

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 7 Nr. 67 2012

Halm som biobrensel

Tilgjengelige halmmengder, halmbehov til dyrefôr og strø/talle, samt konsekvenser av halmfjerning for jordas bæreevne og kvalitet

Hugh Riley og Mauritz Åssveen, Norwegian Institute for Agricultural & Environmental Research, Bioforsk Øst Apelsvoll

Ragnar Eltun og Jørgen Todnem, Norwegian Institute for Agricultural & Environmental Research, Bioforsk Øst Løken

www.bioforsk.no





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Øst
Bioforsk Arable Crops
Apelsvoll, Nylinna 226
N-2849 Kapp
Tel.: (+47) 40 60 41 00
apelsvoll@bioforsk.no

Tittel/Title:

Halm som biobrensel.
Tilgjengelige halmmengder, halmbehov til dyrefôr og strø/talle, samt konsekvenser av halmfjerning for jordas bæreevne og kvaliteten

Forfatter(e)/Author(s):

Hugh Riley, Mauritz Åssveen, Ragnar Eltun og Jørgen Todnem

<i>Dato/Date:</i> 31.5.2012	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1210 136	<i>Saksnr./Archive No.:</i> 2008/740
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 67/2012	<i>ISBN-13 nr./ISBN-13 no:</i> 978-82-17-00928-3	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 58	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> ingen

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Energigården AS 2760 Brandbu	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Erik Eid Hohle
---	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> biobrensel, halmavling, halmbehov til husdyr, jordkvalitet, næringsinnhold Biofuel, nutrient content, soil quality, straw yield, straw requirements for livestock	<i>Fagområde/Field of work:</i> Bioenergi Biofuels
---	--

Sammendrag:

Rapporten omfatter følgende problemstillinger: 1) Beregning av totale halmavlinger, 2) Halmbehov til fôr og strø/talle, og 3) Konsekvenser av halmfjerning for bærekraftig produksjon. Totale halmmengder ble evaluert ut fra tidligere undersøkelser og ved målinger i nye arts- og sortsforsøk med korn i ulike distrikt og på ulik jord. I eldre forsøk var halmavlingene hos vårkornartene like store eller større enn kornavlingene. Seinere forsøk har vist lavere forholdstall mellom halm og korn for bygg og hvete enn i havre. En undersøkelse av sortenes alder viste at forholdstallet (halm:korn) har avtatt lineært over det siste århundret, mens strå lengden har blitt redusert mest i sortene foredlet de siste 50 årene.

I perioden 2008-2010 ble ulike sorter av tidlig og seint bygg, havre, vårhvete, høsthvete og rug sammenlignet i 22 forsøk utført i 7 distrikt på Østlandet og Sør-Trøndelag. Halmtørrestoffmengdene av bygg og hvete var på samme nivå som på '90-tallet, men de var betydelig lavere enn tidligere i havre. Halmtørrestoffmengdene i høstkorn var ca. 50 % mer hos rug og rughvete enn hos høsthvete. Midlere forholdstall mellom halm- og korntørrestoff var som følger: 6-rads bygg: 0,58; 2-rads bygg: 0,65; havre: 0,76; vårhvete: 0,92; høstkorn: 0,57. Disse forsøka var uten stråforkorting. I tre andre forsøk, med stråforkorting, ble halmtørrestoffmengdene redusert

med 15-30 kg/daa i bygg og havre og med 55 kg/daa i vårhvete. Forholdstallet mellom halm og korn ble redusert minst i tidlig bygg (-0,07), mer i seint bygg og havre (-0,12) og mest i hvete (-0,18). I 2011 ble fordelingen av halmtørrstoff i forhold til strå lengde undersøkt i vårkornartene. Ca. 20 % av det totale halmtørrstoffet ble funnet i de nederste 10 cm. Sett i forhold til stubbing ved 10 cm, viste undersøkelsen at man taper ca. 20-30 % av halmtørrstoffet når det stubbes ved 20 cm, ca. 40-50 % tap ved 30 cm stubbehøyde, og ca. 60-80 % tap ved 40 cm.

Beregning av sannsynlig totale halmavlinger over en årrekke i ulike distrikt ble gjort ved hjelp av SSBs kornavlingsstatistikk på fylkesbasis for årene 2001-2009. Samlet maksimal halmproduksjon med dagens kornareal er ca. 735 tusen tonn tørrstoff pr. år uten stråforkorting og med lavest praktisk gjennomførbare stubbehøyde (10 cm). Ved bruk av stråforkorting synker mengden til ca. 640 tusen tonn, og ved bruk av en mer vanlig stubbehøyde (20 cm) i tillegg, reduseres halmmengden til ca. 480 tusen tonn tørrstoff. Fylkene med mest halm er Østfold, Akershus og Hedmark, mens de andre Østlands- og Trøndelagsfylkene har omtrent like stor halmproduksjon i hvert fylke. Produksjonen i øvrige fylker er liten. Forholdene for halmberging i gjennomsnitt er omtrent like bra over store deler av Østlandet, særlig ved tidlig høsting. Det er trolig vanskeligere å berge tørr halm i Midt-Norge og på Sør-Vestlandet. Halmbehovet til fôr, strø og talle i norsk husdyrproduksjon ble vurdert ut fra en rekke ulike kilder. Det totale behovet ble estimert til ca. 97 tusen tonn tørrstoff, fordelt på 32 % til fôr og 68 % til strø og talle. Nettomengden av halmtørrstoff som kan brukes til andre formål blir dermed ca. 640, 540 og 380 tusen tonn, ved de tre alternativene som er nevnt ovenfor.

Konsekvensene av halmfjerning for jordas fruktbarhet og kvalitet er evaluert i forhold til effekter på avlinger, mengdene av plantenæringsstoff som blir fjernet og sannsynlige endringer i jordas karboninnhold. Tidligere norske forsøk har vist bare små direktevirkninger av halmfjerning på påfølgende kornavlinger. Det kan imidlertid oppstå behov for tilførsel av mer gjødsel. På bakgrunn av tidligere analyser av næringsinnholdet i halm, ble det beregnet at N-innholdet er ca. 0,7-1,5 kg/daa (minst i tidlig bygg, mest i vårhvete), P-innholdet er ca. 0,2-0,3 kg/daa og K-innholdet er 2-3 kg/daa i bygg og hvete og 5 kg/daa i havre. På landsbasis utgjør dette 3400 tonn N, 700 tonn P og 11400 tonn K, noe som tilsvarer hhv. 8, 13 og 63 % av det som blir tilført som mineralgjødsel i dag. Langvarige forsøk i Norden har vist at jordas karboninnhold øker over tid ved nedpløying av halm, men mindre enn med bruk av husdyrgjødsel og langt mindre enn ved engdyrking. Danske modellberegninger tyder på at karboninnholdet vil opprettholdes når det fjernes 50 % av halmen i et system med 80 % korn og bruk av gylle. Størst positiv effekt av halmnedmolding forventes på moldfattig jord, og i ensidige omløp.

Summary:

The report covers the following topics: 1) Calculation of total straw yields, 2) Straw requirements for fodder and bedding, and 3) Consequences of straw removal for sustainable production. Total straw yields were evaluated on the basis of previous studies and measurements in new cereal species and variety trials performed in various districts on contrasting soils. In earlier studies, the straw yields of spring cereals were as great or greater than the grain yields. More recent trials have shown lower quotients between staw and grain in barley and wheat than in oats. An investigation of the effect of variety age showed that the quotient (straw/grain) has decreased linearly over the past century, whilst straw length has decreased most in varieties bred over the last 50 years.

In the period 2008-2010, representative varieties of early and late spring barley, spring oats,

spring and winter wheat and winter rye were compared in 22 trials performed in 7 districts in Eastern and Central Norway. Dry matter (DM) yields of barley and wheat straw were at the same level as those recorded in the 1990's, but oat straw yields were markedly lower than previously. Straw DM yields of winter cereals were ca. 50 % greater in rye and Triticale than in wheat. Mean quotients between straw and grain DM were as follows: 6-row barley: 0.58; 2-row barley: 0.65; oats: 0.76; spring wheat: 0.92; winter cereals: 0.57. These trials were performed without straw shortening. In 3 other trials, straw shortening reduced straw DM yields by 150-300 kg/ha in barley and oats and by 550 kg/ha in spring wheat. The quotient between straw and grain was reduced least in early barley (-0.07), more in late barley and oats (-0.12) and most in wheat (-0.18). In 2011, the distribution of straw DM in relation to straw length was investigated in spring cereals. Ca. 20 % of the total straw DM was found in the lowermost 10 cm. Relative to using a stubble height of 10 cm, the investigation showed that losses of straw DM are ca. 20-30 % when a stubble height of 20 cm is used, ca. 40-50 % with 30 cm, and ca. 60-80 % with 40 cm.

Calculations were made of likely total straw yields over a number of years in various regions of Norway, using Statistics Norway data for cereal yields on a county basis for the years 2001-'09. The total maximum straw production with today's cereal area, in the absence of straw shortening and with the lowest practicably feasible stubble height (10 cm), is ca. 735 thousand tonnes DM per annum. With the use of straw shortening, this figure would be reduced to ca. 640 thousand tonnes and if the more usual stubble height of 20 cm was used as well, the amount of straw DM would be reduced to ca. 480 thousand tonnes. The counties with most straw are Østfold, Akershus and Hedmark, whilst the other Eastern and Central counties each produce similar amounts of straw. The straw production in other counties is small. Conditions for straw harvesting are on average equally favourable throughout most of the Eastern region, especially with early harvesting. It is likely to be difficult to harvest dry straw in Central Norway and in the south-west of the country. Straw requirements for fodder and bedding in Norwegian livestock production were assessed using information gathered from a variety of sources. The total requirement was estimated to be ca. 97 thousand tonnes DM, whereof 32 % for fodder and 68 % for bedding. The net amount of straw DM that may be used for other purposes is thus ca. 640, 540 and 380 thousand tonnes, for the three alternatives that are presented above.

The consequences of straw removal for soil fertility and quality were evaluated in relation to its effects on yields, the amounts of plant nutrients that would be removed and likely changes in the soil's carbon content. Previous Norwegian trials have shown only small direct effects of straw removal on subsequent cereal yields. Straw removal may, however, lead to the need to apply more fertilizer. On the basis of previous analyses of nutrient contents in straw, it was calculated that the N-content is ca. 7-15 kg/ha (least in early barley, most in spring wheat), the P-content is 2-3 kg/ha and the K-content is 20-30 kg/ha in barley and wheat and 50 kg/ha in oats. At the national level, this equates to 3400 tonnes N, 700 tonnes P and 11400 tonnes K. This is equivalent to 8, 13 and 63 %, respectively, of the amounts of these nutrients that are supplied in mineral fertilizer today. Long-term trials in the Nordic region have shown that soil carbon contents increase over time when straw residues are ploughed down, but to a lesser extent than when animal manure is applied and much less than under grassland. Danish model calculations suggest that soil carbon levels would remain unchanged if 50 % of the straw is removed from a farming system with 80 % cereals and annual applications of slurry. The greatest positive effects of straw incorporation are likely to be found on soils with low organic matter and in continuous cereal rotations.

Land/Country:	Norge/Norway
Fylke/County:	Oppland
Kommune/Municipality:	Østre Toten
Sted/Lokalitet:	Apelsvoll

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader



Bernt Hoel



Ragnar Eltun

Innhold

Kapitel		Side
1	Bakgrunn og mål	2
2	Halmavling av ulike kornarter og sorter	
	2.1 Resultater fra forsøk på Kise 1976-1985 og 1998-2001	3
	2.2 Betydningen av sortenes alder for halmmengden	9
	2.3 Resultater fra nyere forsøk	11
	2.4. Sammendrag	26
3	Beregninger av tilgjengelige halmmengder	
	3.1 Fylkesvis kornavlinger og beregnete halmavlinger	27
	3.2 Vurdering av værforholdene ved innhøsting av halm i ulike regioner	32
	3.3 Sammendrag og konklusjon	32
4	Behovet for halm til dyrefôr og strø/talle	
	4.1 Halm til fôr	33
	4.2 Halm til talle	35
	4.3 Halmmengder til fôr og talle	39
5	Konsekvenser av halmfjerning for jordas fruktbarhet og kvalitet	
	5.1 Oversikt over avlingsutslag i norske forsøk	41
	5.2 Innholdet av plantenæringsstoff i halmen	43
	5.3 Oversikt over endringer i jordas karboninnhold og jordstruktur	48
	5.4 Konklusjon	55
	Litteraturhenvisninger	56

1. Bakgrunn og mål

I Norge brukes halm til strø, fôr og i økende grad til produksjon av biovarme. For øvrig blir den pløyd eller harvet ned, mens en mindre del brennes på jordoverflaten. I dette prosjektet kartlegger vi den totale halmressursen her i landet og anslår hvor stor del av dette som kan brukes til biovarme. I dag bruker vi om lag 14 TWh bioenergi og regjeringens mål er å doble dette innen 2020. De viktigste råstoffene for denne økningen vil være ved, flis, trepellets og halm. Norges fulldyrka areal er bare 8,8 mill dekar og det er en klar politisk målsetting at mest mulig av dette skal brukes til matproduksjon. Med denne forutsetningen blir det derfor ulike overskuddsprodukt fra matproduksjonen som er mest aktuelle som energikilder fra jordbruket (Hohle, 2001; Nygård *et al.*, 2007). Av slike produkt peker halm seg ut som den største og viktigste kilden. I den forbindelse vil informasjons- og kunnskapsbehovet for halm som biobrensel øke i årene fremover, dette gjelder både bærekraftig fjerning av halm fra arealer mtp. næringsinnholdet i jorda, men også rasjonell produksjon av halm som biobrensel i forhold til kostnader og fyringskvalitet.

Tidligere beregninger ved Bioforsk Øst Apelsvoll viste at vi kan høste ca. 450 000 t (ca. 1,7 TWh) halm til bioenergi årlig, men dette er svært usikre tall (Nygård *et al.*, 2007). NVE har beregnet at vi har 4,5 TWh i kornavrens og halm (Berg *et al.*, 2003). Forskjellen kan skyldes at vi vet lite om 1) behovet til dyrefôr og strø/talle, 2) halmavling for ulike kornarter og sorter ved forskjellige vekstbetingelser og, ikke minst, 3) hvor mye halm som kan fjernes fra et areal uten at det går på bekostning av mold- og næringsinnholdet i jorda over tid.

Fjerning av halmen fra jordet gjør det mye enklere å bruke jordarbeidingsystemer uten pløying og dermed redusere problemene med jorderosjon og næringsstoffutvasking. Halmbrenning som metode for fjerning av halm gir helseproblemer og brannfare, og denne praksisen blir derfor forbudt i flere og flere kommuner. Ved å høste halmen til bioenergi vil en således legge forholdene til rette for reduserte miljøproblemer i jordbruket og fjerne en kilde til allergi. På den annen side bidrar halmen ved ensidig korndyrking til å opprettholde innholdet av organisk materiale i jorda og den inneholder næringsstoffer som kalium, kalsium, fosfor og magnesium. Særlig på leirjord er det organiske materiale viktig for jordstrukturen, nærings- og vannopptak. På slik jord vil intensiv fjerning av halm kunne gå på bekostning av det organiske materialet i jorda og dermed forringe jorda (Uhlen, 1991; Zang *et al.* 2007).

Målsettingene med arbeidet som presenteres i denne rapporten har vært som følger:

1. Evaluering av halmavlinger i norsk kornproduksjon, ut fra tidligere undersøkelser og ved målinger i nye arts- og sortsforsøk med korn i ulike distrikt og på ulik jord (*kapittel 2*)
2. Beregning av sannsynlig totale halmavlinger over en årrekke i ulike distrikt (*kapittel 3*)
3. Estimering av halmbehovet til fôr, strø og talle i norsk husdyrproduksjon (*kapittel 4*)
4. Konsekvensene av halmfjerning for jordas fruktbarhet og kvalitet (*kapittel 5*)

2. Halmavling av ulike kornarter og sorter

2.2 Resultater fra forsøk på Kise 1976-1985 og 1998-2001

Målinger av både korn og halm presenteres fra to forsøksserier på middels tørkesterk, moldrik lettleire (morenejord) på Kise forsøksgård i tidsrommet 1976-1985 og 1998-2001. Det første forsøket sammenlignet forsøksledd med og uten vanning, og med og uten radgjødsling ved N-gjødselmengdene 0, 5, 10 og 15 kg N/daa. Forsøksopplegget er beskrevet av Ekeberg (1988). Det ble dyrket torads bygg i alle 10 årene (*Møyar* i 4 og *Gunilla* i 6 år), mens havre (*Mustang*) og vårhvete (*Runar*) ble dyrket i 8 år. Det andre forsøket sammenlignet ledd med og uten pløying ved gjødselmengdene 0, 6, 9 og 12 kg N/daa. Forsøksopplegget er beskrevet av Riley (2006). Torads bygg (*Tyra*), havre (*Belinda*) og vårhvete (*Bastian*) ble dyrket i alle 4 årene. Begge forsøkene hadde faktorielle split-plot forsøksplaner med fire fullstendige gjentak.

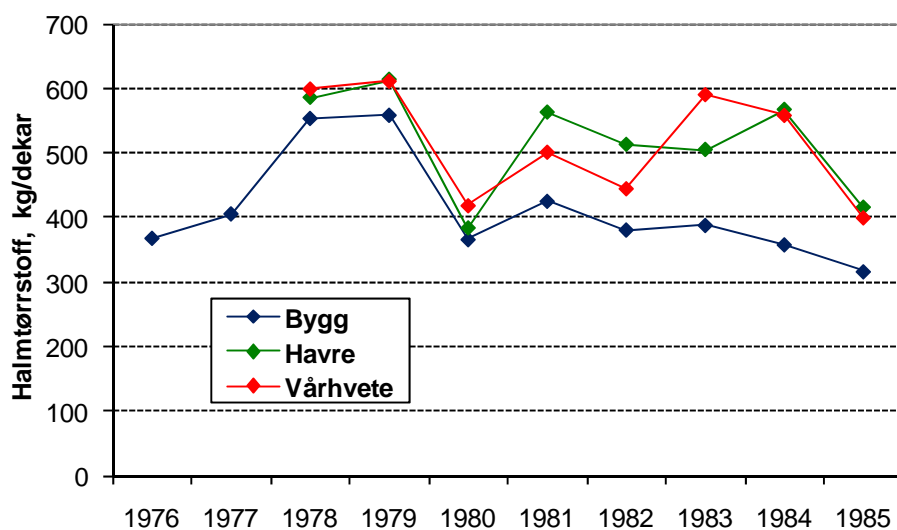
Det ble ikke brukt stråforkortingsmiddel i disse forsøkene. Halmen ble kuttet i ca. 10 cm høyde med forsøksstresker, og oppgis her som tørrstoffmengder. Strå lengden ble også registrert i det første forsøket. Middeltall for tørrstoff av halm og korn vises i tabell 2.1 for det første forsøket og i tabell 2.2 for det andre forsøket. (Ledd uten gjødsling vises ikke her).

Tabell 2.1. Tørrstoffmengder av halm og korn, forholdstall mellom halm og korn og halmmengder, midler for forsøksledd uten og med vanning ved tre N-gjødselmengder

	Halmtørrstoff (kg/daa)			Korntørrstoff (kg/daa)		
	5 kg N	10 kg N	15 kg N	5 kg N	10 kg N	15 kg N
Bygg (1976-'85)						
Uten vanning	320	432	450	317	413	424
Med vanning	327	452	489	325	432	442
<i>Middel</i>	323	442	470	321	422	433
Havre (1978-'85)						
Uten vanning	428	519	537	390	490	502
Med vanning	444	578	601	415	512	533
<i>Middel</i>	436	549	569	403	501	517
Hvete (1978-'85)						
Uten vanning	426	533	546	300	395	401
Med vanning	448	558	583	324	416	440
<i>Middel</i>	437	545	564	312	406	420
	Forholdstall (halm:korn)			Strå lengde (cm)		
Bygg (1976-'85)	5 kg N	10 kg N	15 kg N	5 kg N	10 kg N	15 kg N
Uten vanning	1,01	1,05	1,06	56	66	69
Med vanning	1,00	1,05	1,11	60	73	77
<i>Middel</i>	1,01	1,05	1,09	58	69	73
Havre (1978-'85)						
Uten vanning	1,10	1,06	1,07	68	80	82
Med vanning	1,07	1,13	1,13	77	91	96
<i>Middel</i>	1,08	1,09	1,10	73	85	89
Hvete (1978-'85)						
Uten vanning	1,42	1,35	1,36	75	84	84
Med vanning	1,38	1,34	1,32	81	87	88
<i>Middel</i>	1,40	1,34	1,34	78	85	86

Det var relativt store avlinger av både korn og halm i det første forsøket. Det var stor økning i begge når gjødsling steg fra 5 til 10 kg/daa, men relativt lite deretter. Vanning gav noe større økning i halmavling enn i kornavling i noen tilfeller, for eksempel ved sterk gjødsling i havre. I gjennomsnitt gav vanning mindre enn 10 % avlingsutslag, både fordi jorda var tørkesterk og fordi det var flere år uten sterk tørke i denne perioden.

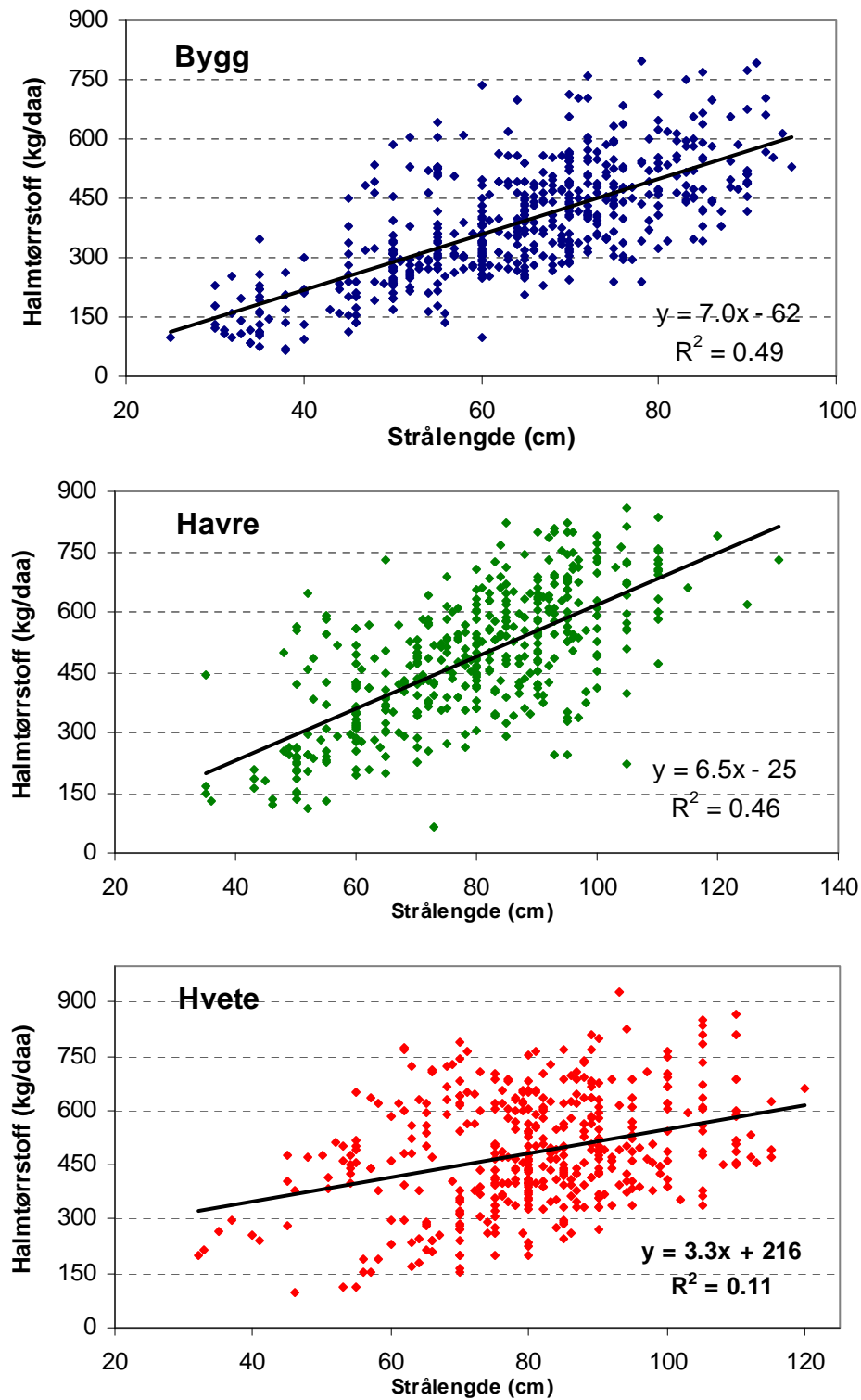
Strå lengden var 10-20 cm lengre i havre og hvete enn i bygg og tørrstoffmengden i halmen var ca. 100 kg/daa mindre hos bygg. Bygg og havre hadde opp til ca. 10 % mer tørrstoff i halmen enn i kornet, mens hos vårhvete var det ca. 35 % mer tørrstoff i halm enn i korn. Halmtørrstoffmengdene varierte en god del mellom årene, som vist i figur 2.1. Variasjonen var fra omkring 300 til 550 kg/daa hos bygg, og fra 400 til 600 kg/daa hos havre og hvete.



Figur 2.1. Årsvariasjonen i halmtørrstoffmengder i forsøket på Kise mellom 1976-'85 (midler av forsøksledd med ulik vanning, og av gjødselmengder 5, 10 og 15 kg N/da).

Forholdet mellom strå lengde og tørrstoffmengden i halmen vises for dette forsøket i figur 2.2. For å få større spredning i halmmengden, er det også tatt med forsøksledd uten gjødsling. Figuren viser at tørrstoffmengden stiger med ca. 6-7 kg pr. centimeter økning i halmlengde hos bygg og havre, men bare omtrent halvparten så mye hos vårhvete. Sammenhengene viser imidlertid stor spredning, spesielt hos hvete, trolig pga. variasjoner i plantetetthet, stråtykkelse og annet. Dette viser at strå lengde alene neppe er en god indikator av tørrstoffmengden i halmen.

Resultatene fra det andre forsøket viste et generelt noe lavere avlingsnivå, spesielt i mengden av bygg- og hvete halm. Her økte tørrstoffmengden i halmen opp til største N-gjødselmengde (12 kg N). Mengden var størst hos havre og minst hos bygg. Forholdstallene mellom halm og korn var betydelig lavere for bygg og hvete (hhv. ca. 0,7 og 0,8) enn de var i det første forsøket, trolig som følge av at det her ble brukt nyere sorter med mindre halm. Forholdstallet for havre var imidlertid på samme nivå som før (ca. 1,1). Også i dette forsøket var det en del variasjon i halmmengden mellom årene (220-260 kg tørrstoff hos bygg, 360-490 kg hos havre og 270-440 kg hos vårhvete, i middel av forsøksleddene med 6, 9 og 12 kg N/daa).



