk kornproduksjon kanaliseres til driftsenheter som kan dokumentere tilstrekkelig med næringsstoffer for å opprettholde et akseptabelt avlingsnivå
- Regelverket må tillempe med sikte på å utnytte næringsstoffer fra andre kilder enn husdyr
- Tilskuddet knyttet til areal for økologisk korndyrking reduseres til fordel for høyere pris pr. kg avling
- Målretta veiledning og oppfølging av økologiske kornprodusenter, for å optimalisere avling gjennom best mulig næringsforsyning, plantevern og dyrkingsteknikk

Ekspertgruppen mener det er viktig at målsettingen for økologisk produksjon balanseres i forhold til det overordna målet om økt produksjon. Det blir svært krevende å øke kornproduksjonen med 20 % når samtidig 15 % av produksjonen skal være økologisk. *Målsettingen for den økologiske produksjonen bør derfor endres fra et fast prosentmål til et markeds- og etterspørselsbasert mål (*)*

(*) Ett av ekspertgruppens medlemmer reserverer seg mot uttalelsen i det siste avsnittet

Appendix

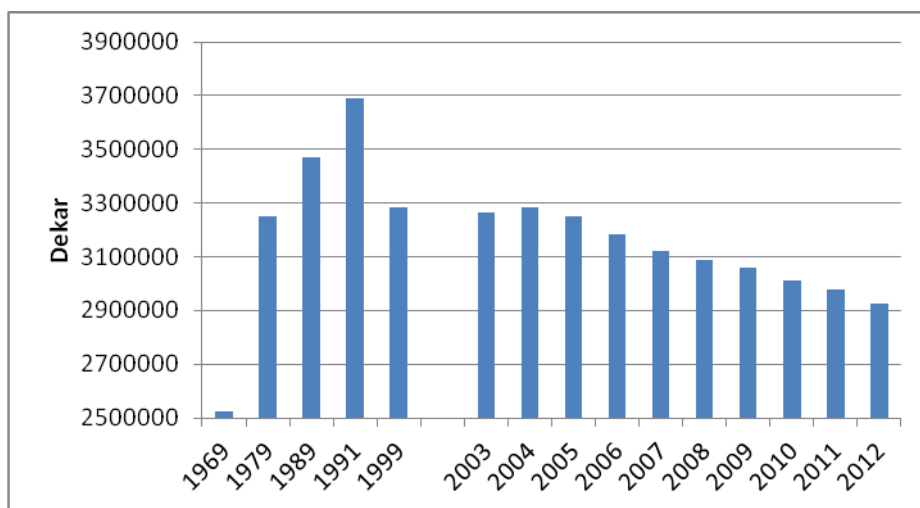
4. Status i norsk kornproduksjon

Norsk kornproduksjon er underlagt rammevilkår som på flere områder avviker fra mange andre land. Dette gjelder politiske og økonomiske rammevilkår, men i særlig grad produksjonsrelaterte forhold knyttet til klima, jord og arrondering (jordstykkenes form og størrelse). Potensialet for økt norsk kornproduksjon, herunder tiltak og virkemidler som eventuelt kan stimulere dette, kan ikke sees isolert fra de totale rammevilkårene som omgir norsk landbruk og norsk kornproduksjon.

I det følgende belyses forhold som har betydning for areal- og avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon framover.

