

Bioforsk Rapport

Vol. 3 Nr. 20 2008

Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt

Årsrapport for 2006/07 fra Program for jord- og
vannovervåking i landbruket (JOVA)

Marianne Bechmann, Annelene Pengerud, Hans Olav Eggestad, Johannes Deelstra
og Lillian Øygarden

Bioforsk Jord og miljø





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tel.: 03 246
Fax: 63 0092 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

Tittel/Title:

Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt.
Årsrapport for 2006/07 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA).

Forfatter(e)/Autor(s):

Marianne Bechmann, Annelene Pengerud, Hans Olav Eggestad, Johannes Deelstra og Lillian Øygarden

Dato/Date: 10.04.2008	Tilgjengelighet/Availability: Åpen	Prosjekt nr./Project No.: 2110184	Arkiv nr./Archive No.:
Rapport nr./Report No.: 20/2008	ISBN-nr.: 978-82-17-00329-8	Antall sider/Number of pages: 45	Antall vedlegg/Number of appendix: 2

Oppdragsgiver/Employer: LMD/SLF	Kontaktperson/Contact person: Johan Kollerud og Bjørn Huso (SLF)
---	--

Stikkord/Keywords:

Overvåking, jorderosjon, nitrogen, fosfor, avrenning, små nedbørfelt

Fagområde/Field of work:

Arealavrenning

Sammendrag

Se s. 4

Ansvarlig leder

Lillian Øygarden

Prosjektleder

Marianne Bechmann

Forord

Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992. Programmet finansieres av Statens Landbruksforvaltning og ledes av Bioforsk Jord og miljø.

I denne rapporten sammenstilles resultater fra de nedbørfeltene i JOVA-programmet som overvåkes med hensyn på erosjon og næringsstoffavrenning. Målingene i de enkelte overvåkingsfeltene utføres av Bioforsk Jord og miljø, Bioforsk Øst, Bioforsk Vest og Bioforsk Nord, samt Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Nord-Trøndelag og International Research Institute of Stavanger (IRIS).

I en del av nedbørfeltene bidrar bøndene med opplysninger om jordbruksdriften.

Siste års resultater er også rapportert som enkeltrapporter for hvert felt. Resultatene er basert på data innsamlet og rapportert av forskere og fagansatte ved:

- Bioforsk Jord og miljø: Marianne Bechmann, Johannes Deelstra, Hans Olav Eggestad, Gro Hege Ludvigsen, Annelene Pengerud og Geir Tveiti.
- Bioforsk Øst: Svein Selnes, Erling Stubhaug, Gustav Fystro, Sigmund Fjelltun.
- Bioforsk Vest: Per Olav Westbye
- Bioforsk Nord: Lill-Iren Dreyer
- Fylkesmannens miljøvernnavdeling: Leif Inge Paulsen.
- IRIS: Åge Molversmyr.

I 2006-2007 ble det utført en rekke analyser av JOVA-data. Resultatene fra disse dataanalysene er presentert i denne rapporten og omfatter:

- Trendanalyse for tap og konsentrasjoner av nitrogen, fosfor og suspendert stoff
- Multivariat regresjon for fosfortap
- Studier av hydrologi i nedbørfeltene

I tillegg til dette ble det gjennomført et kvalitetsprosjekt for å sikre fortsatt god kvalitet på data som innhentes i tilknytning til programmet.

JOVA-data er benyttet i mange andre prosjekter i og utenfor Bioforsk, men resultatene fra disse prosjektene er ikke gjengitt i denne rapporten. Det henvises derimot til egne rapporter for enkelte tema. Resultater og erfaringer fra programmet blir også brukt i undervisning, bl.a. på Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB).

Resultatene fra programmet har vært diskutert på møte i faggruppen for erosjon og næringsstoffer forut for endelig rapportering. På møtet deltok Per Kristian Rørstad (IØR/UMB), Arne Tollan (NVE), Lars Egil Haugen (IPM/UMB) og Annbjørg Øverli Kristoffersen (Bioforsk Øst, Apelsvoll), i tillegg til de ansvarlige for JOVA-programmet ved Bioforsk Jord og miljø.