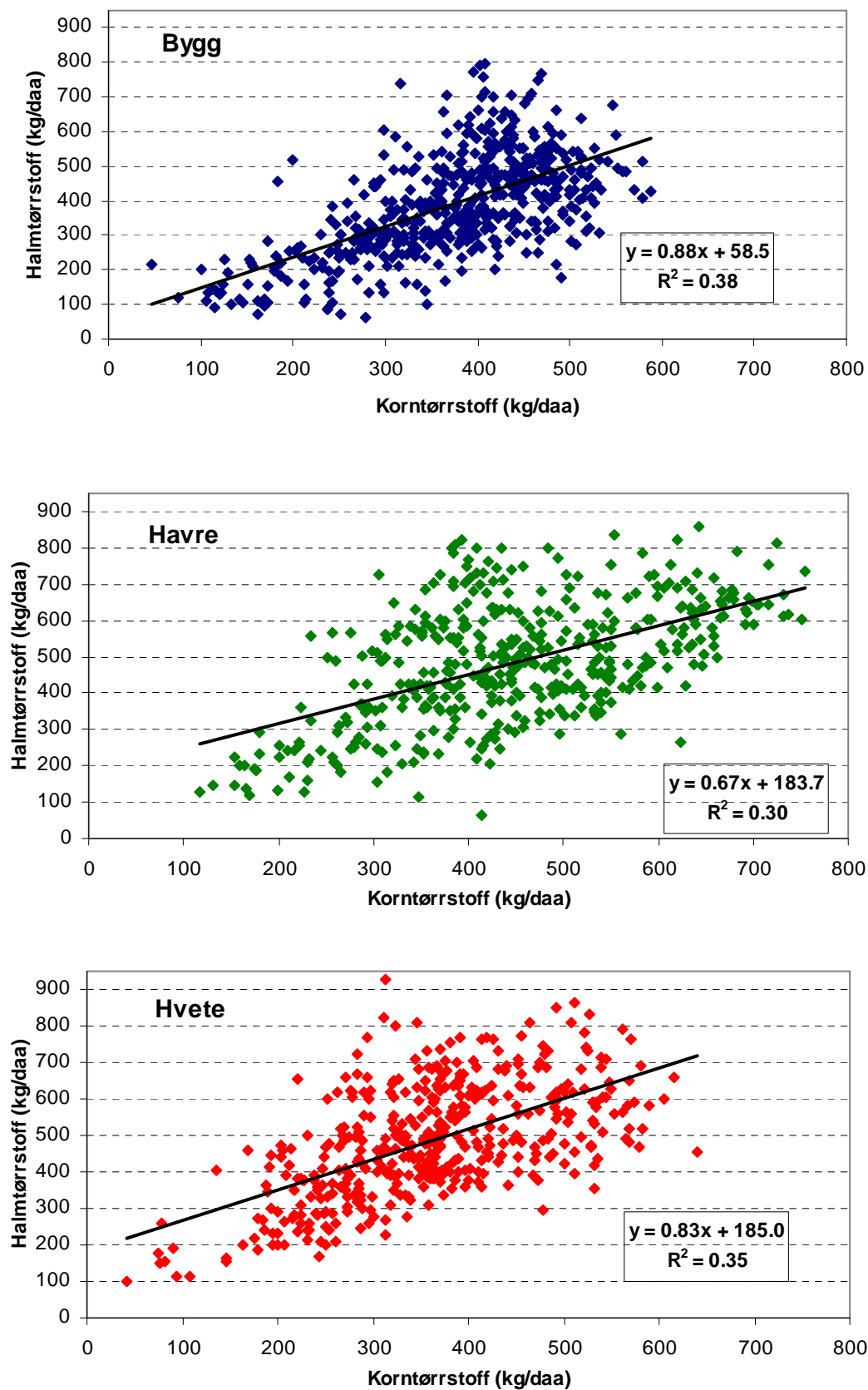
Figur 2.2. Sammenhengen mellom strårlengde og tørrstoffmengden i halmen, for de tre kornartene i forsøket på Kise mellom 1976 og 1985.

Tabell 2.2. Tørrstoffmengder av halm og korn, og forholdstall mellom halm og korn ved tre N-gjødselmengder, midler for forsøksledd uten og med pløying og årene 1998-2001

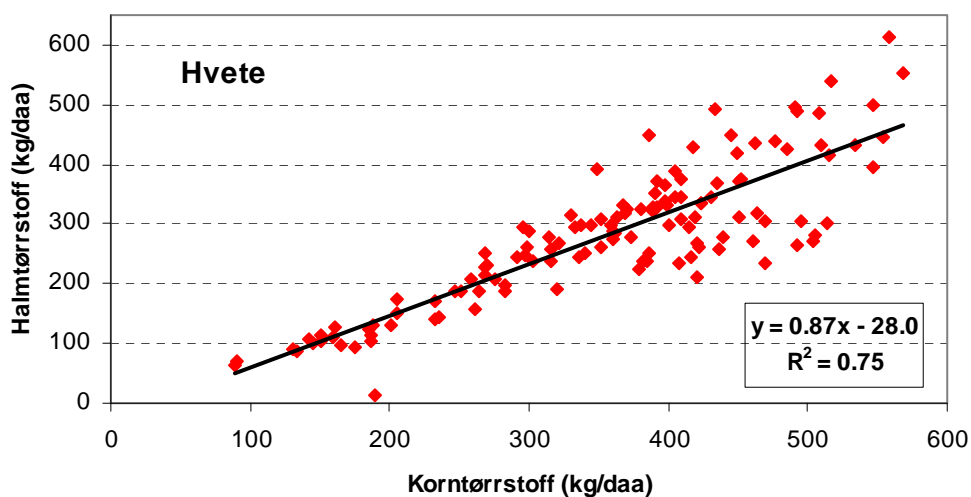
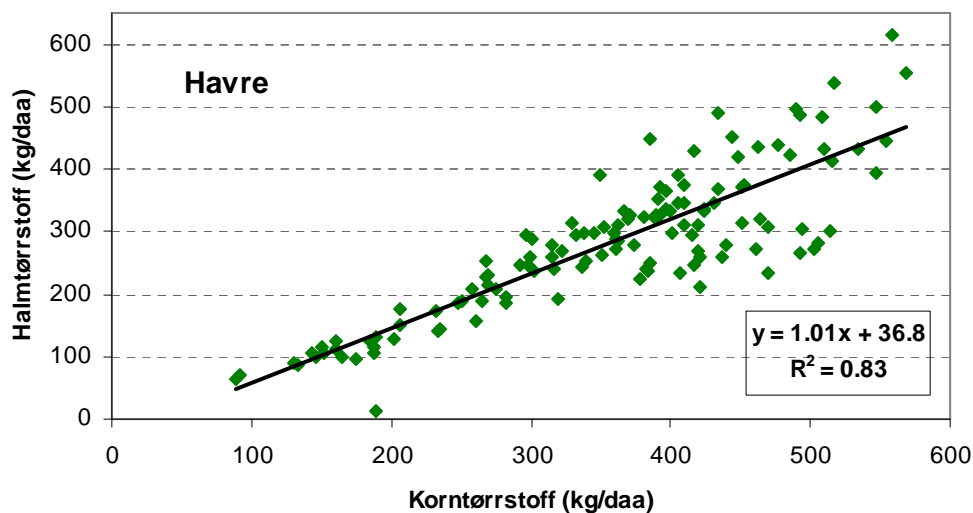
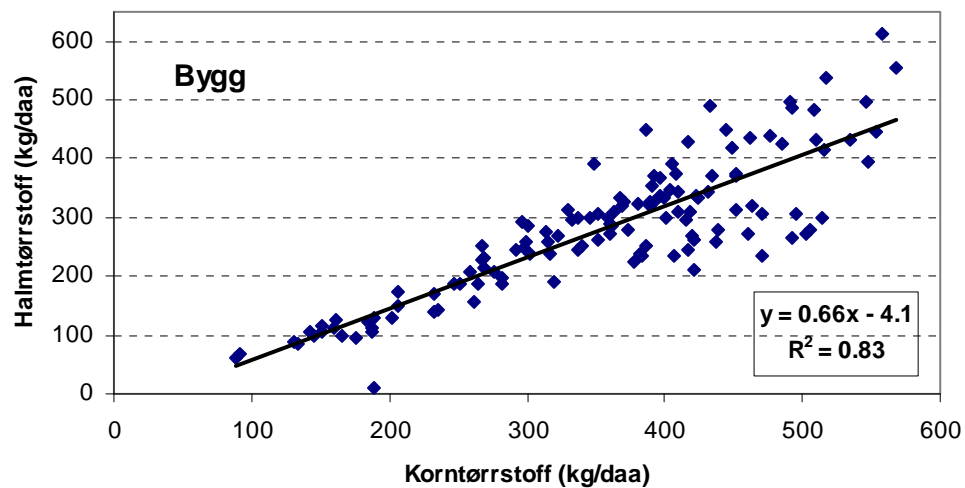
	Halmtørrstoff (kg/daa)			<i>Middel</i>
	<u>6 kg N</u>	<u>9 kg N</u>	<u>12 kg N</u>	
Bygg	211	235	296	248
Havre	397	420	432	416
Vårhvete	303	332	342	326
<i>Middel</i>	304	329	356	330
	Korntørrstoff (kg/daa)			<i>Middel</i>
	<u>6 kg N</u>	<u>9 kg N</u>	<u>12 kg N</u>	
Bygg	330	368	422	373
Havre	356	378	377	370
Vårhvete	373	413	423	403
<i>Middel</i>	353	386	407	382
	Forholdstall (halm:korn)			<i>Middel</i>
	<u>6 kg N</u>	<u>9 kg N</u>	<u>12 kg N</u>	
Bygg	0,64	0,64	0,70	0,66
Havre	1,12	1,11	1,14	1,12
Vårhvete	0,81	0,81	0,81	0,81
<i>Middel</i>	0,86	0,85	0,87	0,86

For å kunne estimere tilgjengelige halmmengder på bakgrunn av kornavlingene, er det av interesse å se på sammenhengen mellom halm- og korntørrstoffmengdene. For forsøkene på Kise er disse mengdene plottet mot hverandre i figurer 2.3 (1976-1985) og 2.4 (1998-2001). I begge tilfellene er det tatt med de ugjødslete rutene i tillegg til de som hadde fått gjødsel, slik at materialet dekker en stor spredning i avlingsnivå.

Det var relativt dårlig sammenheng mellom mengdene av korn- og halmtørrstoff i det første forsøket. Mindre enn < 40 % av variasjonen i halmmengden kunne forutsis på grunnlag av kornmengden. Konstantleddet i regresjonsligningene var store, spesielt for havre og hvete. Det andre forsøket viste langt bedre sammenhenger, spesielt ved kornavlinger opp til ca. 360 kg tørrstoff (425 kg ved 15 % vann). Regresjonsligningene forklarte ca. 80 % av variasjonen. Ved høye avlingsnivå var det en del spredning hos alle tre kornarter. På samme måte som vist i tabell 2.2, var det mest halm hos havre og minst hos bygg, sett i forhold til kornavlingen. Konstantleddene i disse regresjonsligningene var i dette tilfellet ganske små, noe som betyr at de kan brukes til å estimere halmavlingene rimelig godt, også ved lave kornavlinger.



Figur 2.3. Sammenhengen mellom halmtørrstoff og korntørrstoff, for de tre kornartene i forsøket på Kise mellom 1976 og 1985 (inklusive ledd uten N-gjødsel).



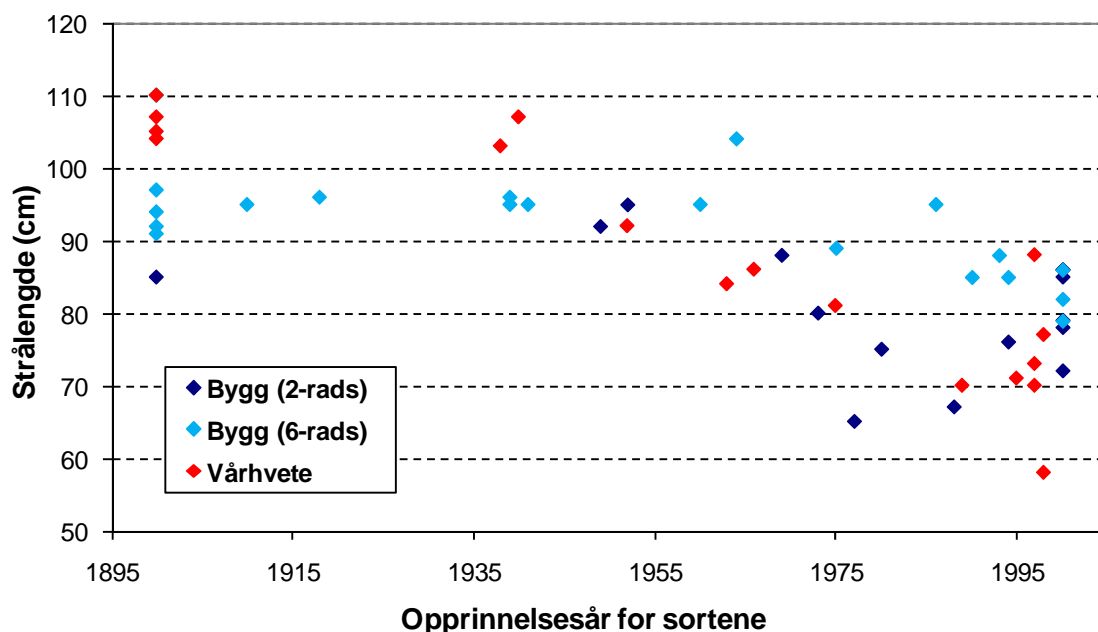
Figur 2.4. Sammenhengen mellom halmtørrstoff og kornetørrstoff, for de tre kornartene i forsøket på Kise mellom 1998 og 2001 (inklusive ledd uten N-gjødsel).

2.2 Betydningen av sortenes alder for halmmengden

Det er velkjent at kornprosenten har økt betydelig det siste århundre som følge av foredling. I et dansk forsøk i 2007 ble 82 høstvetesorter med opprinnelsesår fra mellom 1900 og 2005 sammenlignet (Ugilt Larsen et al., 2009). Forsøket viste en jevn økning i kornavling gjennom hele perioden, og en viss nedgang i halmavlingen. Strå lengden var blitt markert redusert hos sorter foredlet de siste 50 årene, fra ca. 100 cm i 1960 til ca. 70 cm i dag. I samme tidsrom hadde forholdstallet mellom halm og korn gått ned fra ca. 0,7 til nesten 0,5.

På Apelsvoll ble det i 2000 utført et forsøk på oppdrag for Norsøk (nåværende Bioforsk Økologisk) for å sammenligne en rekke egenskaper hos eldre og nyere bygg- og hvetesorter, med tanke på å velge ut sorter til bruk i et senere forsøk (Løes, 2003). Det ble brukt normal gjødselmengde på feltet. Halmlengdene ble registrert i dette forsøket og i figur 2.5 er disse plottet mot sortenes opprinnelsesår. Dette viser en ca. 40 % reduksjon i strå lengden hos 2-rads byggsorter og vårhvetesorter som ble foredlet rundt århundreskiftet, sett i forhold til de som ble foredlet før 1960. Nedgangen i strå lengde hos 6-rads byggsorter var noe mindre.

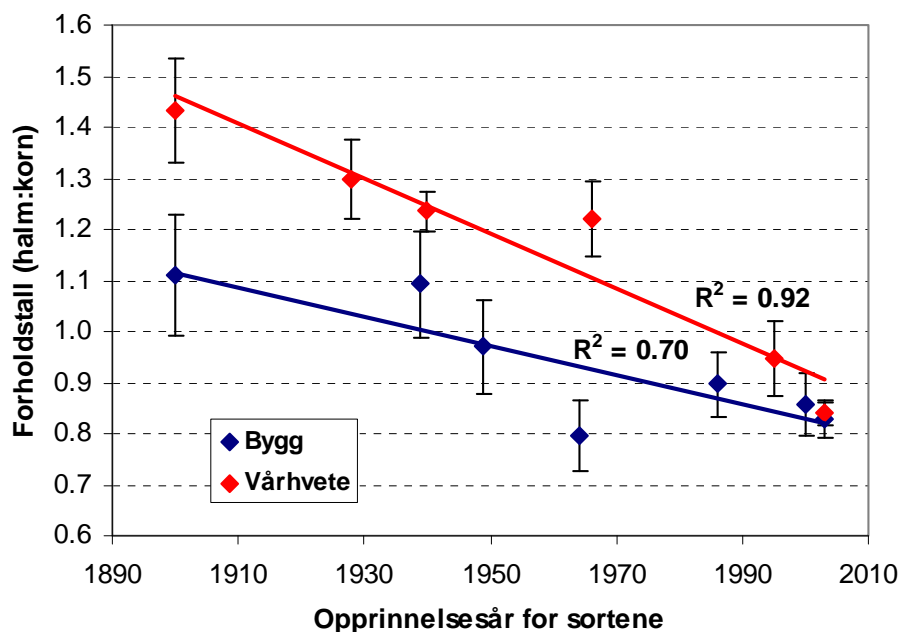
Et utvalg ble gjort av 11 byggsorter og 9 hvetesorter, som ble brukt videre på Kise i 2001 for å undersøke bl.a. utviklingen av rothår ved lav næringstilgang (Løes, 2003). Feltet ble utført på et økologisk drevet areal med lav næringstilgang. Både korn- og halmavlingene ble målt, og dette gir oss også anledning til å sammenligne forholdstallene mellom halm og korn. Det var en positiv sammenheng mellom kornavling og sortenes opprinnelsesår (tabell 2.3), men halmavlingene viste ingen klar trend, hverken opp eller ned. I løpet av århundret hadde sortsutviklingen gitt betydelige endringer i forholdstallene mellom halm- og kornstørrelse, med en reduksjon fra ca. 1,4 til 0,9 hos hvete og fra 1,1 til 0,8 hos bygg (figur 2.6).



Figur 2.5. Strå lengde målt hos nyere og eldre bygg- og vårhvetesorter dyrket ved normal gjødselstyrke på Apelsvoll i 2000, plottet mot opprinnelsesåret for sortene.

Tabell 2.3. Halm- og korntørrstoffmengder (kg/daa) og forholdet mellom dem (halm:korn) i et utvalg av bygg- og vårhvetesorter dyrket ved lav næringstilgang på Kise i 2001

	<u>Sortsnavn</u>	<u>Opprinnelsesår</u>	<u>Halmtørrstoff</u>	<u>Korntørrstoff</u>	<u>Forholdstall</u>
BYGG	Dønnes	1900	221	203	1,11
	Herse	1939	252	236	1,09
	Herta	1949	242	249	0,97
	Lise	1964	218	277	0,80
	Tore	1986	227	257	0,90
	Fager	2000	192	228	0,86
	NK94682	>2000	254	330	0,78
	NOB013	>2000	275	279	1,00
	NOB019	>2000	243	292	0,83
	NOB9306	>2000	224	277	0,80
	NOB9319	>2000	199	274	0,73
HVETE	Børsum	1900	276	194	1,43
	Diamant	1928	249	191	1,30
	Snøgg	1940	274	223	1,24
	Møystad	1966	288	239	1,22
	Brakar	1995	181	195	0,95
	NK0058	>2000	193	262	0,75
	NK97535	>2000	279	312	0,90
	NK97537	>2000	269	332	0,81
	NK98602	>2000	260	290	0,90



Figur 2.6. Forholdstallene mellom halm- og korntørrstoffmengder (halm:korn) i et utvalg av bygg- og vårhvetesorter dyrket på Kise i 2001, plottet mot opprinnelsesåret for sortene.

2.3 Resultater fra nyere forsøk

2.3.1 Feltforsøk utført i 2008-2010 på Bioforsk Apelsvoll og i ulike andre distrikt

Målet var å bestemme halmavling for ulike kornarter og sorter under forskjellige dyrkingsforhold, for å skaffes nødvendige grunnlagsdata til å utvikle en modell for beregning av halmavlinger i et distrikt basert på statistikk over areal og kornavlinger av ulike arter/-sorter.

Materiale og metoder

A. Vårkorn:

Forsøk ble lagt ut i alle tre åra på forsøkslokaliteter i Østfold, Vestfold, Akershus (Romerike), Hedmark (Solør) og Oppland (Østre Toten), i 2009 og 2010 i Sør-Trøndelag og bare i 2009 på Hedemarken. Følgende sorter ble tatt med:

<u>Tidlig bygg (6-rads)</u>	<u>Seint bygg (2-rads)</u>	<u>Havre</u>	<u>Vårhvete</u>
Arve	Axelina	Aveny	Bastian
Famke	Edel (6-rads)	Belinda	Berserk
Habil	Helium	Gere	Bjarne
Heder	Iver	Hurdal	Demonstrant
Tiril	Tocada	Nes	Møystad
Ven	Tyra	Ringsaker	Zebra

Forsøkene ble anlagt som split-plot forsøk med arter på storruter og sorter på småruter, med to gjentak. Artene ble behandlet mest mulig i tråd med vanlig dyrkingspraksis når det gjelder gjødsling, ugrassprøyting og fungicidbehandling, men uten vekstregulering. I Oppland (på Bioforsk Øst Apelsvoll) ble det hvert år anlagt et felt med stråforkorting i tillegg til det ubehandlede feltet. På disse feltene ble middelet *Moddus* brukt til stråforkorting, med følgende doser: Havre: 15 ml/daa; Vårhvete: 25 ml/daa; Bygg 30 ml/daa. Sprøyting skjedde ved BBCH 31-37 i havre og BBCH 31-39 hos bygg og hvete (tidlig strekningsstadiet). Feltene lå side om side med feltene uten stråforkorting. Her blir de sammenlignet med hverandre, selv om denne sammenligningen ikke er ideell statistisk sett, da behandlingene (med og uten forkorting) ikke er tilfeldig fordelt.

Følgende registreringer ble gjort i forsøksfeltene:

Halm

- Strå lengde, cm
- Legde, %
- Ruteavling, så lav stubbing som mulig, dvs. ca. 10 cm
- Vanninnhold i halmen v/høsting
- Beregning av halmavling, kg tørrstoff pr. dekar

Korn

- Ruteavling
- Vanninnhold i kornet v/høsting
- Beregning av kornavling, kg/dekar (15 % vann)
- Sjukdommer, %
- Kvalitetsanalyser: hektolitervekt, kg og protein, %

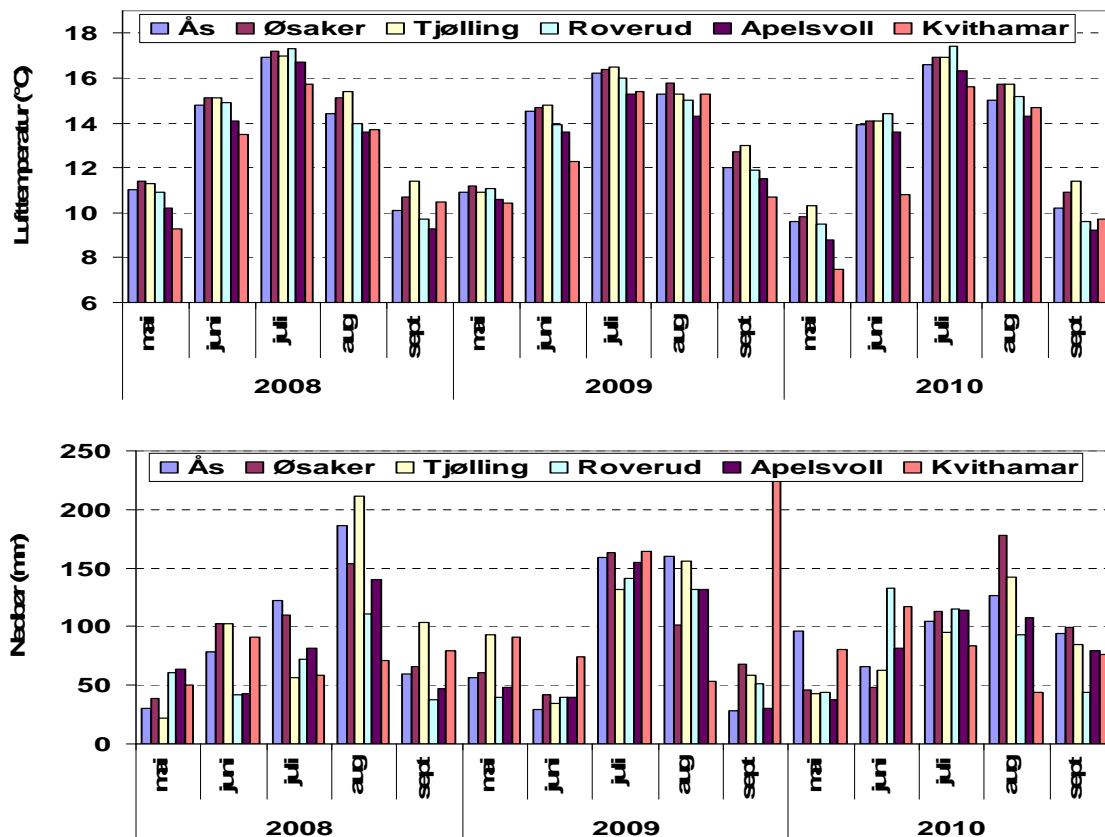
B. Høstkorn:

Forsøk ble lagt ut på forsøkslokaliteter i Østfold og Oppland (Østre Toten) i 2009 og 2010. Forsøkene ble utført på samme måte som vårkornfeltene. Strå lengdemålinger manglet i to felt. Følgende sorter ble tatt med:

<u>Høsthvete</u>	<u>Rug</u>	<u>Rughvete (bare i 2010)</u>
Anthus	Brasetto (bare i 2009)	Dinaro
Bjørke	Caspian (bare i 2010)	Grenado
Finans	Danko	Pizarro
Kuban	Diamant (bare i 2009)	Tulus
Magnifik	Evolo	
Mjølnær	Palazzo (bare i 2010)	
Olivin	Picasso	

Værforhold i forsøksårene

Figur 2.7 viser lufttemperatur og nedbør for representative steder i årene 2008-'10 (mai-sept.). Temperaturene var nokså like alle steder på Sør-Østlandet og i Solør, noe lavere i Oppland og lavest i Trøndelag. De var generelt noe høyere enn normalt i denne perioden. Det var relativt mye nedbør i august i alle tre årene, bortsett fra i Trøndelag, der det var tørrere enn vanlig. I september 2009 var det svært fuktig i Trøndelag. Det var ingen langvarige tørkeperioder i disse forsøksårene, men på hele Østlandet var det relativt tørt i juni 2009. Dette gjaldt også på Nord-Østlandet i 2009 og Sør-Østlandet i 2010.



Figur 2.7. Lufttemperatur og nedbør i vekstsesongen 2008-2010 for utvalgte målestasjoner som representerer lokalitetene der forsøkene ble utført (Ås=Akershus, Øsaker=Østfold, Tjølling=Vestfold, Roverud=Solør, Apelsvoll=Oppland og Kvithamar= Nord Trøndelag).

Resultater

A. Vårkorn:

Kornavlingene i feltene uten stråforkorting var relativt høye (i gjennomsnitt ca. 500 kg /daa, ved 15 % vann). De var lavere i hvete enn for bygg og havre, spesielt i Østfold (tabell 2.4).

Avlingsnivået var generelt lavere i Sør-Trøndelag enn på Østlandet. Halmavlingen utgjorde litt over 70 % av kornavlingen. Den var lavest i Østfold og Sør-Trøndelag, og til dels i Solør. Strå lengden var lavest hos seint bygg, og omtrent likt for de andre kornartene. Til tross for de små halmavlingene der, skilte Sør-Trøndelag seg ut i forhold til de andre lokalitetene, med betydelige lengre halm hos alle fire kornslag.

I middel av de tre årene var halmtørrstoffmengdene i området 250-300 kg/daa hos bygg og 300-350 kg/daa hos havre og hvete. De relativt høye halmavlingene på Romerike kan ha sammenheng med jordtypen de ble dyrket på (siltjord), og er derfor ikke helt representative for distriktet som helhet, med mye bakkeplanert leirjord. De høye tall for hvete på Hedmark stammer fra bare ett felt i 2009.

Forholdstallene mellom halm og korn var i gjennomsnitt lavest i tidlig bygg (0,58), noe høyere i seint bygg (0,65), nest høyest i havre (0,76) og høyest i hvete (0,98). Det var imidlertid en del variasjoner mellom distriktene. Seint bygg og havre hadde lave forholdstall i Østfold. Havre og hvete hadde høye forholdstall på Romerike og i Hedmark.