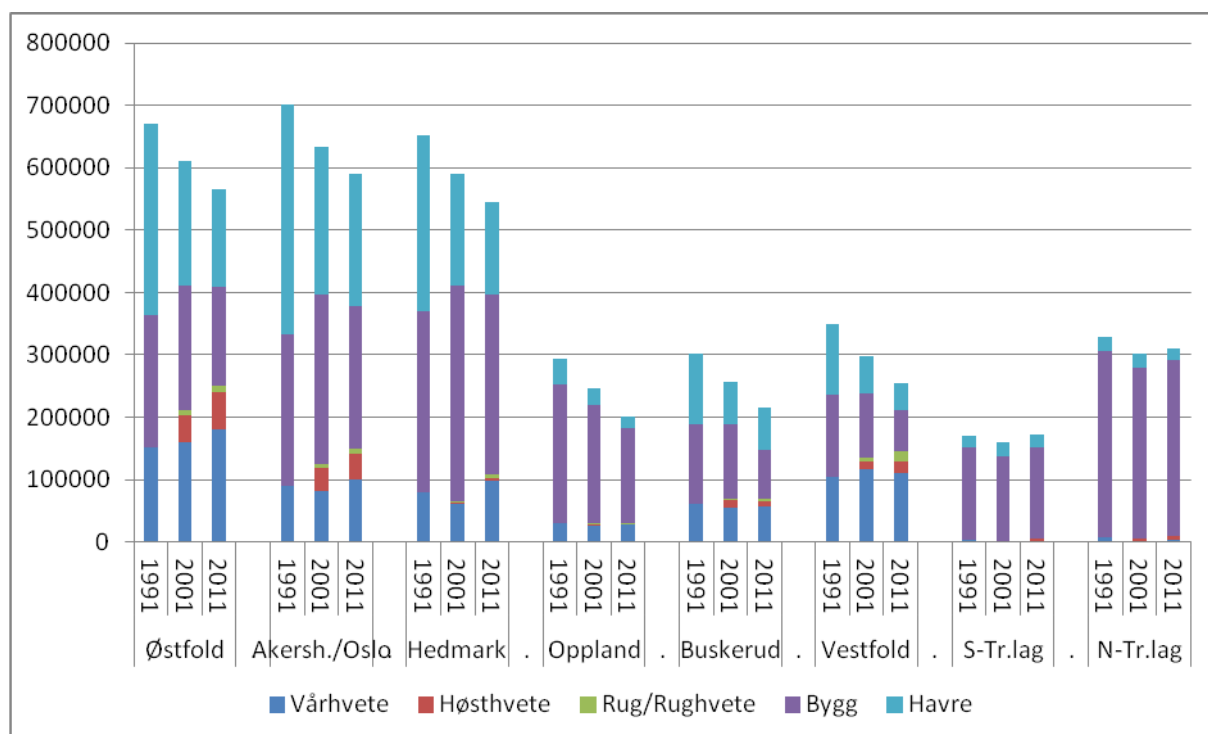
4.1 Arealutvikling

Figur 4.1.1 viser utviklingen i kornarealet i Norge. I figur 4.1.2 er utviklingen vist fylkesvis for fylker med kornproduksjon av et vist omfang.



Figur 4.1.1 Utviklingen av kornarealet 1969 - 2012. Toppåret var 1991 med et areal på 3,69 mill. dekar. Kilde SSB.

Det har skjedd en betydelig nedgang i samlet kornareal i Norge i løpet av de siste 25 årene, fra 3,69 mill. daa i 1991 til 2,93 mill. daa i 2012, en nedgang på om lag 750 000 dekar. Nedgangen er mest markant i det sentrale østlandsområdet og var spesielt stor fra 2011 til 2012 med 52 000 dekar.



Figur 4.1.2 Utviklingen av kornarealet fylkesvis i de største kornfylkene fra 1991 til 2011. For 1991 inngår også høsthvete og rug i søylen for vårhvete. Kilde: SSB.

Figur 4.1.2 viser en markert arealnedgang fra 1991 for kornfylkene på Østlandet. Trøndelagsfylkene har derimot hatt en svak oppgang de 10 siste årene.

Totalt sett har det vært en nedgang også i det totale jordbruksarealet i kornfylkene på Østlandet.

Tabell 4.1. Endring i arealbruk i perioden 2005 - 2011. Kilde SSB og FMLA

Fylke	Endring i areal i dekar i perioden 2005 - 2011					2011
	Jordbruksareal tot.	Fulldyrka	Korn	Fulldyrka eng	Omdisponering*	Miljøareal**
Østfold	-22 442	-22 636	-36 596	18 731	-3 614	4 987
Akershus	-18 762	-22 078	-34 874	16 177	-3 752	3 830
Hedmark	-15 186	-24 109	-30 630	12 684	-3 058	600
Oppland	-38 176	-38 624	-31 413	5 685	-5 062	300
Buskerud	-8 274	-17 327	-27 801	11 583	-2 047	150
Vestfold	-6 495	-6 849	-27 575	15 032	-2 553	-
SUM	-109 335	-131 623	-188 889	79 892	-20 086	

*Varig avgang av jordbruksareal pga. varig omdisponering til andre formål enn jordbruk, KOSTRA

** Grasdekte vannveier og buffersoner. Det kan ligge ulike type areal bak tallene avhengig av fylke. Opplysninger fra FMLA

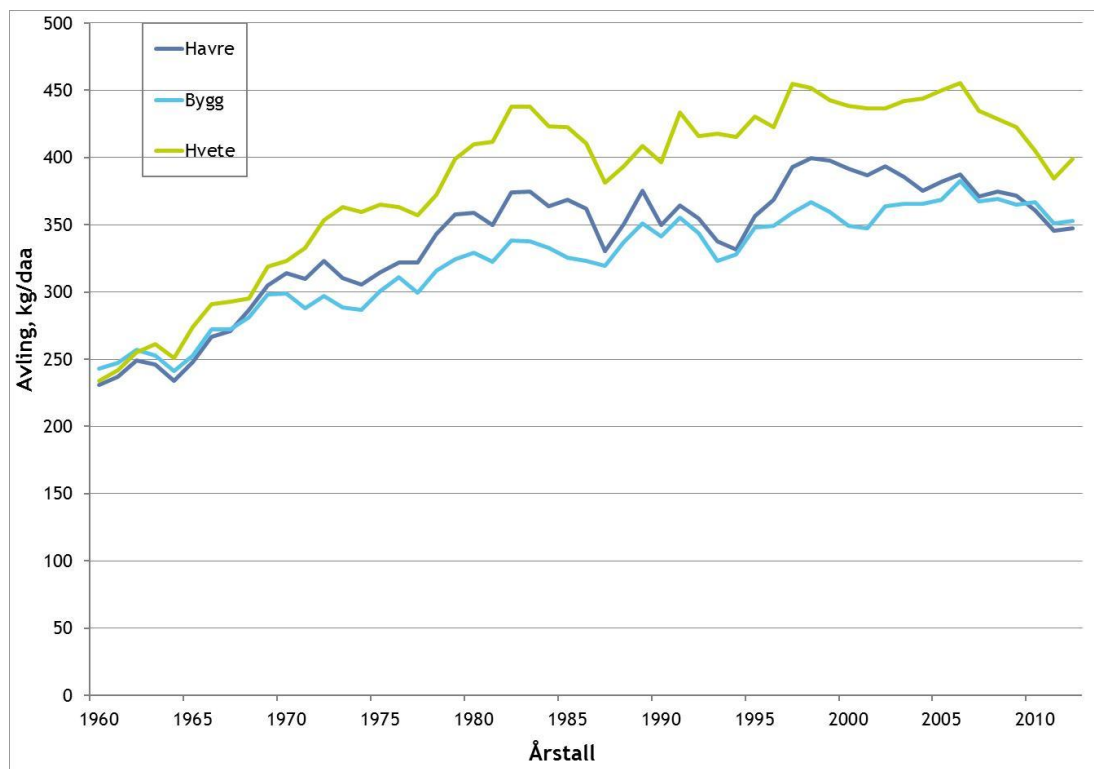
I løpet av de siste årene har det blitt innført nye digitale kart som grunnlag for arealoppgavene. I den forbindelse anslår Institutt for Skog og Landskap at den reduksjonen i arealene som skyldes nye kart er i størrelsesorden 2 %. Nedgangen i fulldyrka areal har vært større en nedgangen i jordbruksareal. Det tyder på at noe areal har gått over i en mer ekstensiv drift. Kornarealene har en stor nedgang. Mye tyder på at disse arealene i hovedsak er lagt om til grasdyrking.