Innhold

1.	Sammendrag.....	4
2.	Innledning.....	6
3.	Overvåkingsfelt og metoder	7
3.1	Vekstfordeling	9
4.	Gjødsling.....	11
4.1	Nitrogengjødsling	13
4.2	Fosforgjødsling	16
4.3	Jordas fosforstatus.....	18
5.	Jordarbeiding	21
6.	Hydrologi i nedbørfeltene.....	23
6.1	Temperatur	23
6.2	Nedbør og avrenning	24
7.	Erosjon og næringsstoffavrenning	29
7.1	Nitrogenavrenning	29
7.2	Erosjon og fosforavrenning	33
7.3	Sammenheng mellom næringsbalanse og tap i kornfelt	38
8.	Trender i avrenning fra overvåkingsfelt	39
8.1	Trender i nitrogenavrenning	40
8.2	Trender i erosjon og fosforavrenning	40
9.	Fosformodell	43
10.	Referanser.....	45
11.	Vedlegg	46

1. Sammendrag

Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. I denne rapporten presenteres resultater fra den delen av programmet som omhandler erosjon og næringsstoffavrenning. Dette inkluderer 9 nedbørfelt, hvorav 7 har detaljert innhenting av driftsopplysninger på skiftenivå. I tillegg inngår et småfelt, Bye, som en del av overvåkingen, men dette feltet er ikke tatt med i denne rapporteringen. Nedbørfeltene representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis.

Det er i presentasjonen og diskusjonen vist til gjennomsnittlige verdier for hele overvåkingsperioden, men det er lagt spesiell vekt på det agrohydrologiske året 2006/07. Agrohydrologiske år er definert fra 1. mai til og med 30. april. Jordbruksdriften er presentert for kalenderår.

I denne rapporteringen inngår 3 felt dominert av kornproduksjon, Skuterud, Mørdre og Kolstad. I Kolstad har det vært en kraftig økning i husdyrtallet i feltet de senere år, og dette feltet er dermed som Hotran karakterisert av husdyrproduksjon med korn som dominerende vekst. Volbu, Naurstad, Time og Skas-Heigre er dominert av gras/husdyrproduksjon. Vasshaglona er karakterisert av en kombinasjon av potet, grønnsaker og korn. Det har kun vært mindre endringer i vekstfordeling i feltene gjennom overvåkingsperioden.

Totale næringstilførsler (nitrogen og fosfor) i form av gjødsel er høyest i Time (intensiv husdyrproduksjon) og Vasshaglona (intensiv grønnsakproduksjon). Det har vært en klar økning i tilførte nitrogenmengder i Time, Kolstad og Vasshaglona de senere år. I 2006 ble det tilført om lag 40 kg total-N/daa jordbruksareal i Time, hvorav husdyrgjødsel utgjorde om lag halvparten av tilførte mengder. I Vasshaglona blir det tilført relativt store fosformengder, om lag 5,5 kg P/daa i 2006. Næringstilførsler er jevnt over lavest i kornfeltene og i grasfeltene Volbu og Naurstad. Økt husdyrtetthet i Kolstad har ført til økt gjødsling. I Kolstad og Naurstad ble hhv. 54 og 33 % av husdyrgjødsel spredt utenom vekstsesongen i 2006/07. I Volbu og Naurstad er gjødslingen redusert i løpet av overvåkingsperioden.

Fosforoverskuddet (gjødsling - avling) som er beregnet for kornfeltene er i middel for hele overvåkingsperioden på 0,6 kg P/daa.

Det har vært en nedgang i arealet med høstpløying i kornfeltene, men de siste fem årene har arealet med høstharving økt i Skuterud.

Tabell I. Avrenning (mm) fra nedbørfeltene i middel for alle år og for 2006/07

	Avrenning (mm)	
	Middel	2006/07
Skuterud	523	745
Mørdre	297	445
Kolstad	330	445
Hotran	733	513
Naurstad	1154	1262
Skas-Heigre	728	798
Volbu	285	469
Vasshaglona	1292	1234

Tabell II. Årsmiddeltemperatur (°C) for nedbørfeltene i middel for alle år og for 2006/07

	Temperatur (°C)	
	Middel	2006/07
Skuterud	6,1	8,0
Mørdre	4,9	7,2
Kolstad	4,1	6,1
Hotran	6,0	7,4
Naurstad	5,0	5,7
Skas-Heigre	8,3	10,1
Volbu	2,9	4,7
Vasshaglona	8,4	9,6

Agrohydrologisk år 2006/07 var betydelig mildere og våtere enn middel for alle år i overvåkingsperioden. Mye nedbør om høsten og en mild vinter medførte høy avrenning i disse

periodene. I alle feltene, med unntak av Hotran og Vasshaglona, var det relativt høye tap av suspendert stoff og næringsstoff sammenliknet med tidligere år, og en betydelig andel av de totale tapene kom i høst-/vinterperioden.

Det er målt høyere nitrogenkonsentrasjoner i avrenning fra kornfelt sammenliknet med engfelt. Nitrogenkonsentrasjonene som ble målt i Kolstadbekken var spesielt høye i 2006/07, særlig på høsten. Nitrogenkonsentrasjonene er generelt høye i avrenning fra dette feltet i stor grad grunnet lav avrenningsintensitet i feltet. I tillegg ble det spredt husdyrgjødsel i feltet på høsten. Fosforkonsentrasjonene er generelt høyest i avrenning fra Vasshaglona. Avrenning fra de øvrige feltene med åpen åker viser også høye fosforkonsentrasjoner, bortsett fra avrenning fra Kolstad, som generelt har lave konsentrasjoner av suspendert stoff og fosfor. Overvåkingsresultatene viser tydelig sammenheng mellom avrenning og nitrogentap.