Det var betydelig variasjon mellom årene i mengden av halmtørrstoff hos alle kornslagene (figur 2.8). Årene 2009 og 2010 skilte seg fra 2008 med generelt lave halmavlinger, spesielt i 2009 i Solør og 2010 i Østfold. Det var vanskelig å se direkte årsakssammenhenger mellom værforholdene og halmmengdene i de enkelte årene. Sein såing kan ha spilt en rolle i Solør. Mye nedbør i august i 2010 kan muligens ha ført til tap av halmtørrstoff i Østfold. I tidlig bygg varierte halmtørrstoffmengdene fra bare 100 kg til 300 kg, i seint bygg fra ca. 100-200 kg til over 400 kg, mens variasjonen mellom årene var noe mindre i havre og hvete.

I middel av alle lokaliteter og alle tre år, var det bare relativt små variasjoner mellom sorter innenfor samme kornslag når det gjaldt strå lengde og forholdstallene mellom halm og korn (tabell 2.5). Det var noen unntak til dette: *Edel* hadde lengre halm men mindre halmtørrstoff enn de andre seine byggsorter, trolig fordi den er en 6-rads sort. *Møystad* hvete, som er en gammel sort, hadde betydelig lengre halm og høyere forholdstall mellom halm og korn enn de andre hvetesorter. Uten denne sorten, er midlere forholdstall mellom halm og korn i vårhvete lavere (0,92). Det er derfor mest realistisk å bruke denne verdien i videre halm beregninger. Det var ingen sammenheng mellom strå lengde og halmtørrstoffmengden hos bygg og havre, og bare en svak sammenheng hos vårhvete (figur 2.9).

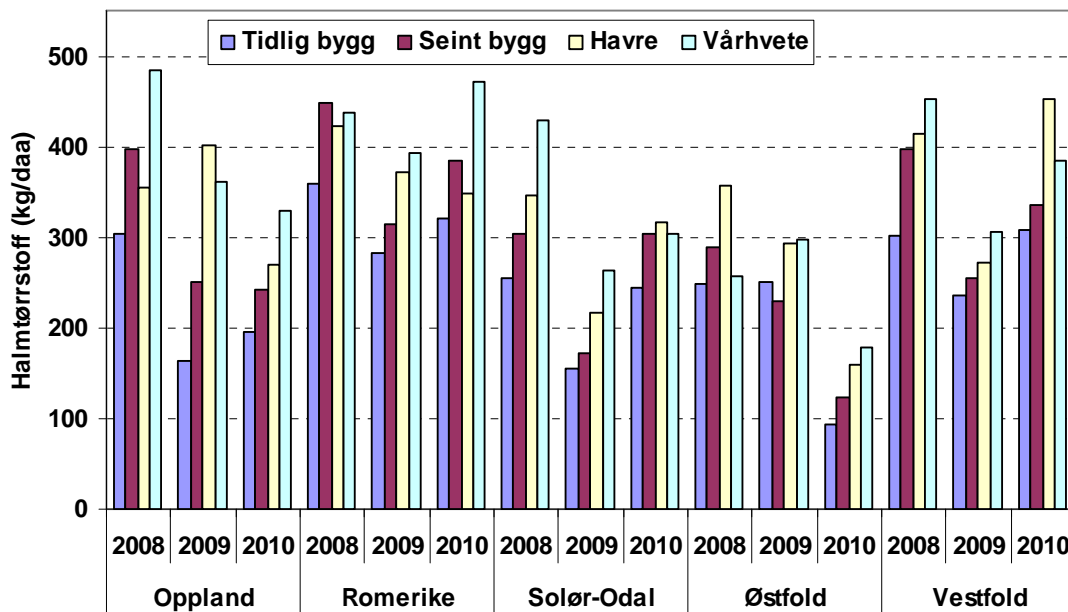
Tabell 2.4. Halm- og korntørrstoffmengder (kg/daa), strå lengde (cm) og forholdet mellom halm og korn, uten stråforkorting, målt på seks lokaliteter i 2008-2010. Middel av 6 sorter

Halmtørrstoff	<u>Tidlig bygg</u>	<u>Seint bygg</u>	<u>Havre</u>	<u>Vårhvete</u>	<u>Middel</u>
Østre Toten	221	296	342	392	313
Romerike	320	382	381	434	379
Solør	217	260	293	332	276
Østfold	198	213	270	245	231
Vestfold	282	329	380	381	343
Sør-Trøndelag	179	196	277	300	238
Hedemarken	291	299	446	422	365
<i>Middel</i>	242	285	333	354	304
Korntørrstoff					
Østre Toten	471	460	466	434	458
Romerike	552	528	444	392	482
Solør	371	419	428	382	400
Østfold	388	425	461	268	386
Vestfold	440	480	470	459	462
Sør-Trøndelag	310	298	387	267	316
Hedemarken	410	425	399	367	400
<i>Middel</i>	427	442	443	373	421
Strå lengde					
Østre Toten	66	60	77	73	69
Romerike	77	67	84	76	76
Solør	67	60	76	78	70
Østfold	70	62	71	66	67
Vestfold	69	64	79	77	72
Sør-Trøndelag	93	85	112	92	95
Hedemarken	61	57	71	62	63
<i>Middel</i>	71	64	79	74	72
Forholdstall					
Østre Toten	0,47	0,68	0,76	0,92	0,71
Romerike	0,59	0,73	0,91	1,17	0,84
Solør	0,60	0,62	0,70	0,88	0,70
Østfold	0,51	0,49	0,58	0,90	0,62
Vestfold	0,66	0,70	0,81	0,85	0,76
Sør-Trøndelag	0,60	0,67	0,72	1,14	0,78
Hedemarken	0,71	0,70	1,12	1,17	0,93
<i>Middel</i>	0,58	0,65	0,76	0,98	0,74

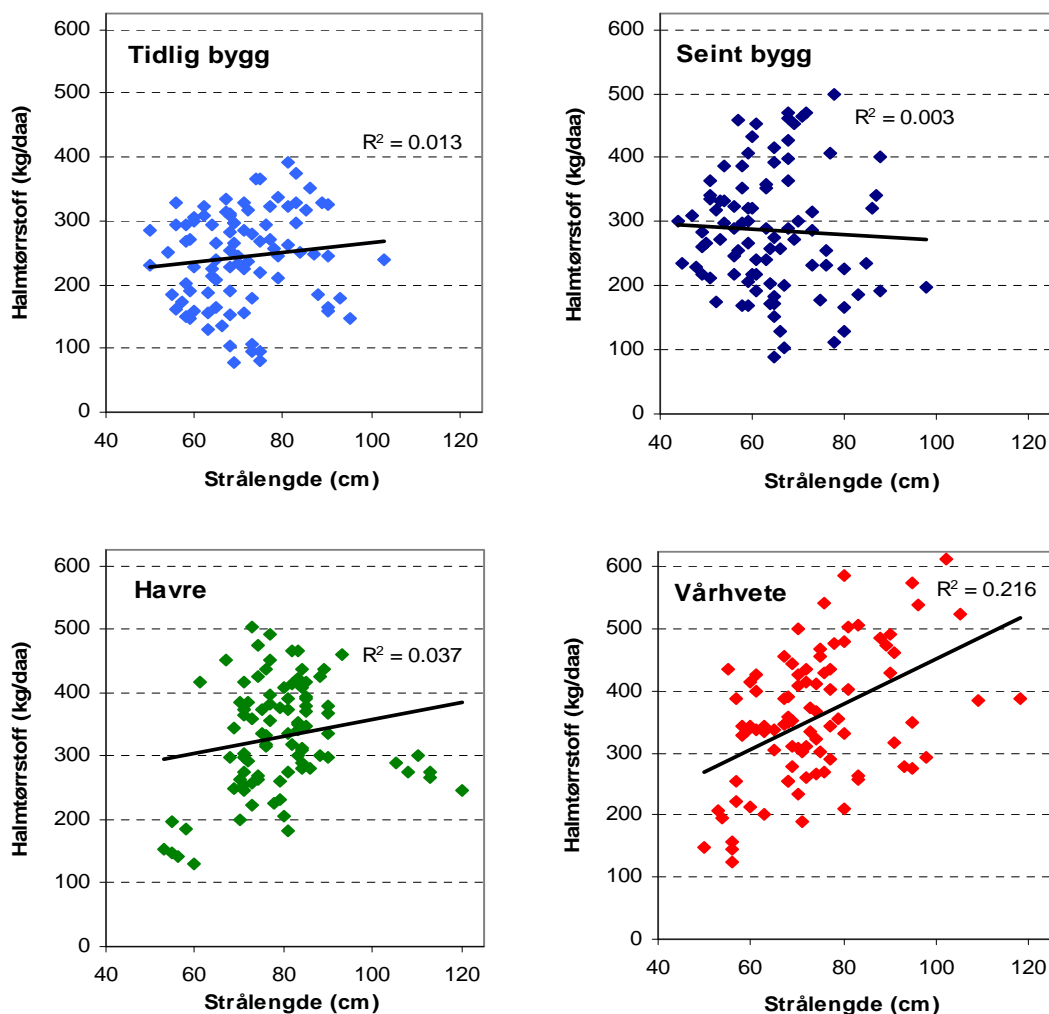
Tabell 2.5. Halm- og korntørrstoffmengder (kg/daa), strå lengde (cm) og forholdet mellom halm og korn, uten stråforkorting, målt i ulike sorter i 2008-2010. Middel av 7 lokaliteter

Tidlig bygg	<u>Halmtørrstoff</u>	<u>Korntørrstoff</u>	<u>Strå lengde</u>	<u>Forholdstall</u>
Arve	228	425	75	0,55
Famke	233	422	65	0,56
Habil	261	426	74	0,63
Heder	245	434	71	0,57
Tiril	239	426	71	0,57
Ven	249	432	69	0,59
<i>Middel</i>	<i>242</i>	<i>427</i>	<i>71</i>	<i>0,58</i>
Seint bygg				
Axelina	298	439	68	0,68
Edel*	259	468	74	0,56
Helium	275	442	56	0,62
Iver	280	426	60	0,67
Tocada	320	452	64	0,72
Tyra	277	427	62	0,65
<i>Middel</i>	<i>285</i>	<i>442</i>	<i>64</i>	<i>0,65</i>
Havre				
Aveny	338	418	81	0,82
Belinda	357	463	78	0,77
Gere	312	427	77	0,74
Hurdal	339	432	83	0,80
Nes	328	467	78	0,71
Ringsaker	326	454	79	0,73
<i>Middel</i>	<i>333</i>	<i>443</i>	<i>79</i>	<i>0,76</i>
Vårhete				
Bastian	313	352	67	0,90
Berserk	312	346	68	0,91
Bjarne	313	372	64	0,86
Demonstrant	371	416	74	0,92
Møystad	429	349	92	1,28
Zebra	386	400	77	1,00
<i>Middel</i>	<i>354</i>	<i>373</i>	<i>74</i>	<i>0,98</i>

* 6-radsbygg



Figur 2.8. Årsvariasjoner i halmtørrestoffmengdene målt i forsøkene uten stråforkorting.



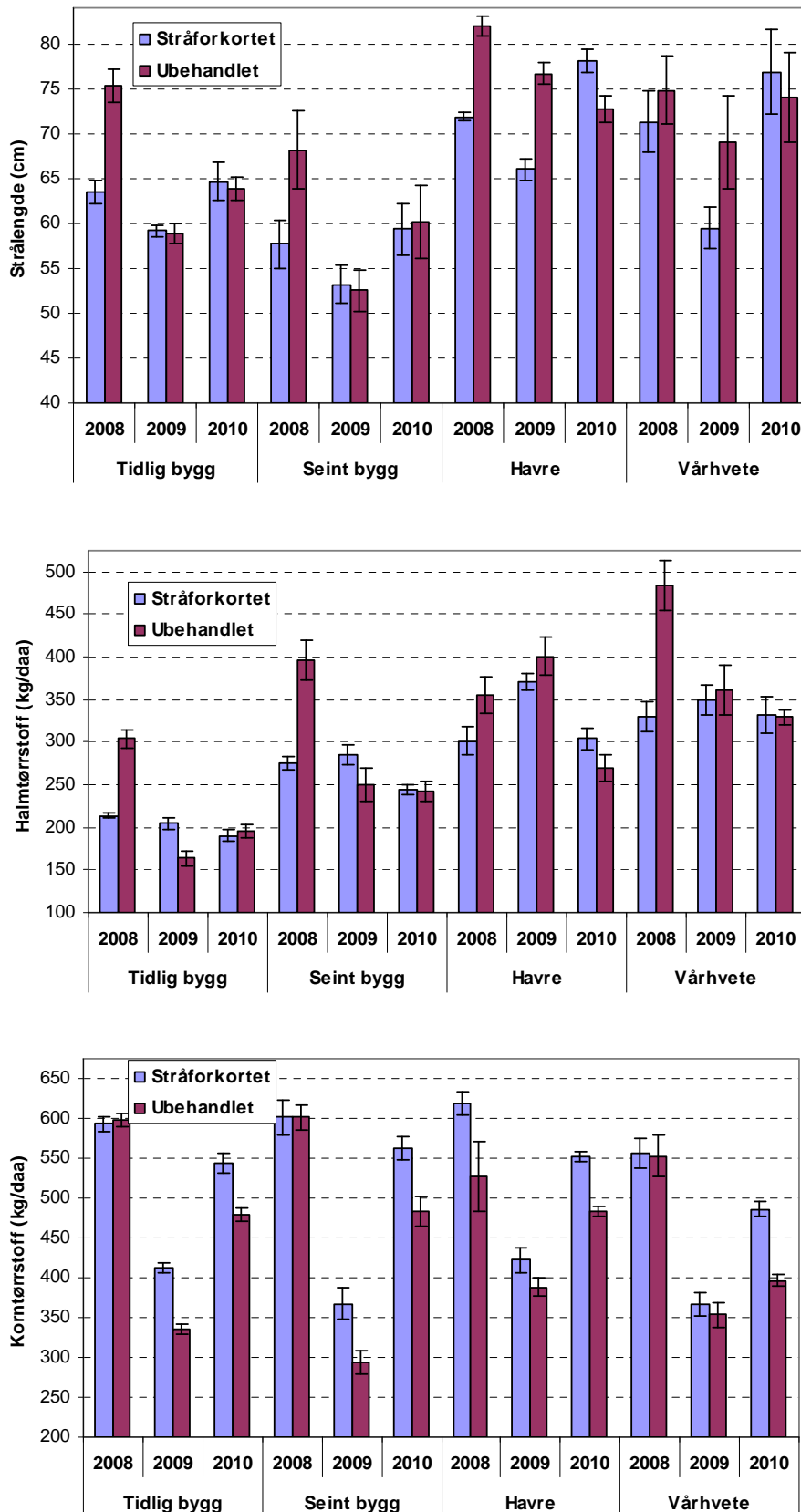
Figur 2.9. Halmtørrestoff plottet mot strå lengde i forsøkene uten stråforkorting 2008-'10.

Forsøkene med og uten stråforkorting på Apelsvoll viste varierende resultat i de ulike årene (figur 2.10). Det første året, 2008, var det klart mindre halm hos alle kornartene etter sprøyting. Det samme gjaldt for havre og hvete i 2009, men ikke for bygg. I 2010 var gav behandlingen ingen reduksjon i strå lengde. Virkningen av stråforkorting på halmavlingene fulgte samme mønster som for strå lengde, mens virkningen på kornavlingene var forskjellig. I 2008 var det bare havre som hadde større kornavling ved stråforkorting, mens i de andre to årene var det til dels store positive virkninger på avlingene. Dette gjaldt også 2010, tross den manglende effekt på strå lengden det året.

Middelverdier, med tilhørende middelfeil, for feltene med og uten stråforkorting er gitt i tabell 2.6. Stråforkorting gav ca. 15-30 kg/daa nedgang i halmtørrstoff hos bygg og havre, og 55 kg nedgang i hvete, mens økningene i korntørrstoff var større hos bygg og havre enn hos hvete. I gjennomsnitt var reduksjonen i strå lengde bare 3-5 cm hos alle kornartene. Stråforkorting reduserte forholdstallene (halm:korn) minst hos tidlig bygg (-0,07), noe mer hos seint bygg og havre (-0,12) og mest hos vårhvete (-0,18).

Tabell 2.6. Halm- og korntørrstoff (kg/daa), forholdstall (halm:korn) og strå lengde (cm), middel av tre felt med og tre felt uten stråforkorting på Apelsvoll i årene 2008-2010

	Stråforkortet		Ubehandlet		Stråforkortet		Ubehandlet	
	Middel	m.feil	Middel	m.feil	Middel	m.feil	Middel	m.feil
	Halmtørrstoff				Korntørrstoff			
Tidlig bygg	203	3.8	221	15.4	516	19.2	471	26.4
Seint bygg	268	6.4	296	20.0	510	26.9	460	32.0
Havre	326	10.5	342	17.1	531	21.0	466	20.1
Vårhvete	337	10.4	392	20.8	470	20.6	434	22.9
<i>Middel</i>	<i>284</i>	<i>7.5</i>	<i>313</i>	<i>11.7</i>	<i>507</i>	<i>11.1</i>	<i>458</i>	<i>12.7</i>
	Forholdstall				Strå lengde			
Tidlig bygg	0,40	0,02	0,47	0,02	62,4	1,0	66,0	1,9
Seint bygg	0,56	0,04	0,68	0,06	56,7	1,6	60,3	2,5
Havre	0,64	0,04	0,76	0,05	72,0	1,3	77,1	1,2
Vårhvete	0,74	0,04	0,92	0,04	69,2	2,6	72,6	2,6
<i>Middel</i>	<i>0,59</i>	<i>0,02</i>	<i>0,71</i>	<i>0,03</i>	<i>65,1</i>	<i>1,1</i>	<i>69,0</i>	<i>1,3</i>



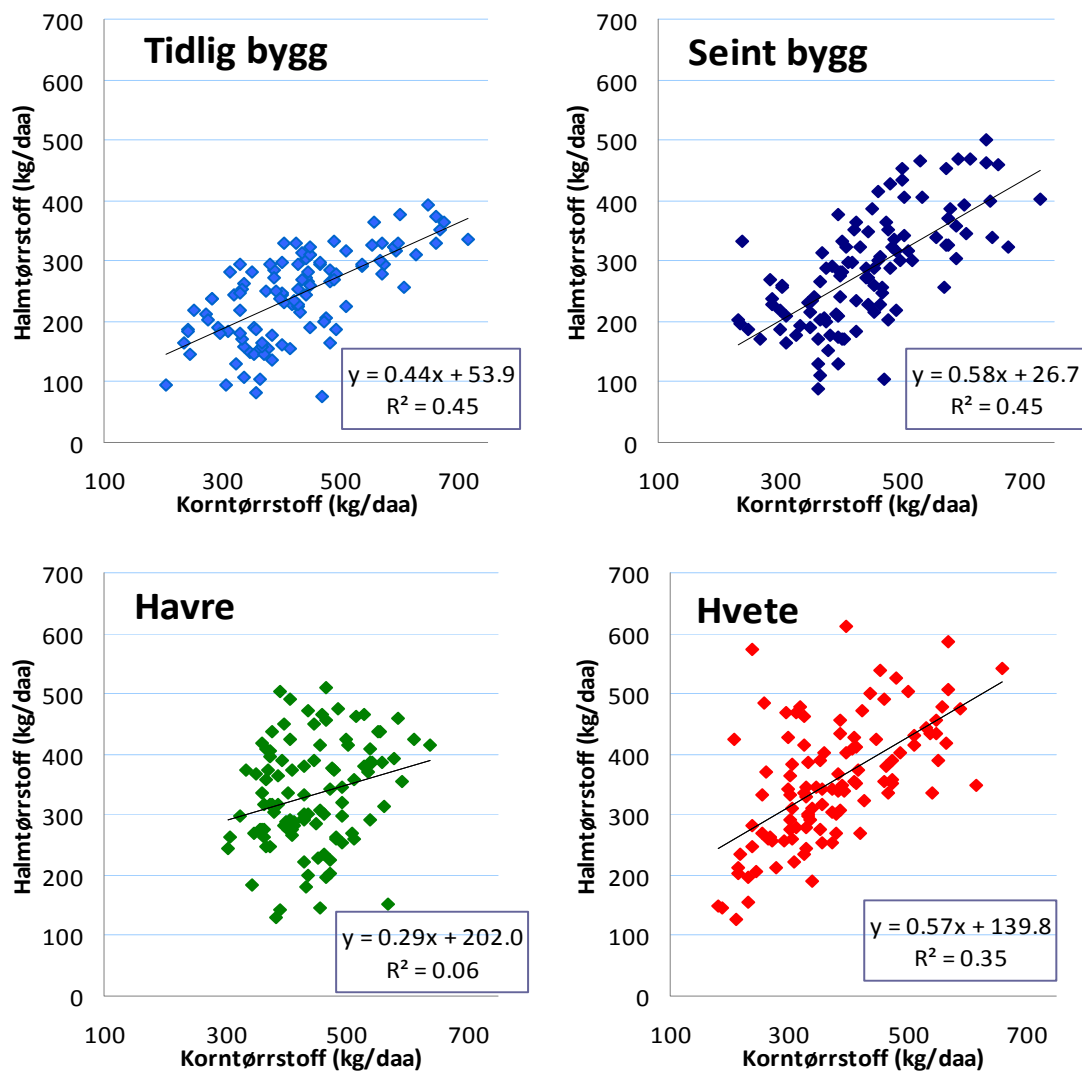
Figur 2.10. Strårlengde (øverst), halmtørrestoff (i midten) og kornørrestoff (nederst) i tre felt med og tre felt uten stråforkorting på Apelsvoll i 2008, 2009 og 2010.

Vanninnholdet i halmen ved høsting er av stor betydning for dens lagringsegenskaper og for brennverdien av halmen. Vanninnholdet varierer selvfølgelig med værforholdene ved høsting. I forsøksårene 2008-2010 var det store variasjoner i halmens vanninnhold ved høsting, både mellom år, fra sted til sted og til dels mellom arter. Tabell 2.7 viser middelerverdier for feltene uten stråforkorting. Vanninnholdet var relativt sjelden < 20 %, og som oftest lå det omkring 30-40 %. Noen ganger var det betydelig > 60 %, for eksempel i Trøndelag i 2009, mens året etter var det mye tørrere der. Ingen av lokalitetene pekte seg ut som spesielt tørre eller våte. I gjennomsnitt var halmens vanninnhold lavest i bygg, litt høyere i hvete og høyest i havre.

Tabell 2.7. Vanninnholdet i halmen ved høsting (%) i feltene uten stråforkorting 2008-2010

<u>Lokalitet</u>	<u>År</u>	<u>Tidlig bygg</u>	<u>Seint bygg</u>	<u>Havre</u>	<u>Vårhvete</u>	<u>Middel</u>
Østre Toten	2008	15	14	17	13	15
	2009	31	25	36	24	29
	2010	37	38	50	41	41
Romerike	2008	19	34	42	24	30
	2009	43	42	52	50	47
	2010	36	46	32	44	40
Solør	2008	29	33	65	62	47
	2009	18	18	17	18	18
	2010	33	33	39	35	35
Østfold	2008	43	36	55	57	48
	2009	12	14	16	15	14
	2010	42	36	53	51	45
Vestfold	2008	19	16	50	19	26
	2009	43	44	55	42	46
	2010	25	26	63	36	37
Sør-Trøndelag	2009	67	70	72	68	69
	2010	22	21	27	22	23
Hedemarken	2009	18	20	40	16	24
<i>Middel</i>		31	32	43	35	35

Sammenhengene mellom halm- og korntørrstoff er vist i figur 2.11. Punktene gjelder for de enkelte sortene som ble brukt i forsøkene. Det var rimelig gode sammenhenger for bygg, noe dårligere for hvete og ingen sammenheng hos havre. Bruk av middeltall for alle sortene gav noe bedre sammenhenger hos tidlig- og seint bygg og i hvete (R^2 hhv. 0,54, 0,58 og 0,56) men liten forbedring hos havre ($R^2=0,07$).



Figur 2.11. Sammenhengen mellom halm-tørrstoff og korntørrstoff, for fire vårkornslag i forsøk uten stråforkorting i ulike lokaliteter fra 2008 til 2010 (seks sorter pr. kornslag).

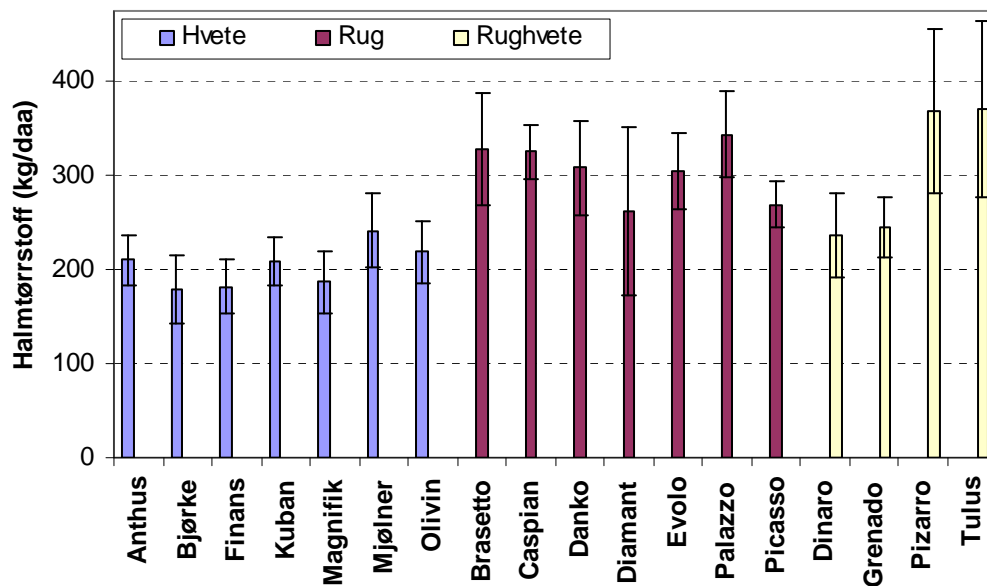
B. Høstkorn

Midlere tørrstoffmengder i halm og korn for de tre kornslagene, og forholdstall mellom dem, er vist i tabell 2.8. Forsøket i Østfold hadde små halmavlinger i 2009, spesielt for hvete, mens i 2010 var det betydelig mindre halm i Oppland enn i Østfold. Avlingsnivået hos rug og rughvete var generelt høyere enn for høsthvete, både for korn og for halm. Forholdstallene mellom halm og korn varierte fra ca. 0,3 til 0,7, men de lå for det mest i nærheten av 0,6. Selv om man ser bort fra den lave halmavlingen i Østfold i 2009, ser det ut til at halmmengden er noe lavere i høstkorn enn i vårhvete, og at forholdstallene (halm:korn) også er en del lavere.