4.2 Avlingsutvikling

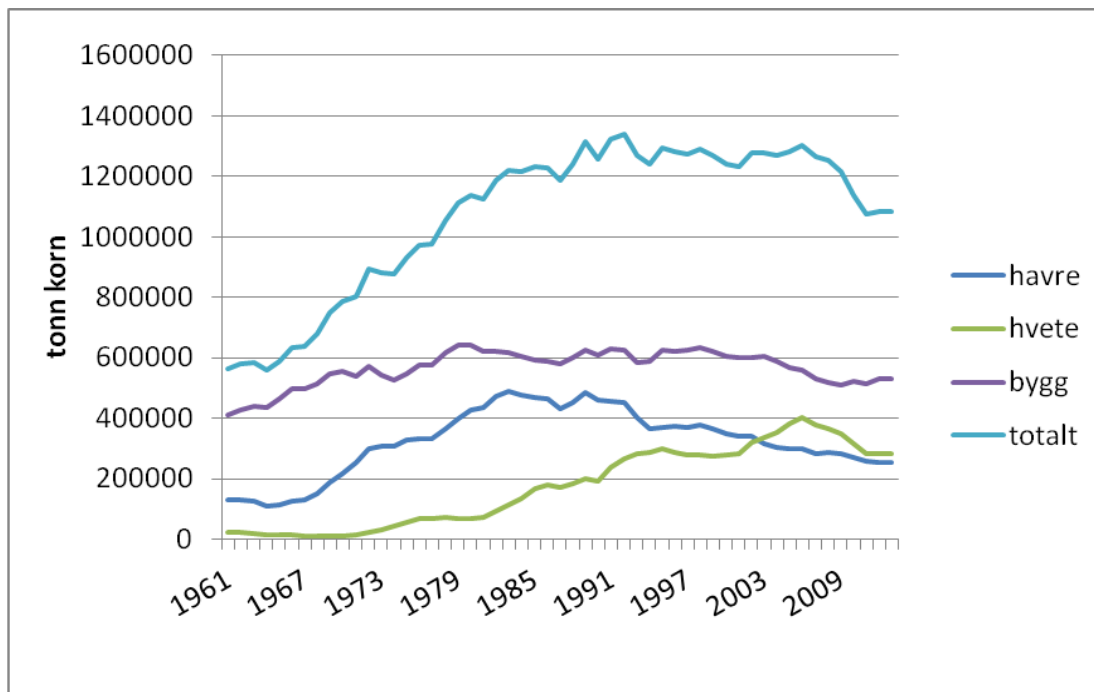
Figur 4.2.1 viser avlingsutviklingen for ulike kornarter. Den viser en utflating av avlingsøkningen fra midt på 1980-tallet. Vanskelige kornår i slutten av perioden gjør at kurven viser en fallende tendens. Det er grunn til å anta at de arealer som har gått ut av kornproduksjon de siste 20 år, har hatt lavere avlingsnivå enn de arealer der det fortsatt drives korndyrking. Avlingsutviklingen på dagens kornarealer har således vært mer negativ enn det som framgår av figuren. Viktige årsaker til

dette kan være forholdet mellom kornpris og arealtilskudd, redusert jordarbeiding, dårligere grøftetilstand, jordpakking osv.

Variasjonen mellom år er stor. For bedre å illustrere trendene er det brukt 5 års glidende gjennomsnitt i figur 4.2.1 og 4.2.2, det vil f.eks. si at tallet for 2005 er et gjennomsnitt av verdiene for 2003 - 2007.



Figur 4.2.1 Avlinger av hvete, bygg og havre i kg/dekar. Utviklingen fra 1961 og fram til i dag. 5-års glidende middel. (Kilde: SSB).