Tabell III. Vannføringsveid middelkonsentrasjon av nitrogen og fosfor (mg/l) i avrenning fra nedbørfeltene i middel for overvåkingsperioden og i 2006/07.

	Nitrogenkonsentrasjon (mg N/L)		Fosforkonsentrasjon (mg P/L)	
	Overvåkingsperioden	2006/07	Overvåkingsperioden	2006/07
Skuterud	5,8	6,0	0,27	0,24
Mørdre	5,0	5,5	0,39	0,43
Kolstad	11,1	15,5	0,10	0,10
Hotran	4,6	6,4	0,30	0,35
Naurstad	1,0	1,0	0,13	0,15
Skas-Heigre	5,1	6,8	0,15	0,14
Volbu	3,7	4,3	0,06	0,06
Vasshaglona	6,1	5,0	0,49	0,29

Trendanalyser er utført på overvåkingsdata (konsentrasjoner og tap) for å kunne dokumentere en eventuell utvikling over tid i overvåkingsfeltene. Analysene viser få signifikante trender, hvilket kan være en følge av at flere av de mest effektive tiltak ble iverksatt før de respektive overvåkingsperioder. Det er i analysene tatt høyde for variasjoner i avrenningsforhold innen og mellom år.

Overvåkingsdata er benyttet i en multivariat regresjonsanalyse med det formål å utvikle en fosformodell for beregning av fosfortap fra jordbruksarealer i ulike deler av landet. I modellen er det kun inkludert variabler som er tilgjengelige for kommunene på nedbørfeltnivå. Disse omfatter data for jordens fosforstatus (P-AL), areal med dyrka torv og myr, og erosjonsrisiko målt som tap av suspendert stoff. Alle de tre variablene var signifikante og anses å kunne beskrive variasjonene i diffuse fosfortap fra jordbruksarealer i de ulike nedbørfeltene.

2. Innledning

Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. I denne rapporten presenteres resultater fra den delen av programmet som omhandler erosjon og næringsstoffavrenning. Dette inkluderer 9 nedbørfelt, hvorav 7 har detaljert innhenting av driftsopplysninger på skiftenivå. I tillegg inngår et småfelt, Bye, som en del av overvåkingen, men dette feltet er ikke tatt med i denne rapporteringen.

De enkelte felt er rapportert og nærmere beskrevet i egne feltrapporter (se Pengerud et al. 2007). Det er i presentasjonen og diskusjonen lagt spesiell vekt på agrohydrologisk år 2006/07. Agrohydrologiske år er definert fra 1. mai til og med 30. april. Jordbruksdriften er presentert for kalenderår.

Formål med overvåkingen av næringsstoffer og erosjon er å:

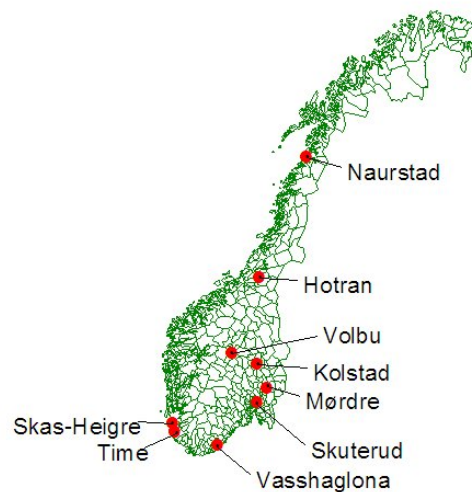
- Dokumentere tap av næringsstoffer og partikler til vannmiljø og trender i utviklingen.
- Dokumentere vannkvalitet i jordbruksbekker.
- Dokumentere endringer i landbrukspraksis og driftsformer.
- Dokumentere effekter av tiltak og etablerte virkemidler innen landbrukssektoren knyttet til næringsstofftap og erosjon.
- Framskaffe kunnskap om viktige transportveier og forklaringsvariabler i nedbørfelt som er av betydning for tap av næringsstoffer og erosjon.
- Framskaffe data til bruk ved modellering av tap av næringsstoffer og partikler fra landbruket og beregninger av slike tap på regionalt og nasjonalt nivå.

JOVA-programmet overvåker nedbørfelt som representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis. Detaljerte opplysninger om jordbruksdriften på alle gårdsbruk (gårdsdata) i syv av nedbørfeltene gjør det mulig å vurdere tap av næringsstoffer og suspendert tørrstoff opp mot endringer i driftspraksis over tid. På grunn av problemer med vannføringsmålingene i Timebekken er det i denne rapporten kun tatt med opplysninger om jordbruksdrift for dette feltet, ikke avrenning og tap.