Tabell 2.8. Halm- og korntørrstoffmengder (kg/daa), og forholdet mellom halm og korn, målt i høstkorn uten stråforkorting på to lokaliteter i 2009-2010. Middel av alle sortene

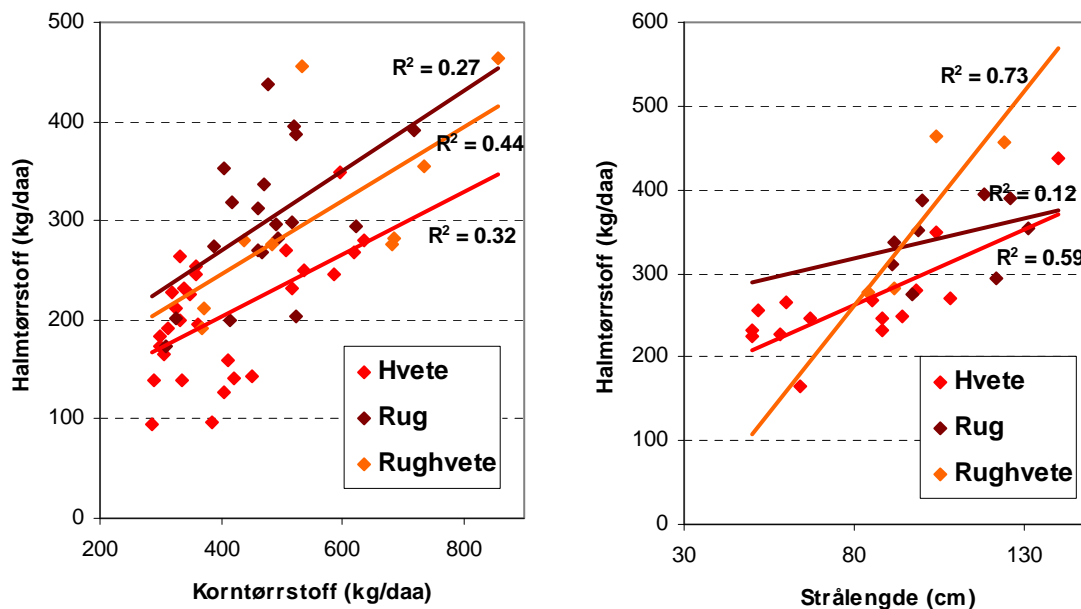
Halmtørrstoff (kg/daa)		2009	2010	<i>Middel</i>
<u>Hvete</u>	Østre Toten	231	185	208
	Østfold	129	271	200
	<i>Middel</i>	180	228	204
<u>Rug</u>	Østre Toten	333	293	313
	Østfold	210	374	292
	<i>Middel</i>	271	333	302
<u>Rughvete</u>	Østre Toten	-	241	241
	Østfold	-	370	370
	<i>Middel</i>	-	305	305
<i>Middel av alle kornarter</i>		218	280	253
Korntørrstoff (kg/daa)				
<u>Hvete</u>	Østre Toten	337	317	327
	Østfold	385	572	478
	<i>Middel</i>	361	445	403
<u>Rug</u>	Østre Toten	450	476	463
	Østfold	407	615	511
	<i>Middel</i>	429	545	487
<u>Rughvete</u>	Østre Toten	-	415	415
	Østfold	-	689	689
	<i>Middel</i>	-	552	552
<i>Middel av alle kornarter</i>		389	503	454
Forholdstall halm:korn				
<u>Hvete</u>	Østre Toten	0.68	0.58	0.63
	Østfold	0.34	0.47	0.41
	<i>Middel</i>	0.51	0.53	0.52
<u>Rug</u>	Østre Toten	0.74	0.62	0.68
	SørØst	0.53	0.63	0.58
	<i>Middel</i>	0.63	0.63	0.63
<u>Rughvete</u>	Østre Toten	-	0.58	0.58
	Østfold	-	0.55	0.55
	<i>Middel</i>	-	0.56	0.56
<i>Middel av alle kornarter</i>		0.56	0.57	0.57

Variasjonen mellom høstkornsortene er belyst i figur 2.12. Blant hvetesortene hadde Mjølner mest halm, men forskjellene mellom de øvrige sortene var små. Rugsortene hadde mer halm enn hvete, og blant disse hadde Palazzo mest og Diamant og Picasso minst. To av rughvete-sortene (Dinao og Grenado) hadde lite halm, mens de to andre (Pizarro og Tulus) hadde mye. Variasjonen hos de to siste var relativt stor.



Figur 2.12. Midlere halmtørrstoff for de ulike høstkornsortene i forsøkene som ble utført i Oppland og Østfold 2009 og 2010. Feilstolpene er middelfeilverdier.

Figur 2.13 viser sammenhengene mellom halm- og korn- og rug og mellom halmtørrstoff og strå lengde. Som det ble funnet for vårkornartene, var disse sammenhengene relativt svake.



Figur 2.13. Sammenhengen mellom halmtørrstoff og korn- og rug (venstre, 4 felt) og mellom halmtørrstoff og strå lengde (høyre, 2 felt), for tre de høstkornartene i 2009 og 2010.

2.3.2 Undersøkelse av vektfordeling av halmen langs strå lengden 2011

En finsk undersøkelse i bygg viste at det var betydelig mindre halmtørrstoffmengde pr. cm halm øverst på strået enn lenger ned (Kontturi & Pakkala, 2007). I denne undersøkelsen fant man følgende fordeling av det totale halmtørrstoffet langs strå lengden (sett nedenfra):

< 10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm	50-60 cm	>60 cm
19 %	16 %	15 %	14 %	14 %	12 %	11 %

Dette betyr at man får forholdsvis mer halmtørrstoff pr. cm strå ved lav stubbehøyde enn ved høy stubbehøyde. For å undersøke virkningen av stubbehøyde på høstet tørrstoff under norske forhold, målte vi vektfordelingen av halm langs halmens strå lengde hos et utvalg av de mest dyrkede bygg-, havre- og hvetesortene i 2011. Dette ble gjort på Apelsvoll.

Metode: Det ble tatt ut prøver av hele kornplanter av ulike sorter i oppformeringsfelt av bygg, havre og hvete. Prøvene ble tatt når kornet var fullt utviklet, dvs. 2-3 uker etter gulmodning. Sortene som det ble tatt prøver fra var følgende:

<u>Bygg 6-rad.</u>	<u>Bygg 2-rad.</u>	<u>Havre</u>	<u>Hvete</u>
1. Brage	1. Helium	1. Belinda	1. Bjarne
2. Edel	2. Iver	2. Ringsaker	2. Demonstrant
3. Heder	3. Tyra	3. Hurdal	3. Zebra

Fra hver sort ble det tatt tre klippeprøver på 0,5 radmeter ($=0,0625\text{m}^2$), fra areal som så ut til å være representative for sorten. Kornet ble kuttet med saks like over jordoverflaten, buntet og veid. Halmlengden ble notert som lengden opp til aksene. Hver prøve ble delt i 10 cm lengder opp til 40 cm høyde (4 lengder + rest) og tørket ved 60° i ca. to døgn. Vanninnhold ble målt.

Resultat:

Vektfordelingen av halmtørrstoffet langs stråets lengde er vist i tabell 2.9, både som vekt og som prosent. Tabellen viser også halmens lengde og vanninnhold. Det var store halmavlinger i feltene der prøvene ble tatt, men de absolutte vektene pr. dekar kan være noe overestimert, fordi arealet som prøvene ble tatt fra var ganske lite (ca. $0,2\text{ m}^2$ til sammen for hver sort). Derimot er fordelingene av tørrstoff i ulik strå høyde å betrakte som nokså sikre.

Andelen av halmtørrstoff pr. cm strå lengde avtok oppover i planten hos alle kornarter, mest i bygg hvor halmen veide ca. en tredjedel mindre i 30-40 cm høyde enn ved 0-10 cm. I havre og hvete var den tilsvarende reduksjon ca. en femtedel. Halmlengden var minst hos 2-rads byggsorter, og disse hadde mindre enn halvparten så mye tørrstoff > 40 cm strå høyde enn havre og hvete. Det samme gjaldt én av 6-radssortene (Heder), mens de andre to hadde betydelig mer halm > 40 cm. Blant havresortene, hadde Hurdal mest tørrstoff > 40 cm og Ringsaker minst. Av hvetesortene, hadde Zebra mest tørrstoff > 40 cm og Bjarne minst.

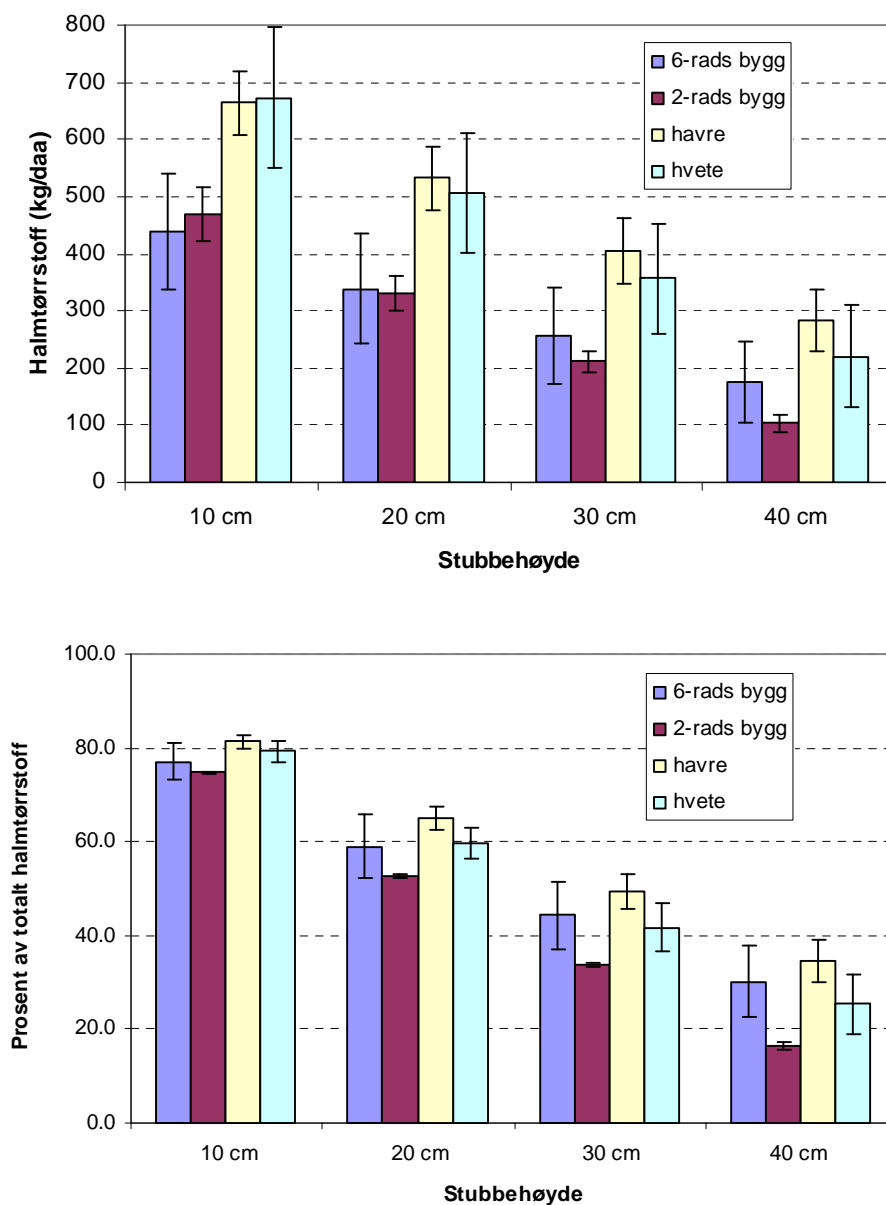
Pga. mye fuktig vær i august, var vanninnholdet i halmen høyere enn vanlig da prøvene ble tatt. Det var en klar tendens til at halmen var tørrere i høyden enn nærmere bakken, spesielt hos bygg og til dels hvete. Havrehalmen hadde jevnt høyt vanninnhold langs hele strå lengden. Tross det høye vanninnholdet i 2011, er denne forskjellen mellom kornartene trolig nokså representativ.

Tabell 2.9. Vektfordeling av halmen langs strå lengden hos et utvalg av kornsorter i 2011

Halmtørrestoff (kg/daa)		<u>0-10 cm</u>	<u>10-20 cm</u>	<u>20-30 cm</u>	<u>30-40 cm</u>	<u>≥ 40 cm</u>	<u>Totalvekt</u>
Bygg (6-rads)	Brage	125	104	90	91	208	618
	Edel	134	103	89	84	225	635
	Heder	122	96	68	65	95	445
	<i>Middel</i>	<i>127</i>	<i>101</i>	<i>82</i>	<i>80</i>	<i>176</i>	<i>566</i>
Bygg (2-rads)	Helium	139	119	106	103	86	553
	Iver	169	145	128	109	109	660
	Tyra	169	150	122	113	114	668
	<i>Middel</i>	<i>159</i>	<i>138</i>	<i>118</i>	<i>108</i>	<i>103</i>	<i>627</i>
Havre	Belinda	152	129	123	124	288	815
	Hurdal	151	132	129	124	335	871
	Ringsaker	152	135	129	119	227	761
	<i>Middel</i>	<i>152</i>	<i>132</i>	<i>127</i>	<i>122</i>	<i>283</i>	<i>816</i>
Hvete	Bjarne	171	156	145	128	139	738
	Demonstrant	161	153	144	138	207	803
	Zebra	189	188	161	144	315	996
	<i>Middel</i>	<i>174</i>	<i>166</i>	<i>150</i>	<i>137</i>	<i>220</i>	<i>846</i>
Prosent / lengde (cm)		<u>0-10 cm</u>	<u>10-20 cm</u>	<u>20-30 cm</u>	<u>30-40 cm</u>	<u>≥ 40 cm</u>	<u>Lengde</u>
Bygg (6-rads)	Brage	20.2	16.8	14.5	14.8	33.7	72
	Edel	21.1	16.1	14.0	13.2	35.4	77
	Heder	27.3	21.5	15.2	14.6	21.3	52
	<i>Middel</i>	<i>22.4</i>	<i>17.8</i>	<i>14.5</i>	<i>14.2</i>	<i>31.1</i>	<i>67</i>
Bygg (2-rads)	Helium	25.1	21.6	19.1	18.6	15.6	53
	Iver	25.6	22.0	19.4	16.5	16.6	50
	Tyra	25.3	22.5	18.2	16.9	17.1	48
	<i>Middel</i>	<i>25.4</i>	<i>22.1</i>	<i>18.9</i>	<i>17.2</i>	<i>16.4</i>	<i>50</i>
Havre	Belinda	18.6	15.8	15.0	15.2	35.4	75
	Hurdal	17.4	15.2	14.8	14.2	38.4	76
	Ringsaker	19.9	17.7	16.9	15.6	29.8	72
	<i>Middel</i>	<i>18.6</i>	<i>16.2</i>	<i>15.5</i>	<i>15.0</i>	<i>34.7</i>	<i>74</i>
Hvete	Bjarne	23.1	21.1	19.7	17.3	18.8	64
	Demonstrant	20.1	19.1	17.9	17.2	25.8	71
	Zebra	18.9	18.8	16.1	14.5	31.7	80
	<i>Middel</i>	<i>20.5</i>	<i>19.6</i>	<i>17.7</i>	<i>16.1</i>	<i>26.1</i>	<i>72</i>
Vanninnhold (%)		<u>0-10 cm</u>	<u>10-20 cm</u>	<u>20-30 cm</u>	<u>30-40 cm</u>	<u>≥ 40 cm</u>	<u>Totalt</u>
Bygg (6-rads)	Brage	59.0	52.0	43.9	34.8	25.7	43.9
	Edel	64.4	62.9	60.1	54.5	49.7	57.9
	Heder	60.3	56.3	53.3	51.3	38.1	53.6
	<i>Middel</i>	<i>61.2</i>	<i>57.1</i>	<i>52.5</i>	<i>46.8</i>	<i>37.8</i>	<i>51.8</i>
Bygg (2-rads)	Helium	65.7	62.8	57.7	54.4	46.1	59.5
	Iver	60.3	53.8	41.7	41.4	28.8	49.2
	Tyra	60.1	51.5	43.2	40.4	25.9	48.3
	<i>Middel</i>	<i>62.0</i>	<i>56.1</i>	<i>47.6</i>	<i>45.4</i>	<i>33.6</i>	<i>52.3</i>
Havre	Belinda	74.6	78.1	78.3	78.2	74.9	76.5
	Hurdal	69.6	73.9	73.8	72.6	65.0	70.1
	Ringsaker	72.1	76.9	75.2	74.7	68.3	73.1
	<i>Middel</i>	<i>72.1</i>	<i>76.3</i>	<i>75.8</i>	<i>75.2</i>	<i>69.4</i>	<i>73.2</i>
Hvete	Bjarne	66.4	64.6	58.7	39.2	24.8	56.5
	Demonstrant	60.4	59.3	55.3	51.8	43.6	54.4
	Zebra	62.7	64.2	65.9	66.1	61.4	63.7
	<i>Middel</i>	<i>63.2</i>	<i>62.7</i>	<i>60.0</i>	<i>52.4</i>	<i>43.3</i>	<i>58.2</i>

Valg av treskehøyde avgjøres ofte av praktiske hensyn, for eksempel av mengdene med legde, ugras osv. Det er en fordel med stor stubbehøyde med hensyn til tidsforbruk og treskekvalitet. Valg av treskehøyde har imidlertid stor betydning for mengden av halmtørrstoff som høstes. I praksis regner vi med at en lavere stubbehøyde enn ca. 10 cm er uaktuell på grunn av faren for å få stein i treskeren osv. Denne høyden er brukt i forsøkene referert ovenfor, med unntak av undersøkelsen i 2011 der prøvene ble klippet i bakkenivå.

Figur 2.14 viser mengdene av halmtørrstoff, både som absolutte verdier og som prosent av totalen, som ville blitt høstet ved valg av stubbehøyder mellom 10 og 40 cm i 2011. Ved bruk av 10 cm treskehøyde høstes omtrent 75-80 % av det totale halmtørrstoffet. Andelen synker med ca. 20 % for hver 10 cm økning i treskehøyde. Man taper altså en stor del av halmen ved høy stubbing. Dette kan være en grunn til at tilgjengelige halmmengder undervurderes.



Figur 2.14. Halmtørrstoffmengder (øverst) høstet ved ulike stubbehøyder i 2011 på Apelsvoll, og prosentandelen av den totale tørrstoffmengden (nederst). Feilstolpene er standardavvik for de tre sortene av hvert kornslag.

2.4. Sammendrag

I et forsøk på 1970-'80-tallet var halmavlingene hos alle tre vårkornartene som regel like store eller større enn kornavlingene. Et forsøk utført på '90-tallet viste at forholdet mellom halm og korn var noe lavere enn før i bygg og hvete (hhv. ca. 0,7 og 0,8) men ikke i havre (ca. 1,1). En undersøkelse av sortenes alder viste at forholdstallet (halm:korn) har avtatt lineært over det siste århundret, mens strå lengden har blitt redusert mest i sortene foredlet de siste 50 årene.

Mengden av halmtørrstoff i forsøket på '70-'80-tallet var lavest i bygg (ca. 450 kg/daa) og omtrent likt i havre og vårhvete (ca. 550 kg/daa). I forsøket på '90-tallet var halmtørrstoffmengdene lavere enn i det første forsøket hos alle kornartene (hhv. ca. 300, 340 og 430 kg/daa for bygg, hvete og havre dyrket med normale gjødselmengder).

I årene 2008-2010 ble 6 sorter av hhv. tidlig- og seint bygg, havre og vårhvete sammenlignet i 18 forsøk fordelt i 7 distrikt på Østlandet og Sør-Trøndelag. Halmtørrstoffmengdene av bygg og hvete var på omtrent samme nivå som i forsøket utført på '90-tallet (hhv. ca. 240 og 290 kg/daa for tidlig og seint bygg og 350 kg/daa for hvete), men de var betydelig lavere enn tidligere for havre (ca. 330 kg/daa). Det siste skyldes hovedsakelig lave havrehalmavlinger i Østfold, Solør og Sør-Trøndelag.

Forsøk med høstkorn ble utført på to steder i 2009 og 2010, med 4-7 sorter av hver kornart. Halmtørrstoffmengdene var minst for høsthvete (ca. 200 kg/daa) og omtrent 50 % mer hos rug og rughvete. Det var imidlertid en god del spredning i materialet, med lave halmavlinger i ett av forsøkene. Forholdstallene mellom halm- og korntørrstoff lå for det meste omkring 0,6.

Forsøkene som er nevnt ovenfor ble utført uten stråforkorting. I tre felt med stråforkorting ble strå lengden redusert med bare 3-5 cm. Halmtørrstoffmengdene ble redusert med 15-30 kg/daa i bygg og havre og med 55 kg/daa i vårhvete. Forholdstallet mellom halm og korn ble redusert minst i tidlig bygg (-0,07), noe mer i seint bygg og havre (-0,12) og mest i hvete (-0,18).

Sammenligninger mellom halm- og kornavlinger viste positive sammenhenger i de fleste tilfeller. Spredningen i materialet var likevel såpass stort at det er trolig lite grunnlag for å bruke egne regresjonsligninger for å beregne tilgjengelige halmmengder på bakgrunn av kornavlingene. Det foreslås istedenfor å bruke faste faktorer for hvert kornslag. Forsøkene utført i prosjektperioden tyder på at de følgende forholdstall er mest aktuelle: 0,58 for 6-radsbygg, 0,65 for 2-radsbygg, 0,76 for havre, 0,92 for vårhvete og 0,57 for høsthvete og rug. Ved stråforkorting bør disse reduseres med verdiene som er vist ovenfor.

Undersøkelsen avdekket en del forskjeller i halmmengdene hos de ulike sortene og i ulike distrikt. Det synes likevel å være lite grunnlag for å tillegge slike forhold noen stor vekt ved beregning av tilgjengelige halmmengder. Felles faktorer for aktuelle sorter kan derfor brukes.

I 2011 ble fordelingen av halmtørrstoff i forhold til strå lengde undersøkt i 6-rads og 2-rads bygg, havre og vårhvete (3 sorter i av hver). Ca. 20 % av det totale halmtørrstoffet ble funnet i de nederste 10 cm. Stubbehøyde < 10 cm er uvanlig. Sett i forhold til stubbing ved 10 cm, viste undersøkelsen at man taper ca. 20-30 % av halmtørrstoffet når det stubbes ved 20 cm. Stubbing ved 30 cm høyde gir ca. 40-50 % tap, og stubbing ved 40 cm gir ca. 60-80 % tap. Størst høstetap ved økt stubbehøyde fås i 2-rads bygg og minst tap fås i havre og 6-rads bygg.

3. Beregninger av tilgjengelige halmmengder

3.4 Fylkesvis kornavlinger og beregnede halmavlinger

Beregninger av forventete halmmengder i ulike fylker presenteres her, basert på Statistisk Sentralbyrås (SSB) oppgaver over kornareal og kornavlinger for perioden 2001-2009 (merk: kornavlingsstatistikk for 2010 var pr. september 2011 ikke oppgitt på fylkesbasis). Fylkene nord for Nord-Trøndelag samt Hordaland og Sogn og Fjordane har sparsom avlingsstatistikk. Disse fylkene har svært begrenset kornareal og de er derfor utelatt her. Også Agder-fylkene er utelatt her fordi de har lite kornareal (< 5.000 daa). Kornarealet og prosentandelene med ulike kornarter i de øvrige fylkene er vist i tabell 3.1. Det totale kornarealet i disse fylkene er snaut 3,2 mill. dekar, som er 99 % av landets kornareal i denne perioden.

Tabell 3.1. Totalt kornareal (tusen daa) og prosentandeler av ulike kornarter (middel og standardavvik) på fylkesbasis i perioden 2001-2009, rangert etter totalareal (kilde: SSB)

	Totalareal		Bygg		Havre		Vårhvete		Høsthvete		Rug/rughvete	
	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa
Akershus	623	13	36	6	38	2	14	2	11	4	2	1
Østfold	601	13	24	7	27	3	24	2	22	8	3	1
Hedmark	573	15	53	4	30	2	14	3	1	1	1	1
N. Trøndelag	313	10	91	2	6	1	1	0	2	1	0	0
Vestfold	286	13	26	6	19	2	38	3	12	4	6	3
Buskerud	243	12	38	6	28	3	23	2	8	2	2	1
Oppland	228	14	75	2	11	1	13	2	1	1	1	0
S. Trøndelag	164	4	86	1	13	2	0	0	0	0	0	0
Telemark	84	7	44	12	31	7	19	4	4	2	1	0
Rogaland	40	5	91	3	7	2	1	1	1	1	0	0
Møre & Rom.	19	2	90	5	10	5	1	1	0	0	0	0

De tre største kornfylkene er Akershus, Østfold og Hedmark. I disse dyrkes bygg på inntil halvparten av kornarealet, havre på ca. en tredel og hvete på resten. I Trøndelag, Rogaland og Møre og Romsdal dyrkes bygg på ca. 90 % av kornarealet. Høstkornarealet er størst i Østfold, med ca. 25 % av arealet, men også Vestfold, Akershus og Buskerud har 10-20 % høstkorn. Arealet med rug og rughvete er såpass lite at det er her slått sammen med arealet av høsthvete i beregningene av tilgjengelige halmmengder.

SSB oppgir avlingsmengdene fylkesvis for bygg, havre, hvete og rug/rughvete. Vi har justert hveteavlingene til å inkludere rug/rughvete på bakgrunn av deres relative areal og avlingsnivå. For å beregne halmmengder, var det videre av interesse å skille mellom vår- og høsthvete, og mellom 2-rads- og 6-radsbygg, fordi disse gruppene forventes å ha ulik fordeling mellom halm og korn. Til dette trengte vi oversikt over gruppenes areal og relative avlingspotensial.

Høstkornarealet fantes i SSB-statistikken (tabell 3.1), mens arealfordelingen mellom 2-rads- og 6-radsbygg har vi estimert fylkesvis ut fra salgstallene fra Strand Unikorn de to siste årene (tabell 3.2) (obs. tall fra Felleskjøpet var ikke tilgjengelige). Det framgår at andelen med 6-radsbygg er ca. 10-25 % i de sørligste fylkene, ca. 30-40 % i Hedmark/Oppland og ca. 70 % i Trøndelag. Det var forskjell mellom årene, men vi har valgt å bruke middeltall for begge år.

Tabell 3.2. Salg av 2-rads og 6 rads byggsorter i ulike fylker (%). Kilde: Strand Unikorn

Fylke	2009/2010		2010/2011		Middel	
	2-rads	6-rads	2-rads	6-rads	2-rads	6-rads
Østfold	67	33	83	17	75	25
Vestfold	80	20	96	4	88	12
Akershus	72	28	89	11	80	20
Hedmark	65	35	71	29	68	32
Oppland	58	42	60	40	59	41
Buskerud	82	18	92	8	87	13
Rogaland	47	53	53	47	50	50
S. Trøndelag	29	71	34	66	32	68
N.Trøndelag	25	75	24	76	24	76
<i>Sum 9 fylker</i>	<i>60</i>	<i>40</i>	<i>71</i>	<i>29</i>	<i>65</i>	<i>35</i>
Andre fylker	39	61	50	50	45	55
<i>Totalt</i>	<i>60</i>	<i>40</i>	<i>70</i>	<i>30</i>	<i>65</i>	<i>35</i>

Det relative avlingspotensialet for høsthvete i forhold til vårhvete og for 2-radsbygg i forhold til 6-radsbygg har vi estimert på regional basis ut fra sortsforsøkene utført i perioden 2001-9 (Åssveen et al. 2010). Tabell 3.3 er basert på middeltall av de tre viktigste sortene av hvert kornslag, og på alle forsøkene som ble utført i det enkelte året (som regel 8-10 felt pr. region).

Høsthvete gav nesten alltid større avling enn vårhvete i sortsforsøkene, men dette varierte mellom årene. I tre av de ni åra var forskjellen < 10 % mens i de resterende var det > 20 %. Denne variasjonen har trolig å gjøre med forhold som dårlig etablering og/eller overvintring. I bygg gav 2-radssortene som regel noe høyere avling enn 6-radssortene, men forskjellene var i gjennomsnitt mindre enn i hvete. Forsøkene i Midt-Norge viste et annet mønster enn på Østlandet, trolig pga. forskjeller i værforholdene mellom regionene. I de videre beregningene er det brukt forholdstallene for de enkelte årene.