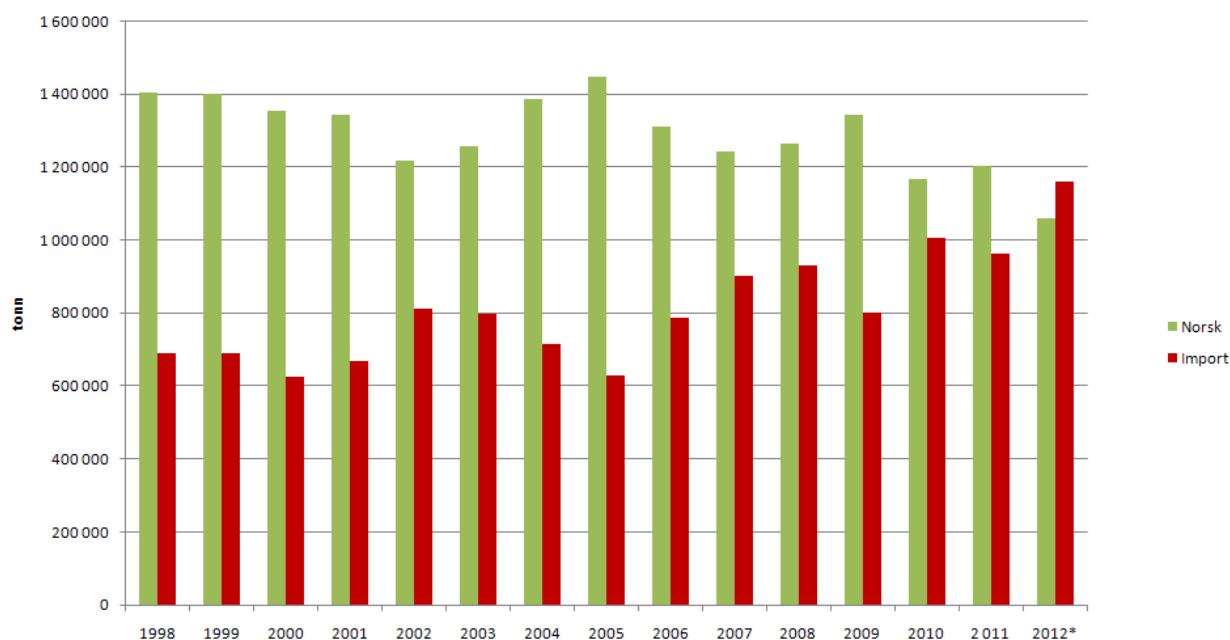


Figur 4.2.2 Avlinger av hvete, bygg og havre og totalt. Utviklingen fra 1961 og fram til i dag. 5-års glidende middel. (Kilde: SSB).

Figur 4.2.2 viser den samlede norske kornproduksjon for perioden 1961 til 2011. Utviklingen med avtakende avlingsøkning per dekar i kombinasjon med nedgangen i kornareal har medført at totalproduksjonen av norsk korn viser en nedadgående trend.

4.3 Nasjonal dekningsgrad - korn til mat og fôr

Importen av råvarer til matmel og kraftfôr viser en klar økning i perioden 1998 - 2012. I 2012 var importen for første gang på over 40 år større enn den innenlandske produksjonen. Norsk forsyningsgrad av korn er samlet sett nedadgående i hele perioden, både fordi norsk produksjon er redusert og fordi totalforbruket øker.



Figur 4.3. Utviklingen i norskproduserte råvarer til matmel og kraftfôrproduksjon til husdyr sammenlignet med importen av tilsvarende råvarer i perioden 1998 -2012. Fôr til fisk er ikke med.

4.4 Strukturen i norsk kornproduksjon

Norske kornbruk har gått igjennom en omfattende strukturendring. Tabell 4.4.1 og 4.4.2. viser utviklingen i størrelsen på driftsenhetene fra 2000 til 2012. Det er en svært stor reduksjon av antallet små driftsenheter, og det er bare antallet enheter som er større enn 500 dekar som har økt fra 2000 til 2012. Disse produsentene driver i gjennomsnitt 590 dekar. I 2012 ble hele 65 % av kornarealet drevet på enheter med over 300 dekar med korn.

Tabell 4.4.1 Antall driftsenheter med korn i ulike størrelsesklasser og endringen i perioden 2000 - 2012. Kilde: SSB

Størrelse	2000	2005	2010	2012	Endring 2000-2012
1-49 dekar	2 223	795	480	439	- 80 %
50-99 dekar	3 943	2 638	1 879	1 714	-56 %
100-199 dekar	6 244	4 760	3 705	3 340	-46 %
200-299 dekar	4 015	3 269	2 475	2 261	-44 %
300-499 dekar	3 412	3 252	2 732	2 482	-27 %
≥500 dekar	1 542	2 056	2 262	2 241	+45 %
SUM	21 379	16 770	13 533	12 447	-42 %