Gangen i beregningene som vi har gjort er som følger:

1. Korrigert hveteavling = (hveteavling x hveteareal + rugavling x rugareal)/areal (hvete+rug)
2. Vårhveteavling = korrig. hveteavling / (andel høsthvete x forholdstall (høsthvete:vårhvete) + andel vårhvete), og høsthveteavling = vårhveteavling x forholdstall (høsthvete:vårhvete)
3. 6-radsbyggavling = byggavling / (andel 2-rads x forholdstall (2-radsbygg:6-radsbygg) + andel 6-rads), og 2-radsbyggavling = 6-radsavling x forholdstall (2-radsbygg:6-radsbygg)
4. Halmavling(15 % vann) = kornavling x forholdstall (halm:korn). Det ble brukt forholdstall som gjelder ved 10 cm stubbehøyde og uten stråforkorting (dvs. 0,58 for 6-radsbygg, 0,65 for 2-radsbygg, 0,76 for havre, 0,92 for vårhvete og 0,57 for høsthvete og rug)
5. Total halmtørrstoff pr. fylke = Halmavling x 0,85 x aktuelt kornareal

6. Det ble i tillegg beregnet reduksjoner i halmavling som følge av stråforkorting (7 % for 6-radsbygg, 12 % for 2-radsbygg og havre, 18 % for hvete) og bruk av 20 cm stubbehøyde (20 % for havre, 23 % for 6-radsbygg, 25 % for hvete og 30 % for 2-radsbygg)

Tabell 3.3. Middelvlinger av de viktigste sortene av vår- og høsthvete og 6-rads og 2-radsbyggsorter i sortsforsøk utført i perioden 2001-9 (%). Kilde: Åssveen et al. 2010

Høsthvete kontra vårhvete		<i>(Østlandet)</i>	
	<u>Vårhvete</u>	<u>Høsthvete</u>	<u>Forhold (høst:vår)</u>
2001	542	529	0.98
2002	500	656	1.31
2003	527	661	1.25
2004	544	685	1.26
2005	569	629	1.10
2006	490	670	1.37
2007	469	607	1.30
2008	560	782	1.40
2009	413	442	1.07
		<i>middel</i>	<i>1.23</i>
6-rads- kontra 2-radsbygg		<i>(Østlandet)</i>	
	<u>6-rads</u>	<u>2-rads</u>	<u>Forhold (2-rads:6-rads)</u>
2001	534	585	1.10
2002	485	497	1.06
2003	497	564	1.15
2004	512	661	1.29
2005	544	578	1.04
2006	531	541	0.97
2007	550	481	0.88
2008	578	612	1.02
2009	481	486	1.02
		<i>middel</i>	<i>1.06</i>
6-rads- kontra 2-radsbygg		<i>(Midt-Norge)</i>	
	<u>6-rads</u>	<u>2-rads</u>	<u>Forhold (2-rads:6-rads)</u>
2001	337	361	1.07
2002	497	489	0.98
2003	421	473	1.12
2004	459	468	1.02
2005	429	437	1.02
2006	494	483	0.98
2007	432	559	1.29
2008	549	551	1.00
2009	432	468	1.08
		<i>middel</i>	<i>1.06</i>

Korn- og halmavlinger (begge ved 15 % vanninnhold) for perioden 2001-2009 er presentert i tabeller 3.4 og 3.5. Det ser ut til å være relativt store forskjeller mellom fylkene når det gjelder sannsynlige halmmengder på dekarbasis. Hedmark har de største halmmengdene for

Tabell 3.4. Kornavlinger (kg/daa, middel og standardavvik) av ulike kornarter i perioden 2001-2009. Kilde: SSB med omregninger for hvete og bygg som beskrevet i teksten

	Bygg (6-rad)		Bygg (2-rad)		Havre		Vårhvete		Høsthvete	
	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa
Østfold	363	35	382	39	403	27	401	38	492	76
Akershus	350	35	369	47	388	40	384	55	471	85
Hedmark	396	51	417	56	376	35	476	48	585	98
Oppland	350	40	369	52	345	57	400	38	491	74
Buskerud	313	26	331	42	357	51	374	50	456	63
Vestfold	344	30	363	37	395	39	402	45	492	71
Telemark	294	34	311	47	358	50	363	41	443	55
Rogaland	413	58	435	38	348	56	307	87	365	83
Møre & Rom.	228	40	243	36	200	42	-	-	-	-
S. Trøndelag	353	49	373	38	340	54	334	52	430	87
N.Trøndelag	342	66	360	57	286	62	311	51	387	79

Tabell 3.5. Halmavlinger (kg/daa), middel og standardavvik) av ulike kornarter i perioden 2001-2009, uten stråforkorting og med 10 cm stubbehøyde. Beregninger beskrevet i teksten

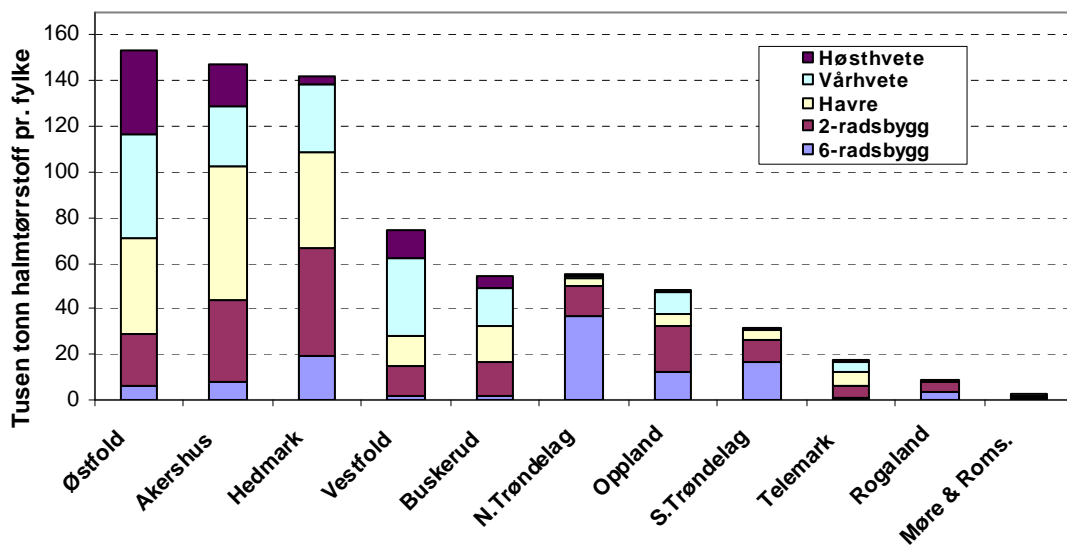
	Bygg (6-rad)		Bygg (2-rad)		Havre		Vårhvete		Høsthvete	
	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa
Østfold	210	21	248	26	306	20	369	35	280	43
Akershus	203	20	240	31	295	31	353	50	269	48
Hedmark	230	30	271	36	285	26	438	44	334	56
Oppland	203	23	240	34	262	43	368	35	280	42
Buskerud	181	15	215	28	271	39	344	46	260	36
Vestfold	200	18	236	24	300	30	370	42	280	40
Telemark	171	20	202	30	272	38	334	38	253	31
Rogaland	239	33	283	25	264	43	283	80	208	47
Møre & Rom.	132	23	158	23	152	32	-	-	-	-
S. Trøndelag	205	28	243	24	258	41	307	48	245	49
N.Trøndelag	198	38	234	37	218	47	286	47	221	45

Tabell 3.6. Totale mengder av halmtørrestoff (Tusen tonn/fylke, middel og standardavvik) av ulike kornarter i perioden 2001-009, uten stråforkorting og med 10 cm stubbehøyde

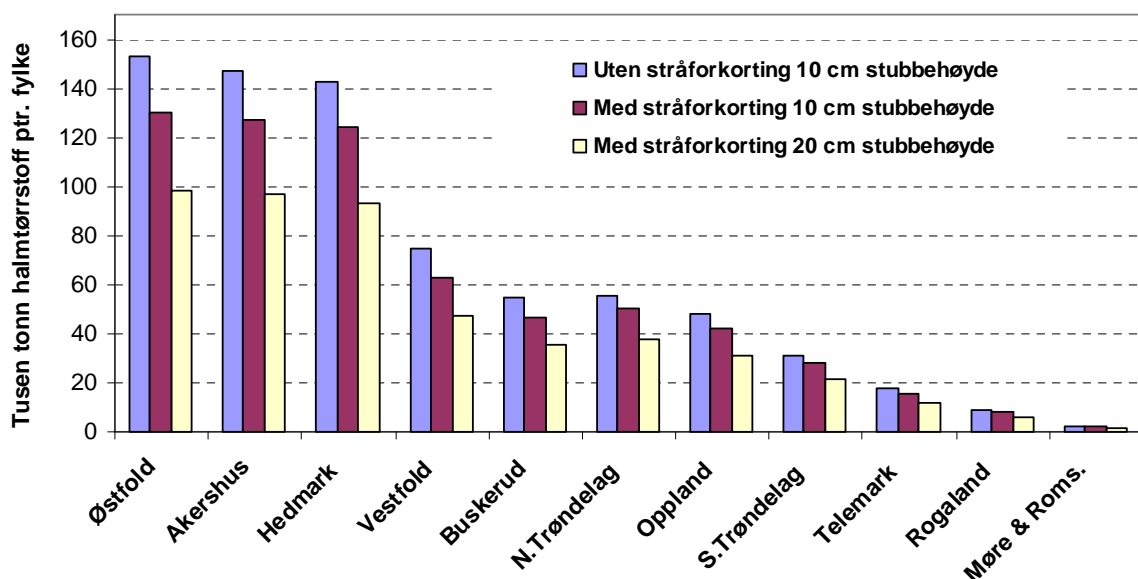
	Bygg (6-rad)		Bygg (2-rad)		Havre		Vårhvete		Høsthvete	
	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa	mid.	sa
Østfold	6.4	1.7	22.9	6.7	42.0	6.0	45.4	5.4	36.5	15.8
Akershus	7.6	1.0	36.3	6.7	59.1	7.4	25.7	4.3	18.6	9.0
Hedmark	19.0	1.6	47.8	5.8	42.3	6.2	29.6	6.4	3.7	1.9
Oppland	12.0	1.2	20.5	3.4	5.4	1.2	9.0	1.1	1.2	0.5
Buskerud	1.9	0.4	14.9	3.9	15.9	2.9	16.2	2.1	5.6	1.8
Vestfold	1.5	0.4	13.0	4.1	13.6	2.4	34.2	3.9	12.2	5.2
Telemark	0.6	0.2	5.7	2.1	6.0	1.3	4.6	0.8	1.0	0.4
Rogaland	3.7	0.6	4.3	0.5	0.7	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1
Møre & Rom.	1.1	0.2	1.0	0.1	0.3	0.1	-	-	-	-
S. Trøndelag	16.8	2.5	9.4	1.1	4.6	0.7	0.2	0.1	0.3	0.2
N.Trøndelag	36.5	7.4	13.6	2.2	3.6	1.0	0.6	0.2	1.1	0.5

bygg og hvete, mens de sørligere fylkene har noe høyere mengder havrehalm. Trøndelag har omtrent samme mengder bygghalm på dekarbasis som østlandsfylkene, men noe lavere mengder hvetehalm. Rogaland har mye bygghalm pr. dekar mens Møre og Romsdal har lite.

De totale halmtørrstoffmengdene pr. fylke er vist i tabell 3.6 og i figur 3.1. De tre fylkene Østfold, Akershus og Hedmark har mer enn dobbelt så mye halm som Vestfold, Buskerud, N. Trøndelag og Oppland. Det er relativt små halmmengder i S. Trøndelag og Telemark og svært små mengder på Vestlandet. Mer enn halvparten er hvetehalm i Østfold og Vestfold, mens det er en større andel havrehalm i Akershus og bygghalm i Hedmark og Oppland. I Trøndelag er det mest snakk om bygghalm. I figur 3.2 er det vist hvordan stråforkorting og bruk av 20 cm stubbehøyde fram for 10 cm høyde trolig vil redusere de tilgjengelige halmmengdene.



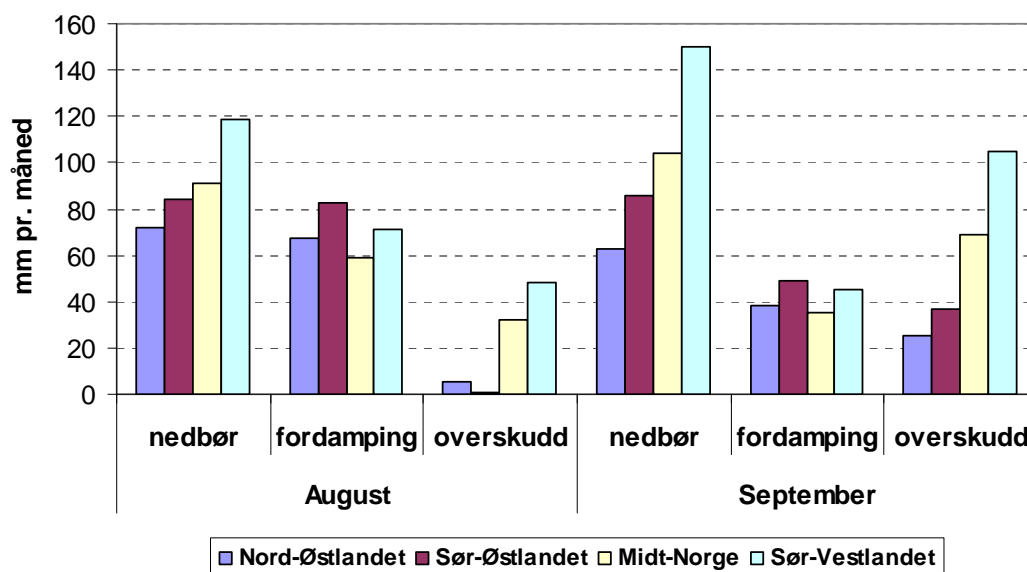
Figur 3.1. Totale beregnede halmtørrstoffmengder pr. fylke (pr. år) i perioden 2001-2009. Beregnet ut fra av kornavlingsstatistikken, uten stråforkorting og med 10 cm stubbehøyde.



Figur 3.2. Totale halmtørrstoffmengder pr. fylke (pr. år) i perioden 2001-2009, uten stråforkorting med 10 cm stubbehøyde, og med stråforkorting ved 10 eller 20 cm stubbehøyde.

3.5 Vurdering av værforholdene ved innhøsting av halm i ulike regioner

Brennverdien av halmen nedsettes betydelig ved økt vanninnhold. Den effektive brennverdien pr. kg tørrstoff synker ca. 10 % ved et vanninnhold på ca. 30 %, sett i forhold til tørt materiale (Norsk Institutt for skog og landskap, 2008). Det er nedbøren og fordampinga i månedene august og september som trolig er mest avgjørende for dette. Nedbørsmengdene varierer mye fra år til år, mens svingningene i fordamping er mindre. I figur 3.3 vises midlere verdier for nedbør og fordamping fra representative værstasjoner i de fire regioner hvor det er mest aktuelt å benytte halm til biovarme. I begge månedene er det minst nedbør på Nord-Østlandet og mest på Sør-Vestlandet. På Sør-Østlandet oppveies noe høyere nedbør av mer fordamping enn på Nord-Østlandet, slik at nedbørsoverskuddet er omtrent det samme i begge regioner (noe under 50 mm for begge måneder til sammen). I Midt-Norge er overskuddet omtrent dobbelt så høyt som dette og på Sør-Vestlandet er det tre ganger så høyt.



Figur 3.3. Midlere verdier for nedbør og fordamping, hhv. målt og beregnet, i august og september i ulike landsdeler for perioden 1973-2008, samt differansen (overskudd). Data hentet fra Riley og Berentsen (2009).

3.6 Sammendrag og konklusjon

Sannsynlige halmmengdene er beregnet ut fra sammenhenger med kornavling funnet i kapittel 2 og ved bruk av kornavlingsstatistikk på fylkesbasis for årene 2001-2009. Samlet maksimal halmproduksjon ved dagens kornareal er ca. 735 tusen tonn tørrstoff pr. år uten bruk av stråforkorting og med lavest praktisk gjennomførbare stubbehøyde (10 cm). Ved bruk av stråforkorting synker mengden til ca. 640 tusen tonn, og ved bruk av en mer vanlig stubbehøyde (20 cm) i tillegg, reduseres halmmengden ytterligere til ca. 480 tusen tonn tørrstoff.

Østfold, Akershus og Hedmark er fylkene med størst halmproduksjon, mens alle de andre Østlandsfylkene og Trøndelagsfylkene har omtrent like stor halmproduksjon i hvert fylke. Produksjonen i øvrige fylker er liten.

Forholdene for halmberging i gjennomsnitt er omtrent like bra over store deler av Østlandet, særlig ved tidlig høsting. Dette favoriserer Sør-Østlandet og lavere deler av Nord-Østlandet. Det er trolig ofte vanskeligere å berge tørr halm i Midt-Norge og spesielt på Sør-Vestlandet.

4. Behovet for halm til dyrefôr og strø/talle

4.1 Halm til fôr

Ubehandlet halm: Halm er i utgangspunktet lite egnet til fôr da halmtørrestoffet har grov struktur og høy andel ufordøyelige plantestoff som gir et fôr med liten fordøyelighet og lavt fôropptak hos dyrene. Proteininnholdet er også lavt. Forbruket av ubehandlet halm til fôr er derfor svært liten, men noe ubehandlet halm nyttes til voksne ammekyr, og det tilsettes ofte litt i fullfôr. Hvor mye ubehandlet halm som går til fôr til ammekyr er meget usikkert, og forsøk på mengdeanslag har ikke gitt noen resultater. (Mye av denne halmen er halm dyrene tar fra strøhalm). Det tilsettes ofte litt ubehandlet halm i fullfôr, men mengdene er små (200 – 300 g/ku/dag; ca. 400 g/sau/dag) og omfanget er foreløpig relativt beskjedent. Forsøk på anslag på utbredelsen av fullfôr har ikke gitt resultater.

Behandlet halm: For å øke fordøyeligheten og fôrenhetsverdien av halm er det tre aktuelle/mulige behandlingsmetoder: tørrluting; dyppluting; ammoniakkbehandling.

Tørrluting. Halmen blir først knust og deretter tilsatt kaustisk soda - (natriumhydroksid) i fast form – eller natronlut (vannløsningen av natriumhydroksid) ved hjelp av en spesielt mikser spesielt designet for dette. Ved denne metoden mister halmen mye av sin grovfôrstruktur, og metoden anses å være svært brannfarlig.

Dyppluting. Ved dyppluting blir halmen først gjennomfuktet i et kar med natronlut og deretter lagret noen dager. Ved lagring går innholdet av fri lut gradvis ned. Halmen kan vanligvis nyttes til fôr tre til fire dager etter lutingen, og være helt nøytral etter ca. 10 dager. Nøytral halm er ikke lagringsdyktig, og halmmengde som dypplutes må derfor til enhver tid tilpasses fôrbehovet.

I følge tallmateriale fra Budsjettnemda for jordbruket er det ikke omsatt kaustisk soda og natronlut for halmbehandling etter henholdsvis 1990 og 2000 (Tabell 4.1). Tidligere leverandører av natriumhydroksid for halmbehandling, Ineos Norge Holding AS, Yara og Felleskjøpet Agri, har ved telefonhenvendelse oppgitt at disse leveransene opphørte for flere år siden. Ut fra dette synes tørrluting og dyppluting å være svært lite benyttede metoder i dag.

Tabell 4.1. Omsetning av kaustisk soda og natronlut til halmbehandling fra 1959 til 2010

Tidsperiode	Halmbehandlingsmiddel, årlig kvantum i middel for tidsperioden	
	Kaustisk soda, tonn	Natronlut, tonn
1960 – 1969	3 720	3 361
1970 – 1979	1 670	2 363
1980 – 1989	475	958
1990 – 1999	0	48
2000 – 2009	0	0

Kilde: Budsjettnemda for jordbruket. Jordbrukets totalregnskap totalregnskap 1959-2010. Revidert regnskap

Ammoniakkbehandling. Ammoniakk ble tatt i bruk til halmbehandling i 1975. Ved ammoniakkbehandling blir halmen først presset i rundballer og deretter blir flytende ammoniakk sprøytet inn i ballen. Rå og umoden halm bør ikke ammoniakkbehandles pga. faren for 4-metylimidazol dannelse (Kjus m.fl. 1995). Etter ammoniakkbehandlingen pakkes ballene i plast og lagres fram til egnet fôringstidspunkt.

Tallmateriale fra Budsjettnemda for jordbruket over omsatt ammoniakkmengde for halmbehandling fra 1975 til 2010 er vist i Tabell 4.2. Forbruket av ammoniakk varierer mellom år, men trenden i dette tallmaterialet er den årlige ammoniakkomsetningen økte fra introduksjonen 1975 fram til slutten av 1980-tallet, og har gått noe ned igjen fra slutten av 1990-tallet. I følge dette tallmaterialet er gjennomsnittlig årlig omsetning av ammoniakk for årene 2007 – 2009 i underkant av 900 tonn. Liten ammoniakkomsetning i 2009 skyldes trolig ugunstige værforhold i august og september dette året som førte til mye rå (fuktig) halm og mindre tilgang på halm egnet for ammoniakkbehandling. For landet som helhet var månedsnedbøren i august 120 % av normalen, og deler av Rogaland og Østlandet fikk 150 – 200 % av normalen. I Trøndelag var det svært mye nedbør i september med 210 % av normalen; den våteste september som er registrert av Meteorologisk Institutt i Trøndelag.

Tabell 4.2. Omsetning av ammoniakk (NH₃) til halmbehandling i perioden fra 1975 til 2010

År	NH ₃ , tonn	År	NH ₃ , tonn	År	NH ₃ , tonn
1975	11	1987	6600	1999	1980
1976	275	1988	2035	2000	1500
1977	523	1989	3456	2001	1160
1978	1 007	1990	2710	2002	1320
1979	2 027	1991	2147	2003	1120
1980	2697	1992	3588	2004	1267
1981	3212	1993	3805	2005	1287
1982	3600	1994	3360	2006	1405
1983	3165	1995	3907	2007	1029
1984	4111	1996	3731	2008	988
1985	3193	1997	2565	2009	626
1986	4800	1998	2285	2010	1025 ¹⁾

1) Budsjettert tall.Kilde: Budsjettnemda for jordbruket. Jordbrukets totalregnskap 1959-2010. Revidert regnskap

Kildene til Budsjettnemda for jordbruket er de store leverandørene av ammoniakk, Felleskjøpet Agri BA, Felleskjøpet Rogaland Agder (FKRA leverer ikke ammoniakk lengre, Jæren Tørrluting har overtatt for FKRA) og Trønderfor AS. Noen entreprenører / maskinstasjoner, hovedsakelig på Østlandet, tar imidlertid ikke ammoniakk gjennom de store ovennevnte leverandørene, men importerer denne selv fra Sverige (Amixo AB) eller fra annet hold via Danmark. Etter innhenting av tall for ammoniakkomsetningen de siste årene fra de store leverandørene og entreprenører som importerer ammoniakk selv, synes ikke all «privatimportert» ammoniakk å være med i tallmaterialet til Budsjettnemda for jordbruket. Helt nøyaktige tall for total ammoniakkomsetning for halmbehandling de siste årene, «privatimportert» ammoniakk inkludert, er det umulig å angi – noe ufullstendige opplysninger fra enkelte entreprenører, mangler opplysninger fra en importør -, men ut fra innhenta tallmateriale synes anslagene i Tabell 4.3 å gi et riktigere bilde av ammoniakkforbruket de siste fire årene enn tallene i Tabell 4.2. (Anslagene bygger på omsetningstall fra Felleskjøpet Agri BA v/J. Hauger, Felleskjøpet Rogaland Agder SA v/G. AAreskjold, Jæren Tørrluting v/L. Nedrebø (Rogaland) og S. Nilsen (Agder), Trønderfor AS v/L. Holan, Østhus Kristoffer JR. v/K. Østhus, Tommy Holmvik Transport ANS v/T. Holmvik, Gjøvik Bygdeservice BA v/K. Klundby, Br. Fjellstad v/H.A. Fjellstad, og E. Lund.) I følge disse anslagene er gjennomsnittlig årlig forbruk av ammoniakk til halmbehandling de siste fire årene ca. 1000 tonn. Av denne ammoniakken ble i underkant av 80 % omsatt på Østlandet, i underkant av 10 % på Sør-Vestlandet og i underkant av 15 % i Trøndelag .

Tabell 4.3. Forbruk av halmbehandlingsmiddel, ammoniakk (NH₃), i perioden 2007- 2010

År	2007	2008	2009	2010
NH ₃ , tonn	1 250	1 175	735	840

Helt nøyaktige tall for hvor mye ammoniakkbehandlet halm til fôr som de omsatte mengdene med ammoniakk gir, er det ikke mulig å angi da dosering av ammoniakk pr. kg halm varierer med bl.a. behandlingsmåte (ett doseringsspyd betyr mer ammoniakk pr. kg halm enn fem doseringsspyd) og tørrstoffinnhold i halmen (lavt tørrstoff krever mer ammoniakk enn høyt tørrstoff). Litt ammoniakk benyttes også til å behandle strøhalm, men dette er svært lite – ca. 1 % av omsatt ammoniakk på Østlandet og ca. 1-2 % av omsatt ammoniakk på Sør-Vestlandet). Vanlig dosering til fôrhalm ligger imidlertid mellom 2,5 og 3,0 %, og de største leverandørene av ammoniakk oppgir 2,7 % som et godt et godt estimat for beregning av mengde ammoniakkbehandlet halm.

Ut fra tallene i Tabell 4.3 og ovennevnte estimat av ammoniakkdosering er gjennomsnittlig årlig produksjon av ammoniakkbehandlet halm de fire siste årene 37 000 tonn.

4.2 Halm til talle

Talle er blanding av strø og gjødsel som fungerer som gulv i husdyrrom. Hensikten med talle er å framskaffe en tørr og varm liggeplass. Halm er meget godt egnet som strø fordi stråene gir en luftig struktur i tallen. Lufttilgang fører til varmeutvikling, fordamping av vann, og dermed en tørr talle. Halmtalle kan benyttes i alle husdyrproduksjonene, men er mest nyttet til storfe, gris og sau i områder med kornproduksjon.

Avlssvin. Til gris nyttes halm særlig til avlssvin, både til talle i for eksempel bedekingsbinger, og til redemateriale i forbindelse med grising. Antall avlssvin i 2006, 2008 og 2010 i Sør-Norge er vist i Tabell 4.4.

Tabell 4.4. Avlssvin, antall, i ulike fylker i 2006, 2008 og 2010

Fylke	2006	2008	2010	Fylke	2006	2008	2010
Østfold	8006	7153	7121	Aust-Agder	490	428	302
Akershus og Oslo	4690	4638	4213	Vest-Agder	1292	1139	1281
Hedmark	11742	11733	12289	Rogaland	26174	25467	27730
Oppland	9125	8003	8033	Hordaland	1751	1684	1826
Buskerud	2355	1727	1644	Sogn og Fjordane	1609	1578	1538
Vestfold	6536	6091	6387	Møre og Romsdal	2165	2201	1937
Telemark	2678	2042	2430	Sør-Trøndelag	2513	2394	2870
				Nord-Trøndelag	15626	15 32	17043

Kilde: SSB

Det finnes ingen talloppsett over hvor mange avlssvin som går på talle. Anslag over hvor mange avlssvin som går på talle er innhentet fra ulike hold, og med utgangspunkt i disse er to alternative anslag vist i Tabell 4.4. Begge alternativene gir tilnærmet samme antall, ca. 16 500 avlssvin.

Tabell 4.5. Avlssvin på halmtalle, prosent og antall i 2010, i ulike landsdeler

Alternativ 1			Alternativ 2		
Område	Prosent	Ant. dyr	Område	Prosent	Ant. Dyr
Østfold, Akershus og Oslo, Hedmark	50	11810	Østlandet	35	14740
Oppland	25	2010			
Buskerud, Telemark	0-1	20			
Vestfold	10	640			
Agder, Rogaland, Sogn og Fjordane, Hordaland	0	0	Sør- og Vestlandet	0	0
Møre og Romsdal	1	20			
Sør- og Nord-Trøndelag	10	1990	Trøndelag	10	1990
Sør-Norge		16490			

Kilder: Alt. 1: Felleskjøpet v/D.T. Saxrud, A. Onshus, T. Lye, J. Skretting; Fjøsssystemer v/K. Hotvedt; Nortura v/T. Iversen

Kilder: Alt. 2: Nortura v/O. Kjelvik, Norsvin v/A. Skjerve

Halmbehov for å oppnå god talle til avlssvin er ca. 600 – 700 kg pr. svin. pr. år (Pers. medd. O. Kjelvik, Norsvin), men normalt bør en regne ca. 800 kg halm pr. svin pr. år. (Pers. medd. T. Iversen, Fjøsssystemer).

Med utgangspunkt i antall dyr på talle, ca. 16 500 dyr (Tabell 4.5) og 800 kg halm pr. dyr pr. år, kan behovet for halm til talle for avlssvin i 2010 settes til ca. 13 200 tonn.

I forbindelse med grising skal grisene ha tilgang på strømateriale egnet for «redebygging». På Østlandet og i Trøndelag er det nesten bare halm som nyttes til slikt strømateriale, og normalt halmbehov kan settes til 3 kg halm pr. grising (pers. medd. O. Kjelvik). Behovet for strømateriale til «redebygging» er det samme på Sør- og Vestlandet som ellers i landet, men her er det mer riktig å sette behovet for halm til ca. 2 kg pr. grising pga. mindre tilgang på halm og mer bruk av andre typer strø (Pers. medd. O. Kjelvik). Med dette utgangspunktet - $(((61\ 544 \times 3) \times 2) + ((34\ 453 \times 2) \times 2))$ - kan halmbehovet i 2010 til redebygging settes til ca. 500 tonn. Ut fra disse beregningene kan halmforbruket til avlsgris i 2010 settes til ca. 14 000 tonn.

Slaktegris. Det nyttes også noe halm til slaktegris. Antall slaktegris i Sør-Norge er vist i Tabell 4.6.

Tabell 4.6. Slaktegris, antall, i ulike fylker i 2010

Fylke	2010	Fylke	2010	Fylke	2010
Østfold	124130	Vestfold	129527	Hordaland	26995
Akershus	65866	Telemark	20620	Sogn & Fjordane	21851
Hedmark	186236	Aust-Agder	12090	Møre & Romsdal	30479
Oppland	109601	Vest-Agder	9075	Sør-Trøndelag	32956
Buskerud	10114	Rogaland	433907	Nord-Trøndelag	231421

Kilde: Norsvin v/A. Skjerve

Halm til talle/strø benyttes til 5 -7 % av slaktegrisen på Østlandet, men i liten grad på Sør- og Vestlandet, og i Trøndelag (pers. medd. Norsvin/A. Skjerve, Fjøsssystemer v/H. Bore og J.O. Elnes, Felleskjøpet v/B. Odden). Til slaktegris benyttes ofte halm sammen med flis, og

forbruket kan stipuleres til 35-40 kg halm pr. slaktegris (pers. medd. Felleskjøpet v/B. Odden). Med utgangspunkt i ovennevnte anslag og antall slaktegris i 2010, kan behovet for halm til talle/strø i slaktegrisproduksjonen i dag settes til ca. 1 450 tonn (Utrekning: 646094 slaktegris, 6% halmtilgang, 37,5 kg halm pr. slaktegris).

Ammeku. Antall ammekyr i 2006, 2008 og 2010 i Sør-Norge er vist i Tabell 4.7.

Tabell 4.7. Ammekyr, antall, i ulike fylker i 2006, 2008 og 2010

<u>Fylke</u>	<u>2006</u>	<u>2008</u>	<u>2010</u>	<u>Fylke</u>	<u>2006</u>	<u>2008</u>	<u>2010</u>
Østfold	2007	2054	2160	Aust-Agder	804	921	1066
Akershus og Oslo	2484	2490	2760	Vest-Agder	1753	1806	2109
Hedmark	6103	6550	7334	Rogaland	5516	5125	6515
Oppland	6444	7172	8504	Hordaland	2430	2305	2440
Buskerud	3426	3600	3932	Sogn og Fjordane	1760	1646	1735
Vestfold	2418	2385	2469	Møre og Romsdal	3521	3075	3258
Telemark	1813	1901	2114	Sør-Trøndelag	4121	3641	3621
				Nord-Trøndelag	5681	5288	6155

Kilde: SSB

Det finnes ingen talloppsett over hvor mange ammekyr som går på talle. Anslag over hvor mange ammekyr som går på talle er innhentet fra ulike hold, og med utgangspunkt i disse er to alternative anslag vist i Tabell 4.8. De to alternativene gir noe ulikt antall dyr i de ulike landsdelene. Alternativ 2 gir trolig et bedre bilde av fordelingen mellom landsdeler enn alternativ 1. For hele Sør-Norge kan 17 000 dyr synes å være et godt utgangspunkt for å beregne halmbehovet.

Tabell 4.8. Ammekyr på halmtalle, prosent og antall i 2010, i ulike landsdeler

<u>Alternativ 1</u>			<u>Alternativ 2</u>		
<u>Område</u>	<u>Prosent</u>	<u>Ant. dyr</u>	<u>Område</u>	<u>Prosent</u>	<u>Ant. Dyr</u>
Østfold, Vestfold	80-90	3900	Østlandet	40-50	13200
Akershus og Oslo, Hedmark, Buskerud	60-70	9100			
Telemark	45-55	1100			
Oppland	20-30	2100			
Aust- og Vest-Agder, Rogaland, Sogn og Fjordane, Hordaland, Møre og Romsdal	-	-	Sør- og Vestlandet	5-7	1000
Sør- og Nord-Trøndelag	15	1500	Trøndelag	20	2000
Sør-Norge		17700			16200

Kilder: Alt. 1: Ulike landbrukskontor i de ulike fylkene. Østfold (Halden, Trøgstad, Rakkestad), Vestfold (Larvik, Sande, Re, Andebu), Oslo og Akershus (Aurskog-Høland, Fet, Nes, Eidsvoll, Nannestad), Hedmark (Ringsaker, Stange, Åsnes, Stor-Elvdal, Tynset/Alvdal), Buskerud (Ål, Modum, Lier), Telemark (Kviteseid, Vinje), Oppland (Gjøvik, Lesja, Gausdal, Gran), Sør-Trøndelag (Rissa, Oppdal, Meldal, Midtre Gauldal), Nord-Trøndelag (Steinkjer, Grong)

Kilder: Alt. 2: Nortura v/Ø. Havrevoll, B. Slettebø, K.O. Vie og T. Stokke

Halmbehov til talle til storfe er ca. 1,2 kg pr. dag pr. 100 kg levendevekt (pers. medd. Ø. Havrevoll, Nortura). (Vekt hos ammekyr kan settes til ca. 650 kg, og ungdyr henholdsvis første og andre vinter ca. 275 og 475 kg.) Årlig halmforbruk pr. ammeku, inklusive 1,5 ungdyr, kan settes 2800 kg. Med utgangspunkt i halmbehov og antall dyr på talle, ca. 17 000 dyr, kan behovet for halm til talle i ammekuproduksjonen i 2010 settes til ca. 47 600 tonn.

Mjølkeku og «andre storfe». Halmtalle er lite nyttet til mjølkeku. I områder med mye halm er det imidlertid noen mjølkekubesetninger som går på talle, og i disse områdene nyttes det også en del talle/halmstrø til andre storfe (kalv, okser osv.). For å anslå dette behovet er det tatt utgangspunkt i antall mjølkekyr i Sør-Norge i 2010, prosentvise anslag over mjølkekuenheter (mjølkekyr og andre storfe slått sammen til en enhet) på talle og et halmbehov på 1500 kg halm pr. mjølkekuenhet. Antall mjølkekyr er vist i Tabell 4.9.

Tabell 4.9. Mjølkekyr, antall, i ulike fylker i 2010

Fylke	2010	Fylke	2010	Fylke	2010
Østfold	5160	Vestfold	2454	Hordaland	12324
Akershus	4370	Telemark	2328	Sogn & Fjordane	17720
Hedmark	14184	Aust-Agder	2087	Møre & Romsdal	23408
Oppland	29767	Vest-Agder	5418	Sør-Trøndelag	24592
Buskerud	5231	Rogaland	43535	Nord-Trøndelag	27480

Kilde: SSB

Mjølkekuenheter på halmtalle /-strø på Østlandet (ikke Telemark medregnet) og i Trøndelag kan prosentvis settes til 2,5 – 5 %; nærmere 2,5 enn 5 i Trøndelag og nærmere 5 enn 2,5 på Østlandet (pers. medd. Nortura v/Ø. Havrevoll, Tine v/ K. Skjøstad og N. Sandvik). På Sør- og Vestlandet og i Telemark benyttes halm til strø i liten grad i mjølkeproduksjonen (pers. medd. Tine v/L. Egeland og S. Haslemo). Med utgangspunkt i ovennevnte anslag og antall mjølkekyr, kan behovet for halm til talle/strø i 2010 settes til ca. 6 000 tonn i mjølkeproduksjonen inklusive «andre storfe».

Sau. Antall vinterfôra sau i 2006, 2008 og 2010 i Sør-Norge er vist i Tabell 4.10.

Tabell 4.10. Vinterfôra sau, antall, i ulike fylker i 2006, 2008 og 2010

Fylke	2006	2008	2010	Fylke	2006	2008	2010
Østfold	4425	4749	5284	Aust-Agder	16212	14891	13801
Akershus	10263	9828	10326	Vest-Agder	26195	24360	24284
Hedmark	60734	56981	55957	Rogaland	203606	205113	218459
Oppland	114686	107619	109770	Hordaland	104373	103527	110051
Buskerud	47780	44232	44057	Sogn og Fjord.	103028	96598	97876
Vestfold	4686	4135	4963	Møre og Romsd.	65733	63962	66498
Telemark	29255	27076	25752	Sør-Trøndelag	64929	64565	66524
				Nord-Trøndelag	43387	39938	41482

Kilde: SSB

Det finnes ingen talloppsett over hvor mange vinterfôra sauer som går på talle. Anslag over hvor mange vinterfôra sauer som går på talle er innhentet fra ulike hold, og med utgangspunkt

i disse er to alternative anslag vist i Tabell 4.11. For hele Sør-Norge kan 76 000 dyr synes å være et godt utgangspunkt for å beregne halmbehovet.

Tabell 4.11. Vinterfôra sau på halmtalle, prosent og antall i 2010, i ulike landsdeler

Alternativ 1			Alternativ 2		
Område	Prosent	Ant. Dyr	Område	Prosent	Ant. Dyr
Østfold, Vestfold	50-60	5600	Østlandet	10	25600
Akershus og Oslo, Hedmark	25-35	19900			
Oppland, Buskerud, Telemark	15-20	31400			
Aust- og Vest Agder, Sogn og Fjordane, Hordaland, Møre og Romsdal	-	-	Sør- og Vestlandet	5-10	39800
Rogaland	2,5-7,5	10900			
Sør- og Nord-Trøndelag	5-10	8100	Trøndelag	10	10800
Sør-Norge		75900			

Kilder: Alt. 1: Ulike landbrukskontor i de ulike fylkene. Østfold (Halden, Trøgstad, Rakkestad), Vestfold (Larvik, Sande, Re, Andebu), Oslo og Akershus (Aurskog-Høland, Fet, Nes, Eidsvoll, Nannestad), Hedmark (Ringsaker, Stange, Åsnes, Stor-Elvdal, Tynset/Alvdal), Buskerud (Ål, Modum, Lier), Telemark (Kviteseid, Vinje), Oppland (Gjøvik, Lesja, Gausdal, Gran), Rogaland (Bjerkreim, Time, Karmøy, Vindafjord), Sør-Trøndelag (Rissa, Oppdal, Meldal, Midtre Gauldal), Nord-Trøndelag (Steinkjer, Grong)

Kilder: Alt. 2: Nortura v/E. Skurdal, O. Myklebust og B. Wæhre

Halmbehov til anlegg av talle for sau er 0,5 – 0,6 kg pr. dag. Årlig halmforbruket pr. vinterfôra sau, 195 dager med innefôring, er ca. 110 kg halm. Ut fra halmbehov til talle og anslagene i Tabell 4.11, kan halmforbruk i 2010 settes til ca. 8 400 tonn.

4.3 Halmmengder til fôr og talle

Anslåtte behov for halm til fôr og talle/strø til gris, storfe og sau i 2010 i Sør-Norge er oppsummert i Tabell 4. 12. I tillegg til gris, storfe og sau benyttes det også litt halm til strø i pelsdyrnæringen og til hest og geit, men mengde halm som nyttes i disse produksjonene er liten og påvirker i liten grad det totale behovet for halm til talle/strø i landbruket.

Tabell 4.12. Halmbehov, tonn, til fôr og talle/strø i Sør-Norge i 2010

<u>Fôr</u>	<u>Halm til fôr og talle/strø</u> Ammoniakkbehandlet halm	<u>Mengde, tonn</u>
		37000
<u>Talle/strø, gris</u>	Avlssvin	14000
	Slaktegris	1450
	Totalt	15450
<u>Talle/strø, storfe</u>	Ammeku	47600
	Mjølkeku og andre storfe	6000
	Totalt	53600
	Talle/strø, sau	8400
	Talle/strø, totalt	77450
	<u>Fôr og talle/strø, totalt</u>	114450

Tallene for halmbehov som er oppgitt i dette kapitlet gjelder halm ved 15 % vanninnhold. De ganges med en for faktor på 0,85 for å gi halmtørrstoff. Tabell 4,3 viser den totale mengden halmtørrstoff som er tilgjengelig på landsbasis.

Tabell 4.3. Totalt tilgjengelige mengder halmtørrstoff uten og med stråforkorting og ved ulik stubbehøyde (tall fra kap. 3), og behovet på landsbasis for halmtørrstoff til dyrefôr og strø/talle (fra tabell 4.12). Netto halmmengde er differansen mellom disse størrelsene. Alle tall er tusen tonn tørrstoff

	Uten stråforkorting 10 cm stubbehøyde	Med stråforkorting 10 cm stubbehøyde	Med stråforkorting 20 cm stubbehøyde
Total halmmengde	735.9	638.2	480.8
Fôr- og strøbehov	97.3	97.3	97.3
Netto halmmengde	638.6	540.9	383.5

5. Konsekvenser av halmfjerning for jordas fruktbarhet og kvalitet

Halmen behandles på ulike vis i dagens norske jordbruk: En del nyttes til strø eller fôr, en del blir pløyd eller harvet ned, og en mindre del brennes på jordoverflaten. Behandlingene berører ulike aspekter av bærekraftsbegrepet. Når halmen returneres direkte til jorda, resirkuleres både organisk materiale og næringsstoffer direkte. Det samme gjelder i en viss grad ved bruk til strø og fôr, men det er flere tapsposter underveis, og resirkuleringen skjer ikke alltid til samme areal som halmen stammet fra. Brenning innebærer tap av alt organisk materiale og nitrogen, men en del næring, bl.a. kalium, returneres til jorda. Halmbehandling, i samspill med jordarbeidingsmåten, har også viktige konsekvenser for smitterisiko av soppsjukdommer.

Kanaliseringspolitikken i norsk jordbruk siden 1950-tallet har ført til en betydelig nedgang i moldinnholdet i dyrket jord mange steder på Østlandet (Riley & Bakkegard 2006). Dette kan knyttes til en forverring av viktige funksjoner innenfor jordkvalitet og produktivitet (f. eks. Schjønning *et al.* 2004, Riley *et al.*, 2008).

I dette kapitlet utredes tidligere norsk og nordisk forskning som kan belyse konsekvensen av at en større andel av halmen fjernes som biobrensel, med fokus på:

1. Direkte virkninger av halmfjerning ved konvensjonell og alternativ jordarbeiding
2. Plantenes innhold av næringsstoffer
3. Jordas karboninnhold og jordstruktur

5.1 Oversikt over avlingsutslag i norske forsøk

Virkningen på kornavlingene av halmnedpløying kontra fjerning eller brenning er siden 1950-tallet blitt undersøkt i en rekke norske feltforsøk, spesielt med tanke på hvordan det påvirker behovet for N-gjødsling.

Uhlen (1973) rapportert at nedpløying av 350 kg/daa halm i 26 ettårige forsøk utført mellom 1953 og 1966 gav 7-8 % nedgang i kornavlingene der det ikke ble brukt N-gjødsel, men at det hadde ingen effekt på avlingen ved bruk av > 5 kg N/daa. Det totale innholdet av N i plantene (korn+halm) var opp til ca. 0,5 kg/daa (6 %) mindre ved nedpløying av halmen enn uten, som følge av kortvarig immobilisering i jorda. I 7 mer langvarige forsøk, fant han at reduksjonen i avling og opptatt N-mengde uteble etter 2-3 år med halmnedpløying. Han fant også samspill mellom effekten av halmnedpløying og værforholdene året etter, med positiv ettervirkning i tørre år og omvendt i fuktige år. K-innholdet i avlingene var alltid størst ved halmnedpløying.

Njøs og Børresen (1991) redegjorde for et langvarig forsøk på stiv leire, der kornavlingene over en 21-års periode var 8 % lavere ved halmnedpløying om våren enn ved halmbrenning. Halmnedpløying om høsten gav derimot ingen negativ virkning på avlingen. Kvekemengden var størst ved halmnedpløying om våren, og dette kan trolig forklare avlingsnedgangen.

Wølner *et al.* (1978) rapporterte fra et langvarig forsøk på leirjord (Hellerud i Akershus) som ble anlagt i 1952, for å sammenlikne fjerning, brenning og nedpløying av halm. Fram til 1975 ble feltet gjødslet svakt (ca. 2-6 kg N). Feltet ble drevet videre til 1991, med en noe sterkere gjødsling (8 kg N, Erik Torskenæs, pers. medd.). I tillegg til de tre nevnte leddene, var det et ledd der halm ble nedpløyd hvert år sammen med et gjenlegg av alsike- og hvitkløver. To av leddene ble delt, slik at halvparten av disse rutene ble gjødslet med 3-4 kg ekstra nitrogen. Avlingsresultatene for de to periodene er vist i tabell 5.1. I den første forsøksperioden gav

både halmbrenning og halmnedpløying svake avlingsøkninger, sett i forhold til leddet med halmfjerning, mens i den andre forsøksperioden var situasjonen motsatt. Nedpløying av halm sammen med et kløvergjenlegg gav ca. 4 % avlingsøkning, sett i forhold til fjerning. Bruk av ekstra N-gjødsel gav litt større avlingsøkning ved halmnedpløying enn ved fjerning av halmen.

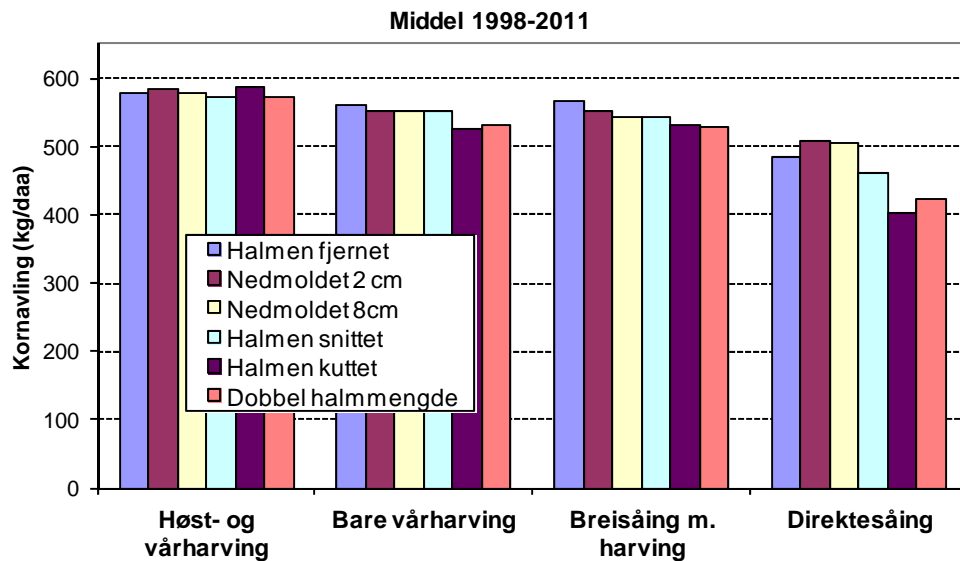
Tabell 5.1. Kornavlinger (kg/daa) i et langvarig forsøk med ulike halmbehandlinger ved Hellerud forsøks- og eliteavlsgard. Data fra Wølner et al. (1978) og Torskenes (pers. medd.)

	<u>1952 til 1975</u>	<u>1976 til 1991</u>	<u>Middel</u>
Halmen fjernet	286	317	298
Halmen brent	293	308	299
Halmen nedpløyd	290	308	297
Halmen nedpløyd med gjenlegg	301	328	312
Halmen fjernet, ekstra N-gjødsel	323	342	331
Halmen nedpløyd, ekstra N-gjødsel	334	344	338
Middel	305	325	

De norske forsøkene viser altså at nedpløying av halmen har relativt lite direkte effekt på kornavlingene utover en kortvarig binding av nitrogen, særlig ved svak gjødsling. Eventuelle indirekte effekter av halm på jordstrukturen har imidlertid trolig ikke kommet til syne her.

Ved redusert jordarbeiding og direktesåing har halmrester som ligger på jordoverflaten vist seg å være en av de største begrensningene ved slike system, spesielt på fuktige jordarter. Riley (1983) fant stor avlingsnedgang ved direktesåing i halmhakk på siltjord og mellomleire, men ikke på lettleire. Årsaken til denne forskjellen antas å være at de førstnevnte jordartene hadde svært dårlig luftveksling, slik at halmrestene førte til anærobe forhold i såsporet. I et felt på siltig mellomleire, derimot, har det under tørre forhold vist seg å være en fordel med halmrester på jordoverflaten, trolig fordi de reduserer fordamping i spirefasen (Riley et al. 2009).

Det er likevel trolig mest realistisk å fokusere på problemene som halmrester fører til ved alternative jordarbeidingsmetoder. Dette kan illustreres ved resultatene av et forsøk etablert i 1991 på stiv leire (Øsaker i Østfold), hvor ulike halmbehandlinger og såmåter er blitt sammenliknet uten pløying. Figur 5.1 viser avlingsresultatene, som har avviket relativt lite fra år til år, for perioden 1998-2011. Det har vært små avlingsutslag for halmbehandlingene på jord som er harvet både om høsten og om våren. Ved harving bare om våren og ved breisåing med påfølgende harving, har man fått ganske gode resultater der halmen er fjernet, moldet eller snittet om høsten, men en tydelig avlingsnedgang der halmen bare er kuttet (treskeren) eller der det er tilført dobbel halmmengde. Ved direktesåing har det vært ca. 15 % dårligere avlinger også med de førstnevnte halmbehandlingene, og opp til 30 % avlingstap ved de sistnevnte. Det er i tillegg et sterkt fokus i dag på evt. uheldige innvirkninger av halmrester på mykotoksiner i korn, pga. økt forekomst av *Fusarium spp.* (Henriksen 2006). Det forventes at problemet er størst under fuktige forhold.



Figur 5.1. Kornavlinger over 14 år ved ulike såmåter og ulike halmbehandling på upløyd stiv leire, Øsaker i Østfold (basert på tall fra Riley et al. 2009 og upubliserte data).

5.2 Innholdet av plantenæringsstoff i halmen

Næringsinnholdet i halmen ble ikke målt i forsøkene som ble utført i prosjektperioden, og det er istedenfor brukt tall fra forsøkene som er omtalt i avsnitt 2.1 av kapittel 2. Tabell 5.2.1 viser middeltall fra vanningsforsøket 1975-1986, med NPK-konsentrasjoner og opptak samt andelen som finnes i halm sett i forhold til mengden som finnes i hele planten. Tallene er middel av alle år, med og uten vanning, brei- og radgjødsling og fire gjødselnivå.

Halm utgjorde i dette forsøket litt over halvparten av den totale tørrstoffmengden som ble høstet (52 % i bygg, 53 % i havre og 59 % i vårhvet). Hvete hadde altså en betydelig høyere halmandel enn bygg og havre (7 % absolutt, 13 % relativt). Tilsvarende tall (prosentandel i halm i forhold til totalt høstet materiale) var for nitrogen og opptak i halm henholdsvis 24 % og 20 % i bygg, 18 % og 25 % i havre og 24 % og 19 % i hvete. Når det gjelder kalium, derimot, var halmandelen av totalopptaket langt høyere (72 % i bygg, 83 % i havre og 76 % i hvete). Gjennomsnittlige tørrstoffmengder i halm var ca. 400-500 kg/daa, mest i havre og minst i bygg. N-konsentrasjonen var størst i bygg og minst i havre, mens konsentrasjonene av P og K var størst i havre og minst i hvete. N-opptaket i halm var omkring 2 kg/daa, mest i hvete og minst i havre. P-opptaket i halm var ca. 0,5 kg/daa, mest i havre og minst i hvete. K-opptaket i halm var langt høyere, og utgjorde 5 kg/daa i bygg og hvete og 11 kg/daa i havre.

Tabell 5.2.1. Korn- og halmavlinger, konsentrasjoner av N, P og K og deres opptak i korn og halm, samt prosentandelene som finnes i halm sett i forhold til mengdene i hele planten. (Tall fra et vanningsforsøk på Kise forskingsstasjon 1976-85, etter Ekeberg, pers. medd.)

	<u>Bygg</u>	<u>Havre</u>	<u>Hvete</u>
N % i korn	1,83	1,81	2,08
N % i halm	0,52	0,35	0,44
N kg/daa korn	6,72	7,66	7,01
N kg/daa halm	2,11	1,69	2,23
N i halm, prosentandel	22,6	17,7	23,2
P % i korn	0,43	0,41	0,43
P % i halm	0,11	0,13	0,07
P kg/daa korn	1,56	1,76	1,45
P kg/daa halm	0,40	0,57	0,35
P i halm, prosentandel	20,4	24,9	18,7
K % i korn	0,56	0,51	0,46
K % i halm	1,35	2,18	0,99
K kg/daa korn	2,02	2,20	1,54
K kg/daa halm	5,21	10,86	5,00
K i halm, prosentandel	70,4	81,8	74,4

Konsentrasjonene av N, P og K i halmen økte også med stigende gjødselmengder (se tabell 5.2.2), unntatt noen ganger mellom null-leddet og den laveste gjødselmengden. I slike tilfeller skyldes nedgangen trolig en fortynning av næringsinnholdet som følge av sterk økning i halm-tørrestoffmengden. Dette var særlig merkbart for fosforet i bygg og havre. Totalt sett førte økt gjødsling til sterk økning i opptaket av N, P og K i halmen. Gjeldende gjødslingspraksis er derfor en viktig faktor å ta hensyn til.

Tabell 5.2.2. Effekt av gjødselnivå på konsentrasjoner og opptak av N,P og K i halmen. Gjødselslaget som ble brukt i forsøket var Fullgjødsel D (20% N, 5 % P og 9% K). (Tall fra et vanningsforsøk på Kise forskingsstasjon 1976-85, etter Ekeberg, pers. medd.)