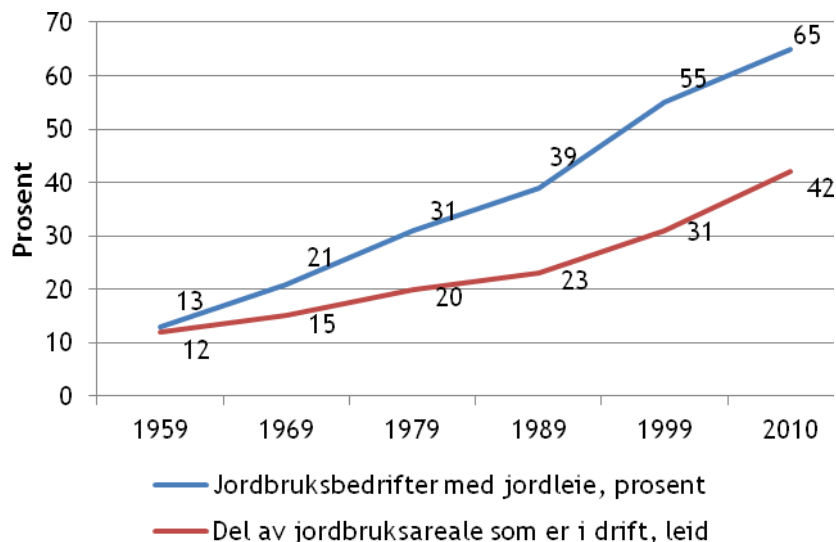
Tabell 4.4.2 Kornareal og andel av det totale kornarealet i ulike størrelsesklasser i 2002 og 2012

	2000	% av kornarealet i 2000	2012	% av kornarealet i 2012
1-49 dekar	60 688	1,8	14 882	0,5
50-99 dekar	246 832	7,3	116 895	3,9
100-199 dekar	701 201	20,9	421 174	14,1
200-299 dekar	663 278	19,7	437 504	14,7
300-499 dekar	890 532	26,5	683 046	22,9
≥500 dekar	790 121	23,5	1 316 363	44,1

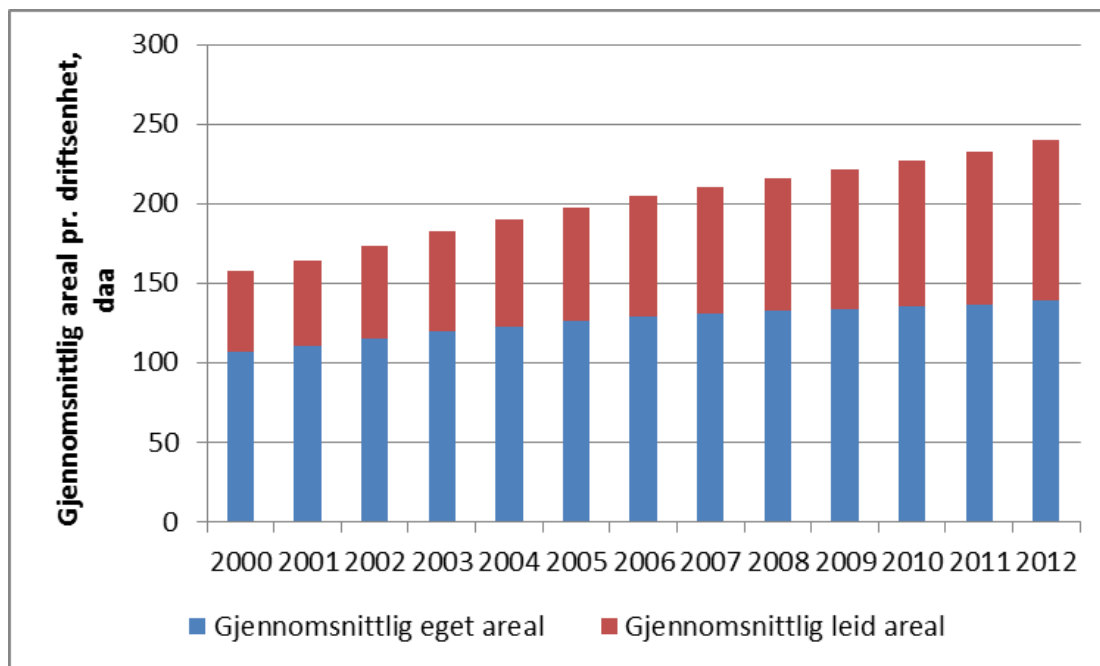
Norsk kornproduksjon drives av både bønder som henter all inntekta fra gården og bønder som henter en vesentlig del av inntekta utenom gården. Gudbrand Lien (NILF) m.fl. (Determinants of off-farm working and its effects on farm performance: the case of Norwegian grain farmers. Agricultural Economics 41 (2010): 577-586.) konkluderte i en undersøkelse blant norske kornbønder med at arbeid utenfor bruket ikke hadde negativ innvirkning på produktiviteten.

4.5 Leiejord i kornproduksjonen

Mulighet for å leie jord er svært viktig for mange av jordbruksbedriftene. Både andel bruk med leiejord og andel leid jord har økt. I 2010 viste Jordbrukstellingen at 69 % av alle bruk leide jord og 42 % av jordbruksarealet var leid jord. Forholdet er omtrent det samme i kornfylkene.



Figur 4.5.1 Andel driftsenheter med leid jord og andel leid jord 1959 - 2010. Kilde: Budsjettnemnda 2012.



Figur 4.5.2. Utviklingen av størrelsen (dekar) på eid og leid area i perioden 2000 - 2012. Beregnet på grunnlag av data fra SSB og Budsjettneemda.

Figuren viser gjennomsnittlig areal på kornbruk. Økningen i størrelsen på driftsenhetene de seinere årene skyldes i vesentlig grad økt leid areal.

Statens landbruksforvaltning foretar årlige undersøkelser av jordleiepriser i kommunene. Gjennomsnittlig leiepris på Østlandet var i 2012 på 341 kr/daa på god jord. Jordleieprisene for korn dyrking har økt mest i Trøndelag (ikke vist i tabellen), og i 2012 ligger den betydelig over leieprisen for gras dyrking.

Tabell 4.5.1 Jordleiepriser 2012. Kilde SLF

	God jord			Dårlig jord		
	Lavest	Høyest	Middel	Lavest	Høyest	Middel
Korndyrking						
Østlandet	100	600	341	0	300	198
Trøndelag	150	1000	315	50	300	161
Gras dyrking						
Østlandet	25	500	293	0	300	142
Trøndelag	40	1000	199	0	500	85

Dersom jordverdien på referansebruket for korn settes lik leiejordsprisene som fremkommer av tabell 4.5.1 vil vederlaget til arbeid og egenkapital pr. årsverk for referansebruket bli tilnærmet null. Jordleieprisene er ut i fra dette høyere enn det korndyrking kan forrente. Det kan tyde på at arealtilskuddet påvirker leieprisene.

I jordbrukstelingen for 2010 ble dreneringsaktiviteten i norsk jordbruk kartlagt for de fem siste år. Statistikken viser at andelen dårlig drenert areal er omtrent lik på leid og eid areal. Jordbrukstelingen fra 2010 viser at totalt for landet ble kun 24 % av dreneringsarbeidet utført på leid jord, mens 42 % av arealet er leid areal. Dette viser også at det blir investert i arealer som leies men i langt mindre grad enn på eid areal. For kornfylkene på Østlandet (Østfold, Akershus og Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud og Vestfold) viser tallene det samme.

Tabell 4.5.2 Antall dekar som ble drenert fra 2005-2010 i kornfylkene og totalt for landet på eget og leid areal.
Kilde: SSB

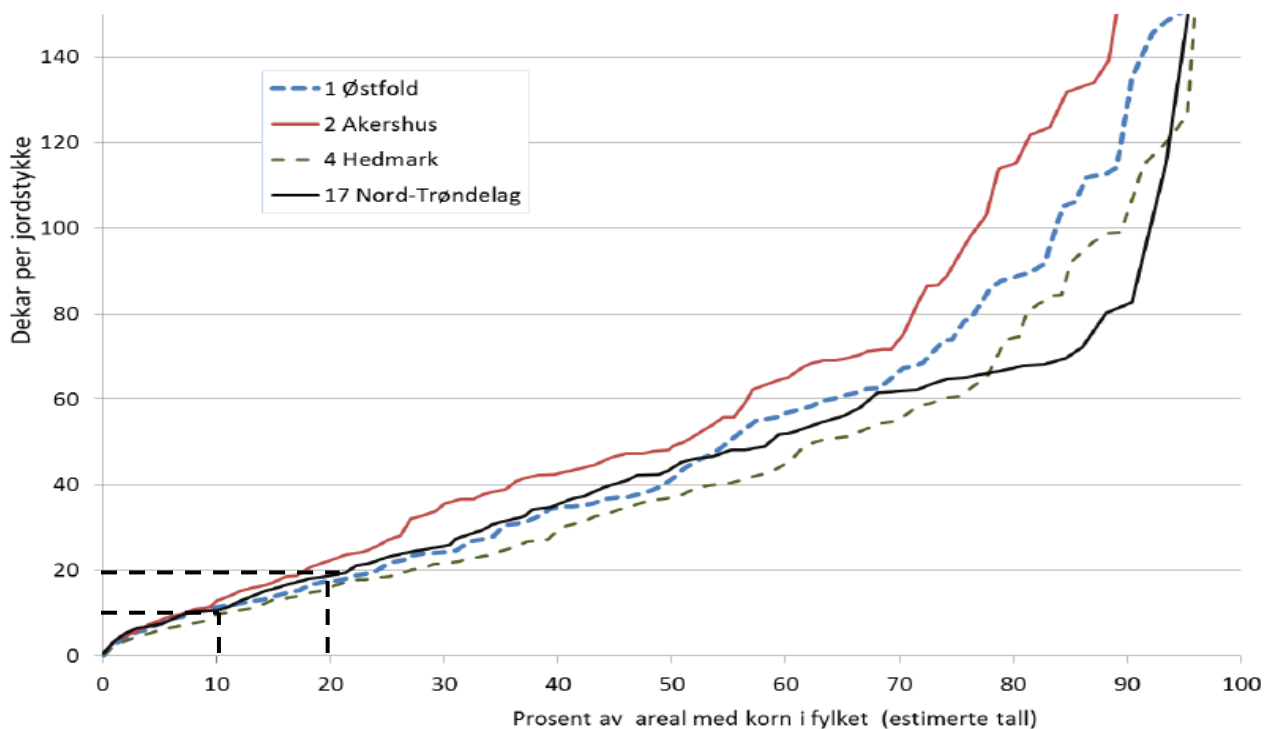
Fylke	Drenert areal i alt (dekar)	Drenert areal, eid (dekar)	Drenert areal, leid (dekar)	Prosentandel drenert på eid jord i perioden 2005-2010	Prosentandel drenert på leid jord i perioden 2005-2010
Hele landet	311108	235325	75783	76	24
Kornfylkene ¹	118369	89807	28562	76	24

¹ Østfold, Akershus og Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud og Vestfold

4.6 Arronderingsmessige forhold

Gjennomsnittlig kornareal per driftsenhet i Norge var på 157 dekar i 2000 og har økt til 240 dekar i 2012. Det er imidlertid ikke gitt at en ytterligere øking i arealet vil føre til en mer effektiv kornproduksjon tatt i betraktning de særegne norske forholdene mht. arrondering og avstand mellom skifter.