Gjødselmengde (Fullgj. D /daa D):		<u>0 kg</u>	<u>25 kg</u>	<u>50 kg</u>	<u>75 kg</u>
Bygg	N % i halm	0,45	0,43	0,51	0,63
	N i halm, kg/daa	0,69	1,44	2,35	2,96
	P % i halm	0,24	0,10	0,09	0,10
	P i halm, kg/daa	0,37	0,34	0,41	0,45
	K % i halm	1,30	1,22	1,35	1,48
	K i halm, kg/daa	2,08	3,86	5,87	6,82
Havre	N % i halm	0,33	0,27	0,34	0,44
	N i halm, kg/daa	0,73	1,20	1,84	2,40
	P % i halm	0,28	0,11	0,11	0,12
	P i halm, kg/daa	0,60	0,48	0,58	0,65
	K % i halm	1,93	1,98	2,23	2,43
	K i halm, kg/daa	4,43	8,73	12,32	13,93
Hvete	N % i halm	0,31	0,36	0,45	0,56
	N i halm, kg/daa	0,72	1,61	2,48	3,16
	P % i halm	0,08	0,06	0,07	0,08
	P i halm, kg/daa	0,20	0,28	0,37	0,44
	K % i halm	0,76	0,88	1,05	1,14
	K i halm, kg/daa	1,83	3,90	5,82	6,45

Tabell 5.2.3 viser tall fra gjødslingsforsøket i 1998-2001, med N-konsentrasjoner og opptak i korn og halm, samt prosentandelen av disse som finnes i halm sett i forhold til mengden som finnes i hele planten. Tallene er middel av alle år, med og uten pløying.

Tabell 5.2.3. Effekt av gjødselnivå på N-konsentrasjoner og opptak i korn og halm. N-mengdene er gitt i Fullgjødning 21:4:10. Middelerverdi for 1998-2001. (Tall fra Riley, 2006)

	Kg N/daa gitt i Fullgjødning:	0 kg	6 kg	9 kg	12 kg
Bygg	N % i korn	1,75	1,56	1,52	1,63
	N % i halm	0,64	0,38	0,39	0,39
	N kg/daa korn	2,93	5,17	5,64	6,87
	N kg/daa halm	0,60	0,79	0,91	1,14
	N i halm, prosentandel	17,6	13,6	14,1	14,3
Havre	N % i korn	1,80	1,67	1,67	1,76
	N % i halm	0,35	0,25	0,26	0,26
	N kg/daa korn	3,82	6,30	6,87	7,47
	N kg/daa halm	0,52	0,80	0,87	0,89
	N i halm, prosentandel	11,6	10,7	10,9	10,8
Hvete	N % i korn	1,54	1,49	1,57	1,67
	N % i halm	0,28	0,30	0,39	0,44
	N kg/daa korn	3,34	5,33	5,92	6,28
	N kg/daa halm	0,66	1,43	1,68	1,90
	N i halm, prosentandel	16,8	19,7	21,8	23,1

Rangeringen av N-konsentrasjonen i halmen var den samme som i vanningsforsøket, med mest i bygg og minst i havre. De absolutte verdiene var imidlertid noe lavere her. Dette kan skyldes noe fuktigere forhold i denne forsøksperioden enn i den forrige, og dessuten var det i gjennomsnitt et noe lavere N-gjødselnivå i dette forsøket. Stigende gjødsling hadde likevel relativt lite å si her for N % i bygg og havre. I begge disse vekstene, men ikke i hvete, var det en fortykning mellom null-leddet og den laveste gjødselmengden. Andelen av N i halmen, sett i forhold til totalt opptak, var størst i hvete og minst i havre. N-opptakene i halmen var mindre her enn i det forrige forsøket, men de økte på samme måte med stigende gjødselmengde.

Beregning av næringsstoffmengder i halmen

Det er tatt utgangspunkt i halmmengdene som ble presentert i kapittel 3 (tabeller 3.5 og 3.6). Halmmengdene pr. dekar og år ble multiplisert med N-, P- og K-konsentrasjoner utledet fra forsøksmaterialet som er presentert ovenfor (ca. 1800 N- analyser og 1400 P- og K-analyser).

N-konsentrasjonene så ut til å stige med både N-gjødselmengde og avlingsstørrelse, og de ble derfor estimert ut fra regresjonsligninger som hadde disse faktorene som forklaringsvariabler (ligningene ikke vist her). Eksempler på beregnede N-konsentrasjoner er vist i tabell 5.3.4.

Tabell 5.2.4. N-konsentrasjoner i halm beregnet ved tre N-gjødselnivå og ved to avlingsnivå

N-gjødsel	200 kg halmtørrstoff/daa			500 kg halmtørrstoff/daa		
	5 kg/daa	10 kg/daa	15 kg/daa	5 kg/daa	10 kg/daa	15 kg/daa
Bygg	0,34	0,43	0,51	0,51	0,56	0,61
Havre	0,19	0,32	0,46	0,27	0,34	0,42
Hvete	0,27	0,41	0,55	0,36	0,45	0,55

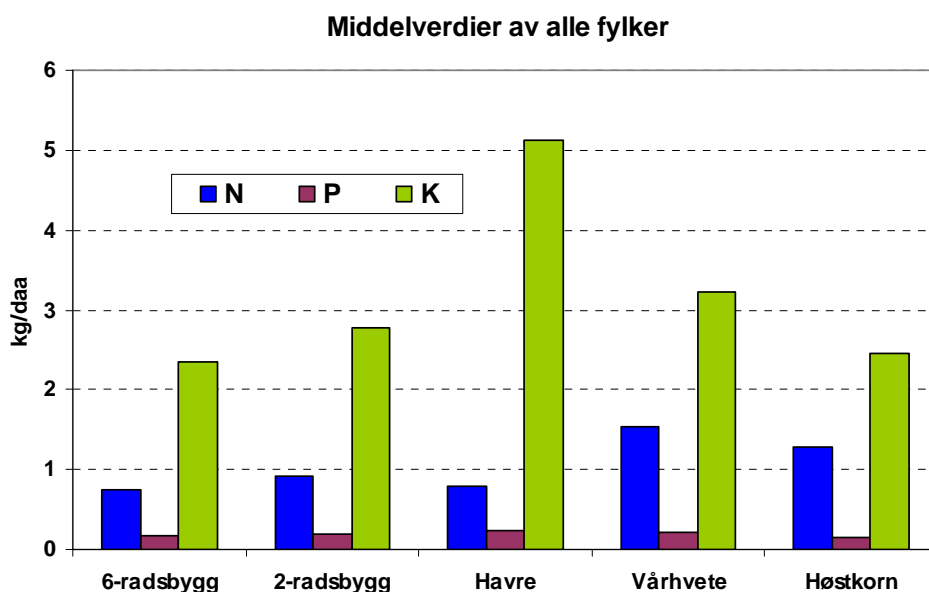
Den positive effekten av N-gjødselnivå er forventet, men årsaken til effekten av avlingsnivå er mer uklar. I korn er det vanlig å finne en fortykning av N-konsentrasjonen ved høyt avlingsnivå, mens for halm ser det ut til at N-konsentrasjonen stiger. Dette kan skyldes at tilgangen på nitrogen fra mineralisering er større i tilfeller med høyt avlingsnivå. Effekten er relativt liten, sett i forhold til effekten av gjødsling. I de videre beregningene har vi forutsatt bruk av 11 kg N/daa til havre, 12 kg til bygg, 14 kg til vårhvete og 16 kg til høstkorn. Dette gir et midlere gjødselforbruk på 12,5 kg N/daa på landsbasis, og dette stemmer bra med SSBs tall for gjødselforbruk til korn i Norge.

P-konsentrasjonene i halmen viste svak økning med stigende P-gjødselmengde, men det var ingen sammenheng mellom P % i halmen og avlingsnivå. K-konsentrasjonene viste sterk økning med K-gjødselmengde hos alle kornarter, men ingen entydig effekt av avlingsnivå. Vi brukte derfor faste verdier for P- og K-konsentrasjonene uansett avlingsnivå. Disse ble valgt på grunnlag av tallene i tabell 5.3.5, og gjelder ved gjødsling med hhv. 1,5-2,0 kg P/daa og 5-7 kg K/daa. De brukte P-konsentrasjonene var 0,10 % for bygg, 0,11 % for havre og 0,07 % for hvete, og de brukte K-konsentrasjonene var hhv. 1,4 %, 2,3 % og 1,1 %.

Tabell 5.2.5. P- og K-konsentrasjoner i halm ved de tre gjødselnivå nevnt i tabell 5.2.2

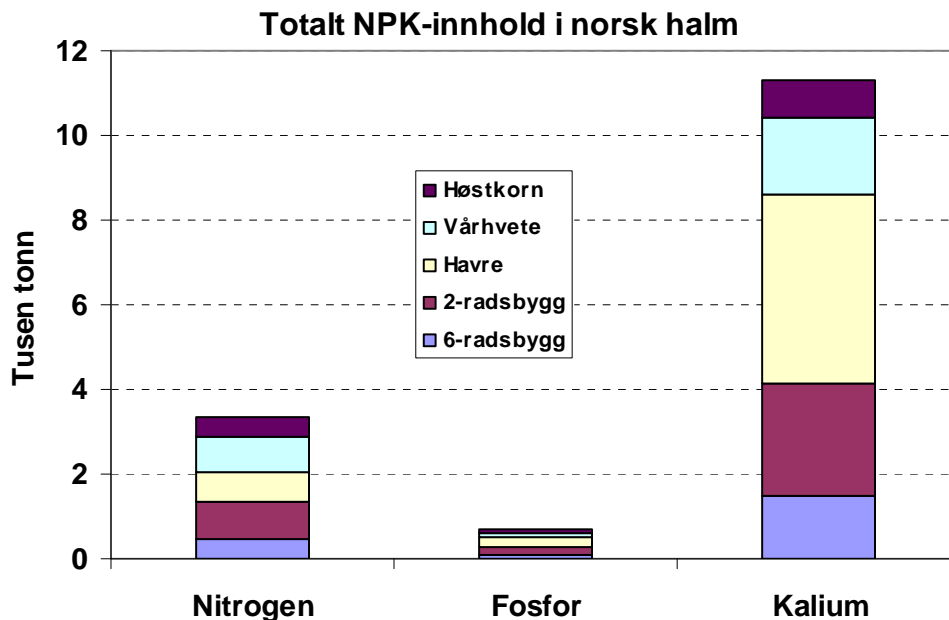
	kg P/daa			kg K/daa		
	1,25	2,50	3,75	2,25	4,50	6,75
Bygg	0,10	0,09	0,10	1,22	1,35	1,48
Havre	0,11	0,11	0,12	1,98	2,23	2,53
Hvete	0,06	0,07	0,08	0,88	1,05	1,14

Figur 5.2.1 viser beregnet innhold av plantenæringsstoff i halmen, i middel av alle fylkene. Det er klart mest kalium, 2,5-3 kg/daa i halm av bygg og hvete og ca. 5 kg/daa i havrehalm. Dette næringsstoffet finnes i cellevæsken og vaskes lett ut av plantene ved nedbør. Mengden som faktisk fjernes fra jordet ved bruk av halm til biobrensel vil derfor avhenge av hvor lenge halmen har ligget ute etter tresking. Nitrogenmengden er noe større i hvetehalm enn i halm av bygg og havre, hhv. litt over/litt under 1 kg/daa. Det er relativt lite fosfor (< 0,25 kg/daa) i halm.

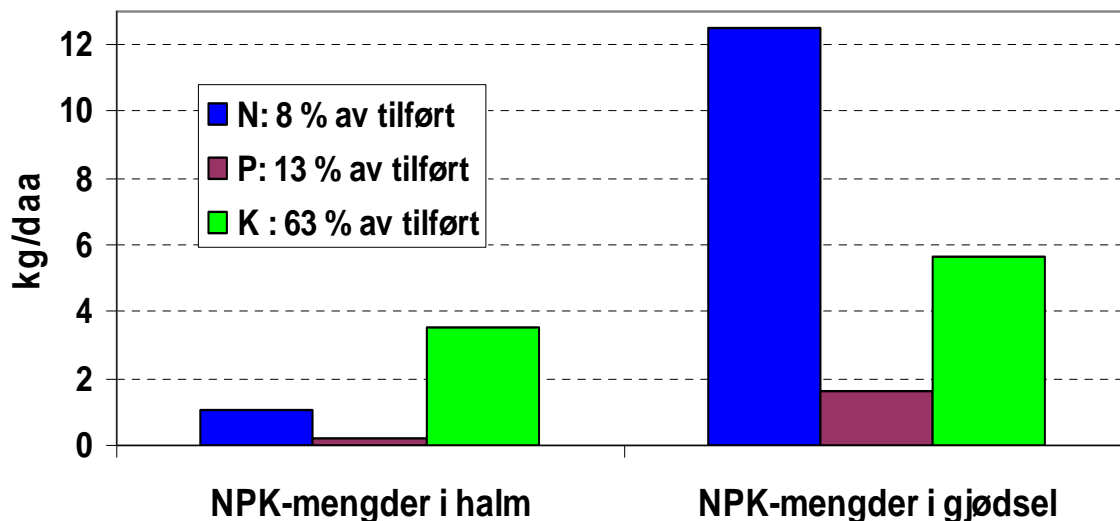


Figur 5.2.1. Midlere beregnet innhold av nitrogen, fosfor og kalium i halm (kg/daa).

Figur 5.2.2 viser hvor mye plantenæring det kan være totalt sett i norsk halm. Det dreier seg om 3,4 tusen tonn nitrogen, 700 tonn fosfor og 11,4 tusen tonn kalium. Sett i forhold til mengdene av disse næringsstoffene som tilføres korn i form av mineralgjødning (figur 5.2.3), utgjør opptaket i halmen 8 % av tilført N, 13 % av tilført P og hele 64 % av tilført kalium.



Figur 5.2.2. Beregnede totale mengder med nitrogen, fosfor og kalium i halm i norsk halm .



Figur 5.2.3. Mengdene av N, P og K i halm sammenliknet med mengdene i mineralgjødning.

Et viktig spørsmål ved fjerning av halmen til biobrensel eller andre formål, er hvorvidt det vil medføre behov for sterkere gjødning. Allerede i dag anbefales det ifølge Gjødningshåndboka

(www.bioforsk.no) å øke gjødslinga med 0,3 kg P og 2 kg K pr. daa det påfølgende året hvis halmen fjernes. Ved bruk av halm til fôr eller strø, vil mye av næringen som den inneholder resirkuleres innefor gården. Ved bruk til biobrensel vil det samme gjelde for kalium og fosfor, dersom asken spres på de samme arealene som asken er tatt fra, mens alt nitrogenet går tapt. Uhlen (1991) fant igjen 40 % av halmens N-innhold i jorda etter 35 år med halmnedpløying.

Mye av kaliumet i halmaske vil trolig være plantetilgjengelig. Ifølge danske undersøkelser (Hansen 2004), var ca. 35 % av kalium i asken vannoppløselig. Feltforsøk viste at det også var en effekt på planter av tyngre løselig kalium. De antar at virkningen av kalium i halmaske er 80 % av det syreløselige kaliuminnholdet. Plantetilgjengeligheten av fosfor i halmaske er mer usikker. I følge Trond Haraldsen (pers. medd.) tapes ikke P til luft ved brenning, og 90 % av P finnes i bunnasken. Ved ekstrahering av asken med DTPA/CaCl₂ fant han imidlertid ikke løst P. Ifølge dansk erfaring (Hansen 2004), er ca. halvparten av P i halmaske citratløselig, dvs. at det kan under gunstige betingelser i jorda trolig bli plantetilgjengelig over tid. De antok at fosforvirkningen av aske på lang sikt vil være 50 til 70 % av P-innholdet. Haraldsen har funnet at aske gir utslag på P-AL i jorda når det blandes med kjøttbeinmel, omtrent som forventet ut fra mengden P. Han påpeker at halmaske har mer passende sammensetning enn treaske for å blande med kjøttbeinmel, fordi den er mer kaliumrik.

Halmaske inneholder også kalsium og magnesium, og har derfor en positiv virkning på jordreaksjonen. En svensk undersøkelse viste at kalkvirkningen av halmaske varierte mellom 3,5 og 44 % CaO, avhengig av halmens Ca-innholdet (Sanger & Andrén, 1997). En mulig negativ effekt av halmaske er at den kan ha et forhøyet innhold av bl.a. kadmium. I Danmark er et Cd-innhold på 0,165 mg/kg halmaske vanlig (Dansk Landbruigrådgivning), og det finnes regler for hvor mye halmaske som kan tilføres jorda. Virkningen av bruk av halmaske på Cd-opptak i raigras ble nylig undersøkt i et karforsøk ved UMB (Ottestad Rød, 2010). Kadmiuminnhold i jorda var 38 mg/kg, som tilsvarer tungmetallnivå 5 (meget høyt). Ekstraksjon viste at 17 % av innholdet var mobilt. Opptaket i plantene var 3 % etter 6 uker. Dette var lavere enn Cd-opptaket av jord fra alunskifer. Dette kan tyde på at kadmium i halmaske er bundet sterkere enn kadmium i naturlig forurenset grunn.

5.3 Oversikt over endringer i jordas karboninnhold og jordstruktur

Jordas karboninnhold er ofte høyere i Skandinavia enn i andre europeiske land, som følge av kalde klimaforhold og, spesielt tidligere, en dominans av husdyrproduksjon basert på grovfôr. Det er velkjent at karboninnholdet i jorda faller når andelen av åpenåker øker, slik den har gjort i Norge etter krigen. På Østlandet har denne andelen nesten tredoblet siden 1950. Jordas moldinnhold er viktig for mange jordstrukturegenskaper, som for eksempel vannlagring og aggregatstabilitet. Det er i dag også fokus på jordas moldinnhold ifm. utslipp av CO₂.

Det ser ut til at jordas moldinnhold fortsatt avtar i en rekke norske jordbruksdistrikt. Tabell 5.3.1 viser målinger gjort i 2001 på ca. 300 skifter med åpenåkerdrift i åtte østlandsdistrikt. Det var en del skifter i alle distrikt hvor karboninnholdet hadde økt i 2001, men en langt større andel viste nedgang. I middel av alle skifter var nedgangen i karboninnhold statistisk sikker i alle distrikt unntatt Østfold og Aurskog, hvor leirjord dominerer. Nedgangene var størst i Toten og Hedemarken, hvor relativt moldrik moreneletteleire er den dominerende jordarten.

Tabell 5.3.1. Karboninnholdet i matjorda (g C/100 g jord) målt på et utvalg av skifter med åpenåker i ulike distrikt på sørøstlandet i 1990-92 og endringene i 2001 samt endringene pr. år. Kilde: Riley & Bakkegard (2006)

Distrikt	Antall	Alder ¹	V. start	V. slutt	P ²	Endring/år
Vestfold	37	9,0	1,92	-0,12	*	-0,013
Buskerud	36	9,3	2,21	-0,16	**	-0,017
Østfold	46	8,9	2,16	-0,03	is	-0,003
Aurskog	17	8,4	2,21	+0,04	is	+0,005
Romerike	38	8,8	1,76	-0,15	***	-0,017
Solør	38	11,0	2,21	-0,30	***	-0,027
Toten	39	11,5	2,40	-0,41	***	-0,035
Hedemarken	40	9,9	2,76	-0,49	***	-0,050
Alle skifter	291	9,7	2,21	-0,22	***	-0,023

¹ Antall år mellom første og andre måling ² Signifikansnivå *P<0,05 **P<0,01 ***P<0,001

Endringer i karboninnholdet i jord er studert i flere langvarige forsøk i Norden. Virkningene av omløpstype, halmnedpløying og bruk av husdyrgjødsel i Norge ble presentert av Uhlen (1991) for de første 31 årene av et langvarig feltforsøk på mellomleire på Ås (figur 5.3.1). Det opprinnelige moldinnholdet i dette forsøket var relativt høyt (3,8 % C, dvs. 6,5 % mold). Nivået forble uendret i et omløp med 2/3 eng og 1/3 korn, og økte en del ved bruk av fast husdyrgjødsel i dette omløpet. Et omløp med 1/3 eng og 2/3 korn ga en svak nedgang, mens ensidige kornomløp ga omtrent dobbelt så stor nedgang. Det var tendenser til oppgang ved prøvetaking i 1984 i denne undersøkelsen, men senere prøvetaking i 2001 har bekreftet den overveiende negative utviklingen (Cuvardic et al. 2004). Sett i forhold til virkningen av å ha eng i omløpet, var effekten av halmnedpløying i kornomløpet ganske beskjeden.

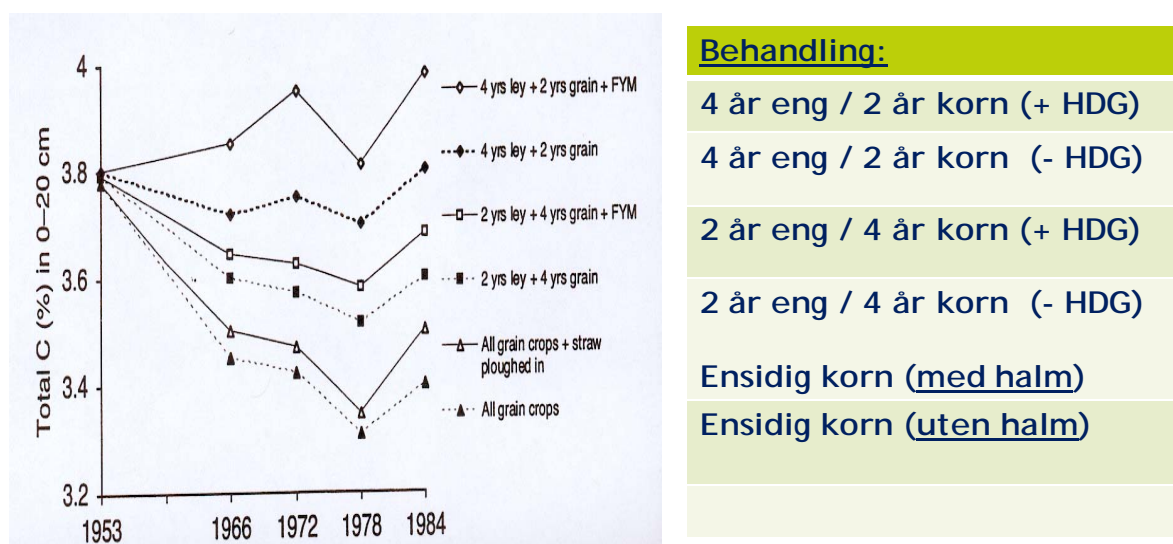


Fig. 5.3.1. Endringene i jordas karboninnhold ved ulike andeler eng/korn i omløpet, med og uten bruk av husdyrgjødsel (FYM) og med og uten halmnedpløying. Kilde: Uhlen (1991).

Halmnedpløying hadde økt karboninnholdet med 0,16 % C etter 31 år (ca 388 kg C per dekar eller ca 12 kg C per dekar og år). Dette tilsvarer bare 7 % av karbonet som ble tilført. Uhlen presenterte også effekten av halmnedpløying i to andre langvarige forsøk på mellomleire og stiv leire. Etter hhv. 23 og 21 år hadde karboninnholdet i begge av disse forsøkene økt med

0,10 % C (ca. 240 kg per dekar og ca. 11 kg per dekar og år). Sammenlignet med effekten av langvarig bruk av husdyrgjødsel i norske forsøk, konkluderte Uhlen med at effekten av halm på karboninnholdet var under halvparten så stor.

På bakgrunn av rammeforsøk i Danmark beregnet Christensen (1990) årlige endringer i jordas karboninnhold over en 30-års periode, som følge av ulike dyrkingsfaktorer. Disse endringene er vist i tabell 5.3.2. Jord med høyt karboninnhold viste alltid en nedgang, mens det motsatte skjedde i jord med lavt C-innhold. Brakking forårsaket enten størst nedgang eller minst økning i C, tett etterfulgt av ensidig dyrking av rotvekster og ensidig korn med halmfjerning. Ensidig korn med halmnedmolding og et allsidig omløp med bruk av husdyrgjødsel var behandlingene som gav minst C-nedgang på moldrik jord og størst økning på moldfattig jord. Resultatene er interessante fordi de viser at utviklingens retning avhenger av utgangspunktet.

Tabell 5.3.2. Gjennomsnittlige endringer i jordas karboninnhold i perioden 1956-1985 ved ulik behandling av jord med høyt (2,56 % C) og lavt (0,52 % C) opprinnelig karboninnhold. Kilde: Christensen (1990)

Behandling	Siltig sand (2,56 % C) Endring ¹	Sand (0,52 % C) Endring ¹
Brakk, uten gjødsel	-0,033	+0,002
Ensidig korn, halm fjernet	-0,023	+0,010
Ensidig korn, halm nedmoldet	-0,009	+0,020
Allsidig omløp ² , uten husdyrgjødsel	-0,015	+0,014
Allsidig omløp ² , med husdyrgjødsel	-0,008	+0,019
Bare rotvekster (fôrbete, kålrot, potet)	-0,025	+0,006
Kløvereng/rotvekster i 3:1 forhold	-0,012	+0,016

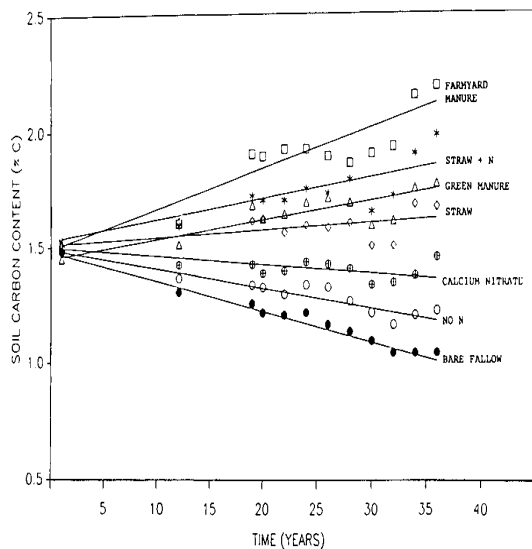
¹ årlig endring i % C (g/100 g jord)

² et 4-årig omløp med høstkorn, rotvekster, vårkorn og kløvereng

Liknende rammeforsøk er utført i Sverige med mellomleire (Persson & Kirchmann 1994). Årlige endringer forårsaket av ulike faktorer er vist i figur 5.3.2. Karboninnhold i jorda var i utgangspunkt ca. 1,5 % (2,6 % mold) og vekstene var mest korn og oljevekster. Også her førte brakking til størst nedgang og bruk av husdyrgjødsel til størst økning i jordas karboninnhold.

Grønngjødsling, dvs. tilførsel av rent grasmateriale (ca. 2 tonn C/ha/år), ga nesten samme C-økning som tilførsel av samme mengde karbon i halm når det også ble gjødslet med 80 kg N/ha/år i sistnevnte tilfelle. Virkningen av halmtilførsel uten bruk av nitrogen var mindre, men likevel nok til å opprettholde jordas karboninnhold, nesten uten endring over tid.

Ensidig dyrking av korn uten halmtilførsel, men med N-gjødsel, ga en svak nedgang i karbon. Ved ensidig dyrking med hverken halm eller N-gjødsling, ble derimot nedgangen større, trolig fordi kornplantenes rotmengde var liten under slike forhold. At endringene her var noe mindre enn på siltig sand i den danske undersøkelsen skyldes både at det opprinnelige C-innholdet var lavere her og at leirjord har evne til å beskytte organisk materiale mot nedbryting.



Årlig endringer som følge av dyrkingstiltak

	(g C/100g jord)	Kg C/dekar
Bruk av husdyrgjødsel	+0,018	+43
Tilførsel av halm med N	+0,009	+22
Bruk av grønn gjødsling	+0,008	+19
Tilførsel av halm uten N	+0,003	+7
Uten halm, med N gjødsel	-0,004	-10
Uten halm, uten N gjødsel	-0,009	-22
Helbrakking	-0,013	-31

Fig. 5.3.2. Gjennomsnittlige endringer i jordas karboninnhold i perioden 1956-1991 ved ulike behandling av leirjord med middels (1,5 % C) opprinnelig innhold av karbon.

Kilde: Persson & Kirchmann (1994).