En beregning foretatt av Skog og Landskap anslår en gjennomsnittlig avstand mellom driftssenter og teigene lengst unna driftssenteret til å være i underkant av 4 km. En økning av kornarealet per bruk vil øke denne avstanden ytterligere.



Figur 4.6. Andel av kornarealet fordelt på ulike teigstørrelser. Data fra Skog og landskap.

Hele 10 % av det norske kornarealet er på skifter som er mindre enn 10 dekar. Dette tilsvarer 300 000 dekar. Om lag 25 % av kornarealet, dvs. 750 000 dekar, er på skifter mindre enn 25 dekar. Spesielt de minste skiftene er tidkrevende med dagens store maskiner og dermed kostbare å drive. De vil derfor være svært utsatt for å gå ut av produksjon.

4.7 Klima og klimaendringer

Klimaet i Norge er begrensende for korndyrking først og fremst på grunn av at det gir en kort vekstsesong. Men det er stor forskjell i vekstsesongens lengde fra sør til nord. I dag er Nord-Trøndelag det nordligste fylket med korndyrking av noe omfang. Lokalisering på høye breddegrader gjør korndyrkingsområdene i Norge unike i verdenssammenheng. Våre kornsorter må være tilpasset lang dag og vekstsesongens lengde i de ulike korndyrkingsområdene.

Innenfor vekstsesongen er klimaet i Norge ofte gunstig for plantevekst. Men en kort vekstsesong krever at vi må dyrke tidligere sorter enn i områder lenger sør. Det er en tydelig positiv sammenheng mellom sortenes veksttid og avlingspotensial, slik at senere sorter gir større kornavling.

Utviklingen av klimaet vil ha stor betydning for framtidig norsk kornproduksjon. For korndyrkingsområdene på Østlandet viser prognosene (2021-2050) temperaturstigning på 1-2 °C gjennom vekstsesongen, og med størst temperaturøkning om våren og på høsten. For samme periode ventes det økte nedbørsmengder både vår og høst, mens det kan bli litt tørrere gjennom sommeren. I Trøndelag ventes temperaturstigning av omtrent samme omfang, og prognosen viser økt nedbør gjennom hele vekstsesongen. Det ventes flere episoder med ekstremvær; bl.a. økt hyppighet av meget kraftig nedbør (Hansen-Bauer m.fl. Klima i Norge i 2100. Norsk klimasenter september 2009, Oslo).

De forventede klimaendringene kan påvirke kornproduksjonen på flere måter.

1. Temperaturstigningen vil gi lengre vekstsesong, og muligheter for å dyrke seinere kornsorter, som gir høyere avling. Dette kan også gi noen muligheter for utvidelse av korndyrkingsområdene nordover, og mot høyereliggende områder. Men det er lite kjent hvor store arealer dette kan dreie seg om, og om de samtidig har en arrondering og topografi som gjør dem egnet for moderne kornproduksjon.
2. En høyere temperatur på ettersommer og høst kan virke positivt på modningsforløpet, men en kombinasjon med mer nedbør i denne vekstfasen kan gi økte problemer med groskade og større utfordringer med å møte industriens kvalitetskrav.
3. En varmere og våtere vekstsesong vil generelt føre til økte angrep av sykdommer og skadedyr.
4. Økte nedbørsmengder generelt og økt hyppighet av nedbør kan gi større problemer med å få utført våronnarbeidet og andre arbeidsoperasjoner til riktig tid. Det har følger for både avlingsstørrelse og kvalitet, foruten utfordringer knyttet til drenering, jordpakking og dårlig jordstruktur.

Været i de siste årene har gitt oss en påminning om at vi er sårbare for endringer i klimaet, både med hensyn til muligheter for å høste det avlingspotensialet som finnes, og å sikre den kvaliteten som kreves. Det vil være av avgjørende betydning å ha et sortsmateriale som er tilpasset et endret klima. Økt nedbør på høsten vil kreve større investeringer i korntørker for å ta vare på både avling og kvalitet.

4.8 Politiske føringer og virkemidler

4.8.1 Regionale miljøprogram

De regionale miljøprogrammene i områder med kornproduksjon er i stor grad rettet mot erosjon og vannforurensning (næringsstoffer og plantevernmidler), og som sådan også nært koblet til EU's Vannrammedirektiv. Det er spesielt jordarbeidingstiltakene som påvirker kornprodusentene. Redusert jordarbeiding eller fravær av høstpløying har i en del tilfeller marginale effekter på avlingen, i andre tilfeller tydelig negative utslag både på avlingsmengde og kvalitet (ugras og soppsykdommer).

4.8.2 15 % økologisk produksjon og forbruk

Målet om 15 % økologisk produksjon og forbruk, nedfelt i Soria Moria II, er uttrykt som et av de tydeligste landbrukspolitiske målene for Regjeringen Stoltenberg. Regelverket for økologiske produksjon tillater ikke bruk av ordinære plantevernmidler eller mineralgjødsel, noe som medfører

lavere arealproduktivitet sammenlignet med konvensjonell produksjon. Dette gjør seg særlig gjeldende i kornproduksjonen, med spesielt store utslag i de store kornområdene på Østlandet der det er lav husdyrtetthet. Avlingsnedgangen er størst på næringsfattige arealer uten husdyrgjødsel.

Det økologiske kornarealet var i 2012 på ca. 81 000 dekar, dvs. 2,7 % av kornarealet.

4.9 Økonomien i kornproduksjonen

Antall kornprodusenter er redusert fra omlag 22 000 i 1999 til 13 500 i 2010. Samtidig har gjennomsnittlig kornareal (eid + leid) pr. jordbruksbedrift økt fra 150 dekar i 1999 til 240 dekar i 2012.

Etter en lengre periode med til dels betydelig avlingsvekst, har økningen i avlingsnivået flatet ut de siste 10 - 15 årene (Figur 4.2.1).

På 1990 tallet ble kornprisen redusert med omlag én krone pr. kg. Pris endringen ble i hovedsak kompensert gjennom økte arealtilskudd. Kornprisene falt i hele perioden fra 1991-2008, mens arealtilskuddene ble økt noe. De siste fem årene har imidlertid kornprisene hatt en beskjeden økning, og kornprisen lå i 2010 12 % høyere enn i 2000. Tabell 4.10.1. viser at arealtilskuddet utgjør i gjennomsnitt kr 0,89 pr. kg korn omregnet til kornpris basert på utbetalt arealtilskudd i 2011 og gjennomsnittlig areal og avling for perioden 2007 - 2010. Arealtilskuddene betyr mest i Trøndelag, og minst på Østlandets flatbygder.

Tabell 4.9.1 Arealtilskudd omregnet til kornpris, basert på registrert areal, kornleveranse og utbetalt arealtilskudd i 2012. Kilde: SLF

Område	Kr/kg
Østlandets flatbygder	0,74
Andre bygder på Østlandet	0,94
Trøndelag	1,29
Gjennomsnitt for kornområdene	0,89

Driftsmiddelprisene har i perioden 2000 - 2010 økt betydelig mer enn kornprisen (tabell 4.9.2). Særlig gjelder dette gjødsel og drivstoff. Gjødselprisen har steget med hele 84 % fra 2000 til 2010, og prisen på energi og smøremidler har økt med 75 % i den samme perioden. Prisindeksen for skurtreskere viser en stigning på 36 %, mens leieprisen for kornjord har steget med 12 % i den samme perioden.

Tabell 4.9.2 Utviklingen av prisindeksen for inntektene i kornproduksjonen og for ulike innsatsfaktorer. Korninntekter inkl. arealtilskudd er beregnet ut i fra AK-tilskudd (sone 1), RMP-tilskudd og verdien av en byggavling på 365 kg/daa. Kilde: Budsjettnemda for jordbruket og NILF: Håndbok for driftsplanlegging

	1990	1995	2000	2005	2010
Kornpris	170	110	100	95	112
Korninntekter per dekar, inkl. arealtilskudd	109	93	100	103	118
Gjødsel	120	116	100	118	184
Energi og smøremidler	47	85	100	131	175
Andre kostnader i planteprod.	86	98	100	112	128
Skurtreskere	-	104	100	116	136
Jordleie, kornjord	-	-	100	105	112

Summen av alle elementene som er beskrevet ovenfor, har resultert i at vederlaget pr. årsverk i kornproduksjonen ikke har økt i perioden 2000 -2010. Kornproduksjonen har knapt hatt nominell inntektsvekst siden 2000, mens andre jordbruksproduksjoner, og særlig andre samfunnsgrupper, har hatt en betydelig inntektsvekst. Mens kornproduksjonen i 2000 hadde bedre lønnsomhet enn de

fleste andre jordbruksproduksjoner, har dette nå snudd slik at inntektsnivået i kornproduksjonen er blant de laveste i jordbruket.

Tabell 4.9.3 Vederlag til arbeid og egenkapital pr. årsverk inklusive beregnet inntektsverdi før skatt av jordbruksfradraget for fire referansebruk Kilde: Budsjettnemda for jordbruket

Referansebruk		2000	2005	2010	2012	Prosent endring 2000-2010
1	Melk/storfekjøtt 15-22 årskyr	146 100	173 200	230 900	281 800	58
3	Sau 102-140 v.f.	116 500	106 500	152 600	180 000	31
8	Ammekyr 12-28	64 000	114 100	171 200	212 700	167
2	Korn 273-341 dekar	162 000	165 700	174 200	158 100	8

Prisen på det norske kornet ligger i hovedsak over prisen på verdensmarkedet. Det betyr ikke at økonomien i norsk kornproduksjon er bedre enn i våre naboland, siden vi av naturgitte årsaker både har lavere avlinger og har mindre areal og betydelig flere skifter/teiger per bruk. Det gir vesentlig høyere produksjonskostnader per dekar.