Röing et al. (2005) studerte virkningene av korn- og engomløp og fjerning kontra nedmolding av halmrester, i tre forsøk utført ulike steder i Sverige mellom 1981 og 1997 (tabell 5.3.3). Feltene hadde ulikt innhold av karbon opprinnelig, og viser en økning i karboninnhold med breddegrad. Dette er typisk også i Norge. I 1997 hadde karboninnholdet i kornomløpet gått ned alle steder, mest i det nordligste forsøket Röbbäcksdalen og minst på Lanna. I engomløpet hadde ikke C-innholdet økt betydelig på det sørligste feltet, men det hadde økt noe på Lanna. I det nordligste feltet, derimot, hadde C-innholdet gått ned betydelig også i engomløpet, noe som trolig gjenspeiler det høye nivået ved start på dette forsøksstedet.

På alle tre stedene hadde karboninnholdet gått ned like mye ved nedmolding av halmrester som uten halmrester. Forfatterne viste til en annen svensk undersøkelse som bekrefter at virkningen av halmnedmolding er liten og variabel (Kätterer & Andren 1999). I det norske langvarige forsøket med halmnedpløying som ble utført på Hellerud (se avsnitt 5.1) ble det gjort karbonmålinger i 1975 (Wølner et al. 1978). På det tidspunktet hadde C-innholdet gått ned siden 1952 (da C-innholdet var ca. 2 %) med 0,34 % ved halmbrenning, med 0,30 % ved halmfjerning og med 0,16 % ved halmnedpløying. Nye målinger i 1991, dvs. etter 40 år med/uten halmnedpløying, viste at C-innholdet hadde gått ned i løpet av hele perioden med 0,51 % ved halmbrenning, 0,47 % ved halmfjerning, 0,41 % ved halmnedpløying og 0,38 % ved halmnedpløying sammen med et kløvergjenlegg (Riley, upubliserte resultater). Også disse resultatene tyder på at virkningen av halmnedpløying på jordas C-innhold er beskjeden.

Tabell 5.3.3. Endringer i jordas karboninnhold ved ulike omløpstyper og ved fjerning kontra nedmolding av halmrester i tre forsøk ulike steder i Sverige (g C/100 g jord).

Kilde: Röing et al. 2005

	Virkning av omløpstype				Virkning av halmrester			
	Kornomløp		Engomløp		Fjernet		Nedmoldet	
	1981 ¹	1997	1981 ¹	1997	1981 ¹	1997	1981 ¹	1997
Lönnstorp (55° N)	1,58	-0,27	1,70	+0,04	1,53	-0,23	1,63	-0,32
Lanna (58° N)	1,97	-0,19	2,10	+0,33	1,97	-0,20	1,97	-0,20
Röbbäcksdalen (63° N)	2,94	-0,74	2,20	-0,48	3,00	-0,48	2,88	-0,38

¹ Feltene på Lønnstorp og Lanna startet i 1981, feltet på Røbäcksdalen startet i 1980

Langvarige feltforsøk med halmnedmolding i Danmark har vist at jordas karboninnhold er ca. 0,2 % høyere etter rundt 30 år med nedmolding enn ved fjerning eller brenning (figur 5.3.3). Forskjellen mellom fjerning eller brenning av halmen var liten i disse forsøkene. I ett av disse forsøkene var det en langvarig nedgang i moldinnhold til tross for nedmolding av halmen. Dette er i overensstemmelse med ni tidligere danske forsøk som viste at jordas moldinnhold avtok over en 10-års periode, med 11 % ved halmfjerning og med 6 % ved halmnedmolding (Skriver 1984). Konklusjonen ser ut til å være at halmnedmolding alene neppe opprettholder jordas moldinnhold ved ensidige korndyrking, men at det bidrar til å senke nedgangen.

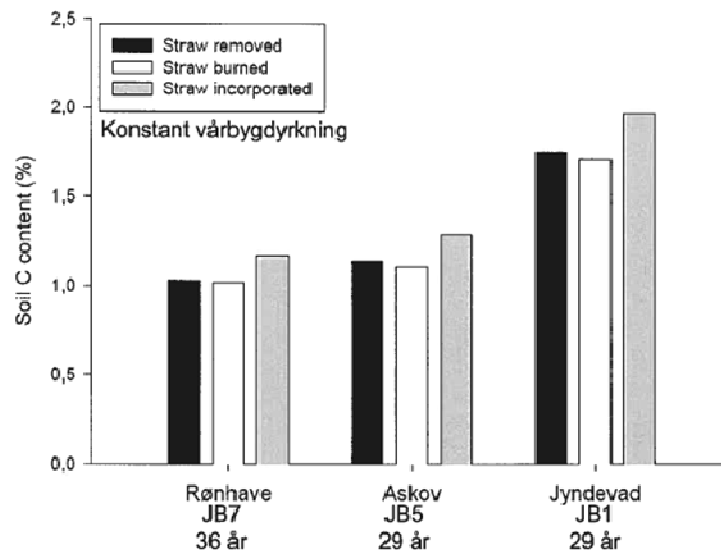


Fig. 5.3.3. Karboninnholdet i jorda i tre danske feltforsøk etter 29-36 år med halmfjerning, halmbrenning eller halmnedmolding ved ensidig korndyrking. Kilde: Schjønning (2004).

Thomsen og Christensen (2004) undersøkte (i Danmark) virkningen av å tilføre ulike halm-mengder (400, 800 og 1200 kg/daa/år) over 18 år, sammenliknet med bruk av fangvekst og fangvekst pluss gylle under de 10 første årene av forsøket (figur 5.3.4).

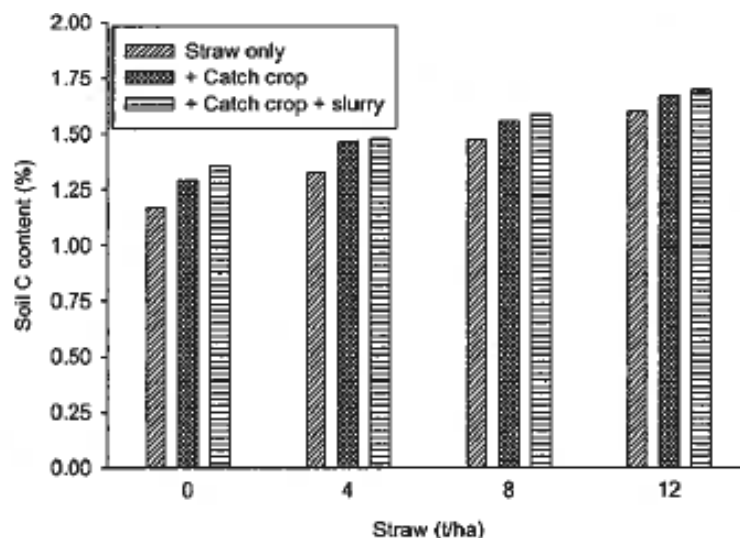


Fig. 5.3.4. Karboninnholdet i jorda etter 18 år med tilførsel av ulike halmmengder, sammenliknet med bruk av fangvekst og gylle. Kilde: Thomsen & Christensen (2004).

Sammenliknet med halmfjerning, førte halmnedmolding til at jordas moldinnhold økte med hhv. 12 %, 21 % og 30 % med disse halmmengdene. Etter 10 år korresponderte dette til 14 % av den totale halmmengden som var blitt tilført til da, og etter 14 år var tallet 11 %. Resten av karbonet var altså omsatt i løpet av denne perioden. Effektene av halmnedmolding var mindre på leddene hvor det ble brukt fangvekst og gylle, men de var likevel målbare også der.

I motsetning til situasjonen for karboninnhold, finnes det relativt få nordiske undersøkelser av hvordan halmrester påvirker jordstrukturen. I Danmark viste Schønning(1984) at nedmulding gav en sikker økning i stabiliteten av jordaggregatene, og en svak økning i motstanden mot vinderosjon, mens han fant liten forskjell i disse parametrene mellom fjerning og brenning. Njøs og Børresen (1991) fant ingen forskjell i jordas porestørrelsesfordeling mellom ledd med brenning kontra halmnedpløying, og heller ingen forskjeller i aggregatenes størrelsesfordeling eller bruddstyrke (det sistnevnte sier noe om vanskelighetsgraden for jordarbeiding). De fant likevel at stabiliteten av små aggregater (0,6-2 mm) var ca. 5 %-enheter høyere ved halmnedpløying enn ved halmbrenning. Den tilsvarende forskjellen i C-innhold var 0,25 %-enhet.

Det ble gjort en relativt omfattende undersøkelse av jordfysiske parametre i halmforsøket på Hellerud i 1991 (Riley, upubliserte resultat). Her ble det ikke funnet nevneverdige effekter, etter 40 år med ulike halmbehandlingene, på jordas porestørrelsesfordeling eller bruddstyrke. Det ble heller ikke funnet forskjeller i jordaggregatenes middelvektdiameter, men det var en noe større andel av finpartikler (<0,6 mm) etter halmbrenning enn etter halmfjerning og nedpløying. Dette betyr at halmbrenning kan gjøre jorda mer utsatt for jordskorpedannelse. Aggregatstabiliteten var lav i dette forsøket (<30 %). Stabiliteten av 0,6-2 mm aggregater var 4-5 %-enheter lavere etter brenning enn etter de andre halmbehandlingene. Stabiliteten av 2-6 mm aggregater var 2 %-enheter høyere ved halmnedpløying enn ved fjerning eller brenning, og 5 %-enheter høyere ved nedpløying av halm sammen med en fangvekst sett i forhold til nedpløying av halm alene.

Et aktuelt spørsmål i forbindelse med bruk av halm til bioenergi er hvor ofte vi kan fjerne halmen og samtidig opprettholde karbonbalansen i jorda. Konsekvensene av å fjerne halm er studert i flere land ved hjelp av simuleringsmodeller for karbonomsetning i jord. Eksempler på slike studier er Kätterer et al. (2004) og Saffih-Hdadi & Mary (2008). Disse studiene benytter resultatene fra langvarige forsøk for å verifisere modellene. I sistnevnte arbeid ble konsekvensen av å fjerne halm simulert over en periode på 50 år for 9 ulike lokaliteter. I middel av disse ble det predikert at karboninnholdet ville synke med ca. 6,5 %, sett i forhold til utgangspunktet. For feltet i Sverige var tallet 10 % mens for feltet i Danmark var tallet 3 %.

Christensen (2002) redegjorde for simuleringer gjort i Danmark for tre ulike driftsformer: Plantedyrking, plantedyrking med svinproduksjon, storfeproduksjon. Vekstomløpet i de to førstnevnte var korn i 6 av 8 år, sukkerbete i ett år og raigras i ett år. I det sistnevnte var det korn i tre av seks år, mais i ett år og eng i to år. Simuleringene ble gjort uten og med halmfjerning. Ved halmfjerning ble effekten av å ha en fangvekst simulert i tillegg. Den simulerte karbonmengden i jorda er vist i figur 5.3.5. Ved ren plantedyrking (dvs. uten svinegylle) gikk karboninnholdet ned både uten og med halmfjerning. Ved halmfjerning var C-mengden etter ca. 50 år bare halvparten av mengden uten halmfjerning. Ved bruk av svinegylle, gikk C-mengden opp når halmen ikke ble fjernet, og ned omtrent like mye når halmen ble fjernet. I storfeproduksjonssystemet, gikk C-innholdet ned både med og uten halmfjerning, men effekten av halmfjerning var mye mindre markert enn i det rene planteproduksjonssystemet. Ved alle tre driftsformer var effekten av fangvekster på C-mengden bemerkelseverdig liten.

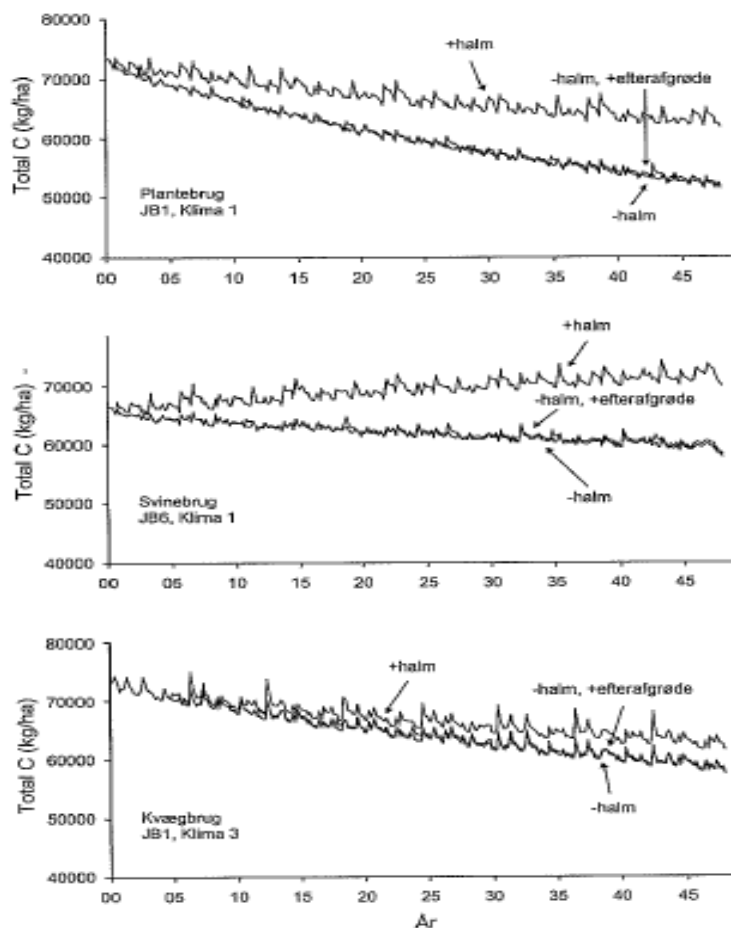
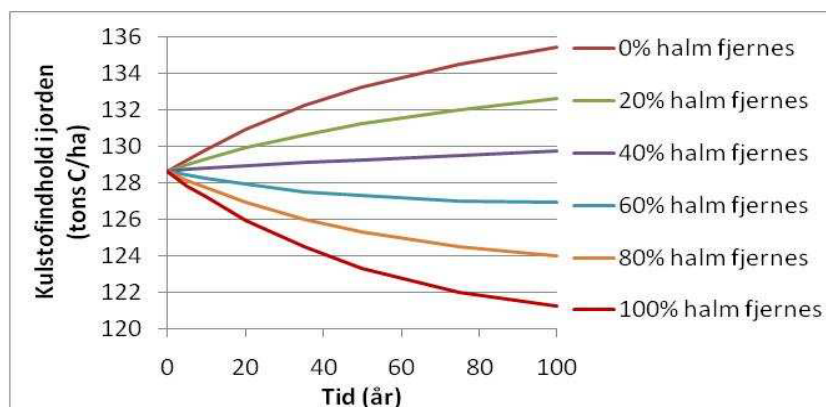


Fig. 5.3.5. Simulerte karbonmengder i pløyetaget under danske forhold uten og med halmfjerning og bruk av fangvekst i tre ulike dyrkingssystem (etter Christensen 2002). Tallene omfatter tilført karbon, jordas moldinnhold og jordas mikrobielle biomasse.

Et modelleringsverktøy (C-tool, Petersen et al. 2002) er blitt brukt for å beregne hvor mye halm man kan fjerne og samtidig opprettholde jordas karbonbalanse under danske forhold. Figur 5.3.6. viser et eksempel for et kornomløp der det dyrkes korn i 7 av 9 år og tilføres hvert år 10 kg N/daa i svinegylle. Disse beregningene tyder på at C-innholdet i jorda vil synke i mange år framover dersom all halmen fjernes, men at det vil opprettholdes på dagens nivå dersom bare ca. 50 % av halmen fjernes.



Figur 5.3.6. Simulerte endringer i jordas karboninnhold ved fjerning av ulik andel av halmen i et dansk kornomløp med årlig bruk av svinegylle. Beregnet med 'C-tool'. Eksemplet er hentet fra en presentasjon ved KU-LIFE av Ugilt Larsen (2010).

Dette resultatet kan ikke overføres direkte til norske forhold, men det kan brukes sammen med andre vurderinger, til å gi en pekepinne på hva man kan forvente under våre forhold. Forsøk i Norge viser at halmnedpløying kontra halmfjerning gir relativt små utslag på jordas moldinnhold, mens faktorer som eng i omløpet og bruk av husdyrgjødsel har større effekt. Vi kan forvente seinere nedbryting av organisk materiale enn i Danmark som følge av kaldere klima. På den annen side har vi generelt høyere moldinnhold i jorda, som gjør at nedgangen i moldinnhold ved åpenåkerdrift trolig går raskere enn i Danmark.

Våre målinger har vist at en betydelig andel av halmtørrestoffet blir igjen i stubben (ca. 25 % ved stubbehøyde 10 cm, og ca. 40 % ved stubbehøyde 20 cm). Man kan trolig antyde forsiktig at fjerning av opp til 75 % av halmen fra dyrkingssystem der det brukes en del husdyrgjødsel og/eller eng i omløpet, neppe vil føre til store endringer i jordas karboninnhold. I kornomløp uten slike tiltak, bør andelen som fjernes trolig være mindre, kanskje mellom 25 % og 50 %.

5.4 Konklusjon

Ved konvensjonell høstpløying tyder norske forsøk på at halmnedpløying har liten direkte innvirkning på kornavlinger på kort sikt, utover en viss negativ virkning ved lav gjødsling, trolig forårsaket av N-immobilisering. Ved alternative jordarbeidingssystem uten pløying, er det funnet uheldige virkninger av at halmen blir liggende på jordoverflaten, spesielt ved direktesåing på fuktige jordarter. Under slike forhold vil halmfjerning gi enklere forhold for såing, og trolig bedre planteetablering. Risikoen for mykotoksiner i kornet vil også reduseres.

Halmfjerning medfører imidlertid at det bortføres betydelige mengder plantenæringsstoff. På bakgrunn av tidligere analyser av næringsinnholdet i halm, ble det beregnet at N- innholdet er ca. 0,7-1,5 kg/daa (minst i tidlig bygg, mest i vårhvete), P-innholdet er ca. 0,2-0,3 kg/daa og K-innholdet er 2-3 kg/daa i bygg og hvete og 5 kg/daa i havre. På landsbasis utgjør dette 3400 tonn N, 700 tonn P og 11400 tonn K, noe som tilsvarer hhv. 8, 13 og 63 % av det som blir tilført som mineralgjødsel i dag. Ved bruk av halm til bioenergi vil alt nitrogen tapes til luft, mens kalium og fosfor vil kunne resirkuleres og bli tilgjengelig igjen for plantene. Dette kan være krevende i praksis, og det kan være problemer med kontaminering fra toksiske stoff som opphopes, spesielt hvis det fyres i tillegg med annet materiale enn halm.

Langvarige forsøk i Norden har vist at jordas karboninnhold øker over tid ved nedpløying av halm, men mindre enn bruk av husdyrgjødsel og langt mindre enn ved engdyrking. Halmen påvirker jordstrukturegenskaper som aggregatstabilitet og til dels aggregatstørrelse, men har ikke vist seg å ha stor innvirkning på jordas vannlagring eller porevolum. Størst positiv effekt av halmnedpløying forventes på moldfattig jord, men også på moldrik jord kan halmen bidra til å senke nedgangen i moldinnhold som vanligvis skjer ved åpenåkerdyrking uten eng. Danske modellberegninger tyder på at karboninnholdet vil opprettholdes når det fjernes 50 % av halmen i et system med 80 % korn og årlig bruk av gylle. Under norske forhold antyder vi at opp til 75 % av halmen kan fjernes fra dyrkingssystem der det brukes en del husdyrgjødsel og/eller eng i omløpet. Andelen i kornomløp uten slike tiltak bør trolig være 25 % - 50 %.

Litteraturhenvisninger:

- Berg, L.B., P.F. Jørgensen, P.H. Heyerdahl & G. Wilhelmsen, 2003. Oppdragsrapport nr. 7/2003. Bioenergiressurser i Norge. Norges Vassdrags- og energidirektorat. www.nve.no/FileArchive/210/oppdragsrapportA7-03.pdf.
- Christensen, B.T., 1990. Long-term changes in soil organic matter of three experiments: effect of fertilization, straw incorporation and crop rotation. In "Decomposition and Soil Organic Matter", Nordic Assoc. Agric. Scientists Seminar Report no. 57, 123-128.
- Christensen, B.T. (red.), 2002. Biomasse til energiformål- konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug. DJF rapport nr. 72, 75 s.
- Cuvaradic, M., Tveitnes, S., Krogstad, T. & Lombnæs, P., 2004. Long-term effects of crop rotation and different fertilization systems on soil fertility and productivity. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 54, 193-201.
- Ekeberg, E., 1988. Ti år med ulik vatning og gjødsling på et fastliggende felt og ettervirkninger 11. og 12. år. Jord- og plantekultur på Østlandet. Informasjonsmøte 1988. Aktuelt fra Statens fagtjeneste for landbruket nr. 2, s. 73-86.
- Hansen, M.T., 2004. Separation og genanvendelse af aske fra biobrændselanlæg. Miljøministeriet, miljøstyrelsen, Miljøprosjekt Nr. 962 2004. 161 s.
- Henriksen, B., 2006. Betydning av dyrkingstekniske tiltak for utvikling av Fusarium og mykotoksiner i korn. Bioforsk Fokus 1 (3): 40-41.
- Hohle, E.E. (red.), 2001. Bioenergi - miljø, teknikk og marked. Energigården, Røykenveiklinna 611, 2760 Brandbu. ISBN 82-995884-0-5. 390 s.
- Kätterer, T. & Andren, O., 1999. Long-term agricultural field experiments in Northern Europe: analysis of the influence of management on soil carbon stocks using the ICBM model. Agric., Ecosystems & Environment, 72, 165-179.
- Kätterer T., Andrén, O. & Persson, J., 2004. The impact of altered management on long-term agricultural carbon stocks – a Swedish case study. Nutrient Cycling in Agroecosystems 70: 179-187.
- Kontturi, M., & Pahkala, K., 2007. Straw biomass – potential raw material for ethanol production. NJF Seminar 405, Production and Utilization of crops for Energy, Vilnius September 2007. NJF Report vol. 3, no. 4 pp.104-108.
- Løes, A.K., 2003. Studies of the availability of soil phosphorus (P) and potassium (K) in organic farming systems, and of plant adaptations to low P- and K-availability. Doctor Scientiarum Thesis 2003:29, Agricultural University of Norway. ISSN: 0802-3220 ISBN: 82-575-0569-2, 117 p.
- Njøs, A. & T. Børresen, 1991. Long-term experiment with straw management, stubble cultivation, autumn and spring ploughing on a clay soil in S.E. Norway Soil & Tillage Research 21: 53-66.
- Norsk Institutt for skog og landskap, 2008. Øvre brennverdi, nedre brennverdi og effektiv brennverdi – tre viktige definisjoner. Skogforsk nr. 1, 7.10.2008, 2 s.

Nygaard, P., J.F. Hojem, R. Hagman, A. Bratland, M. Støcker, J. Adam, P. Bernhard, R. Eltun, P.H. Heyerdahl, B. Langerud, & K. Øyaas, 2007. Fra biomasse til biodrivstoff: Et veikart til Norges fremtidige løsninger. Papir- og fiberinstituttet AS. 51 s.

Ottestad Rød, K., 2010. Plantetilgjengelighet av kadmium i jord gjødslet med aske fra mikrobølgepyrolysert forurenset halm. Institutt for plante- og miljøvitenskap, UMB. Masteroppgave, 57 s.

Persson, J. & Kirchmann, H., 1994. Carbon and nitrogen in arable soils as affected by supply of N fertilizers and organic manures. *Agric., Ecosys. & Env.* 51: 249-255.

Petersen, B.M., Olesen, J.E. & Heidmann, T., 2002. A flexible tool for simulation of soil carbon turnover. *Ecological Modelling.* 151: 1-14.

Riley, H., 1983. Redusert jordarbeiding og halmbehandling til vårkorn: I. Avlinger og ugrasmengder. *Forskning og forsøk i landbruket* 34: 209-219.

Riley, H., 2006. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on morainic loam soil in southeast Norway. *Acta Agric. Scand., Section B, Soil & Plant Science* 56: 117-128.

Riley, H. & Bakkegard, M., 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agric. Scand. section B, Soil & Plant Science* 56: 217-223.

Riley, H. & Berentsen, E., 2009. Estimation of water use for irrigation in Norwegian agriculture. Pilot study for Statistics Norway / Eurostat. *Bioforsk Report* Vol. 4 Nr. 174, 63 s.

Riley, H., Børresen, T. and Lindemark, P. O., 2009. Recent yield results and trends over time with conservation tillage on clay loam and silt loam soils in southeast Norway. *Acta Agric. Scand., Section B, Soil & Plant Science*, 59: 4, 362 — 372.

Riley, H., R. Pommeresche, R. Eltun, S. Hansen & A. Korsæth, 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135:194-198.

Röing, K., Andren, O. & Mattsson, L., 2005. Long-term management effects on plant N uptake and topsoil carbon levels in Swedish long-term field experiments: cereals and ley, crop residue treatment and fertilizer application. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 55, 16-22.

Saffih-Hdadi, K. & Mary, B., 2008. Modeling consequences of straw residues export on soil organic carbon. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 594-607.

Sanger, M-L. & Andrén, O., 1997. Ash from cereal and rape straw used for heat production: Liming effect and contents of plant nutrients and heavy metals. *Marie-Louise Sander Water, Air, & Soil Pollution* 93 (1-4): 93-108.

Schønning, P., 1984. Halmnedmuldning og –afbrænding i relation til aggregater i jord. *Tidsskrift for Planteavl* 88: 593-608.

Schjønning, P., 2004. Langtidseffekter af halmnedmuldning. Danmarks JordbrugsForskning , Tjele. Grøn Viden – Markbrug295.

Schjønning, P., S.Elmholt & B.T. Christensen, 2004. Soil Quality Management – Concepts and Terms. Chapter 1 in 'Managing Soil Quality: Challenges in modern agriculture', CAB International, pp. 1-15.

Skriver, K., 1984. Jordbearbejdning. Oversigt over landforsøgene 1983, andsudvalget for Planteavl, Århus, s. 5-52.

Thomsen, I.K. & Christensen, B.T., 2004. Yields of wheat and soil carbon and nitrogen contents following long-term incorporation of barley straw and ryegrass catch crops. Soil Use and Management 20:432-438.

Ugilt Larsen, S., Bruun, S., og Andersen, S.B., 2009. Foredling har øget kerneudbyttet men mindsket halmudbyttet. LandbrugsAvisen, 21. august 2009.

Ugilt Larsen, S., 2010. Halm til bioenergi – hvor meget er der, og hvor meget kan anvendes under hensyn til bæredygtighed? Seminar, KU-LIFE, AgroTech, 12. oktober 2010.

Uhlen, G., 1973. The effects of ploughed in cereal straw on yields and soil properties. Meld. Norges Landbrukshøgskole vol. 52, nr. 10, 21 s.

Uhlen, G., 1991. Long-term Effects of Fertilizers, Manure, Straw and Crop Rotation in Total-N and Total-C in Soil. Acta Agric. Scand. 41: 119-127.

Wølner K., Sogn, L. og Hauge, N.H., 1978. Omløpsforsøk på Bjørke, Hagan, Hellerud og Staur, 1951-1975. Forskning og forsøk i landbruket, supplementshefte 4: 313-361.

Zang, M., S. Sparrow, C. Lewis & C. Knight, 2007. Soil properties and barely yield under a twenty-year experiment of tillage, straw management and nitrogen application rate in the sub-arctic area of Alaska. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 57: 374-382.

Åssveen, M., Tangssveen, J., Bergjord, A.K., og Weiseth, L., 2010. Sorter og sortsprøving 2009. Bioforsk FOKUS 5 (1), s. 70-92.