Resultater fra tidligere studier som er utført i forbindelse med overvåkingen er inkludert i diskusjonen i denne rapporten. I tillegg til de årlige feltrapporter og denne rapport utgis en rekke andre publikasjoner basert på JOVA-data. Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2000 - 2007 er listet i Vedlegg 2.

3. Overvåkingsfelt og metoder

Overvåkingen av erosjon og næringsstofftap omfatter ni nedbørfelt lokalisert i ulike deler av landet (Figur 1). Overvåking av Kolstad og Time ble satt i gang i 1985 som en del av "Handlingsplan mot landbruksforurensning". Overvåkingen i de øvrige feltene ble satt i gang i løpet av perioden 1990-1994 (Tabell 1). Det var et opphold i overvåkingen i Time i årene 2002 og 2003 grunnet ombygging av målestasjonen.



Figur 1. Oversikt over nedbørfelt med overvåking av erosjon og næringsstoffavrenning i 2006/07.

Tabell 1. Oversikt over nedbørfelt som inngår i JOVA -programmets målinger av erosjon og næringsstoffavrenning. Temperatur og nedbør oppgitt som 30-årsnormaler (DNMI).

Nedbørfelt	Kommune	Areal (daa)	Dyrka (%)	Temp (°C)	Nedbør (mm)	Jordart	Driftsform	Startår
Skuterud	Ås	4490	61	5,5	785	Si. m.leire	Korn	1993
Mørdre	Nes	6800	65	4,3	665	Silt og leire	Korn	1991
Kolstad	Ringsaker	3080	68	4,2	585	Moldrik l.leire	Korn	1985
Hotran	Levanger	19 400	58	5,3	892	Si.l.leire/m.leir	Korn, gras	1992
Naurstad	Bodø	1456	35	4,5	1020	Myr/fin-m.sand	Gras	1994
Volbu	Østre Slidre	1680	41	1,6	575	Si. m.sand	Gras	1992
Vasshaglona	Grimstad	650	62	6,9	1230	Sand	Gr.s/potet/korn	1992
Time	Time	912	94	7,1	1189	Morene, si.m.sand, stein, grus	Gras	1985
Skas-Heigre	Sandnes, Sola, Klepp	29 300	85	7,7	1180	Leire, sand, grus	Gras, korn	1995

Si. = Siltig, l.leire = lettleire, m.leire = mellomleire

Overvåkingen er basert på kontinuerlig måling av vannføring og vannføringsproporsjonal prøvetaking (Figur 2 og Figur 3). De kjemiske analysene foretas på basis av blandprøver som tas ut rundt hver 14. dag. For nærmere beskrivelse av målemetodene, se Deelstra og Øygarden (1998) og Deelstra et al.

(1998). Det måles nedbør i enkelte av feltene. For andre felt er nedbørdata hentet fra nærmeste nedbørstasjon fra Landbruksmeteorologisk Tjeneste (LMT) eller Meteorologisk Institutt. Nedbøren er ikke korrigert for vind og kan dermed være underestimert for de mest vindutsatte områdene.



Figur 2. Målestasjon i Naurstadbekken, Bodø (Foto: Per Gården)



Figur 3. Målestasjon i Vasshaglona, Grimstad (Foto: Ove Hetland).

Standard analysespekter omfatter pH, suspendert tørrstoff (SS), total fosfor (TP) og total nitrogen (TN). I tillegg analyseres det i enkelte felt for løst fosfat-P, nitrat-N, svovel, kalium, total organisk karbon (TOC), koliforme bakterier og mikronæringsstoffer.

Tap av næringsstoffer og partikler fra jordbruksarealet beregnes ved hjelp av standardfaktorer for tap fra skog og utmark. Disse er satt til hhv. 10 % av N-tap fra jordbruksareal, 6 g P/daa og 0 g SS/daa (Vandsemb 2006).

Informasjon om driftspraksis er viktig for å kunne relatere tap av næringsstoffer og erosjon til ulike driftsformer. I syv av nedbørfeltene registrerer gårdbrukerne all aktivitet på de ulike skiftene gjennom året. Opplysninger om jordbruksdrift i de to største feltene (Hotran og Skas-Heigre) hentes fra Statistisk Sentralbyrå (SSB; Landbruksundersøkelsen, Søknad om Produksjonstilskudd og Jordbrukstelingen 1999). Det innhentes ikke detaljert informasjon om gjødsling i Skas-Heigre og Hotran.

Beregning av nitrogen- og fosforinnhold i husdyrgjødsel og avling er basert på standardfaktorer (Tabell 2). Der det er benyttet blandingsgjødsel, blir næringsinnhold i denne beregnet ut fra husdyrsammensetning på det aktuelle bruket.

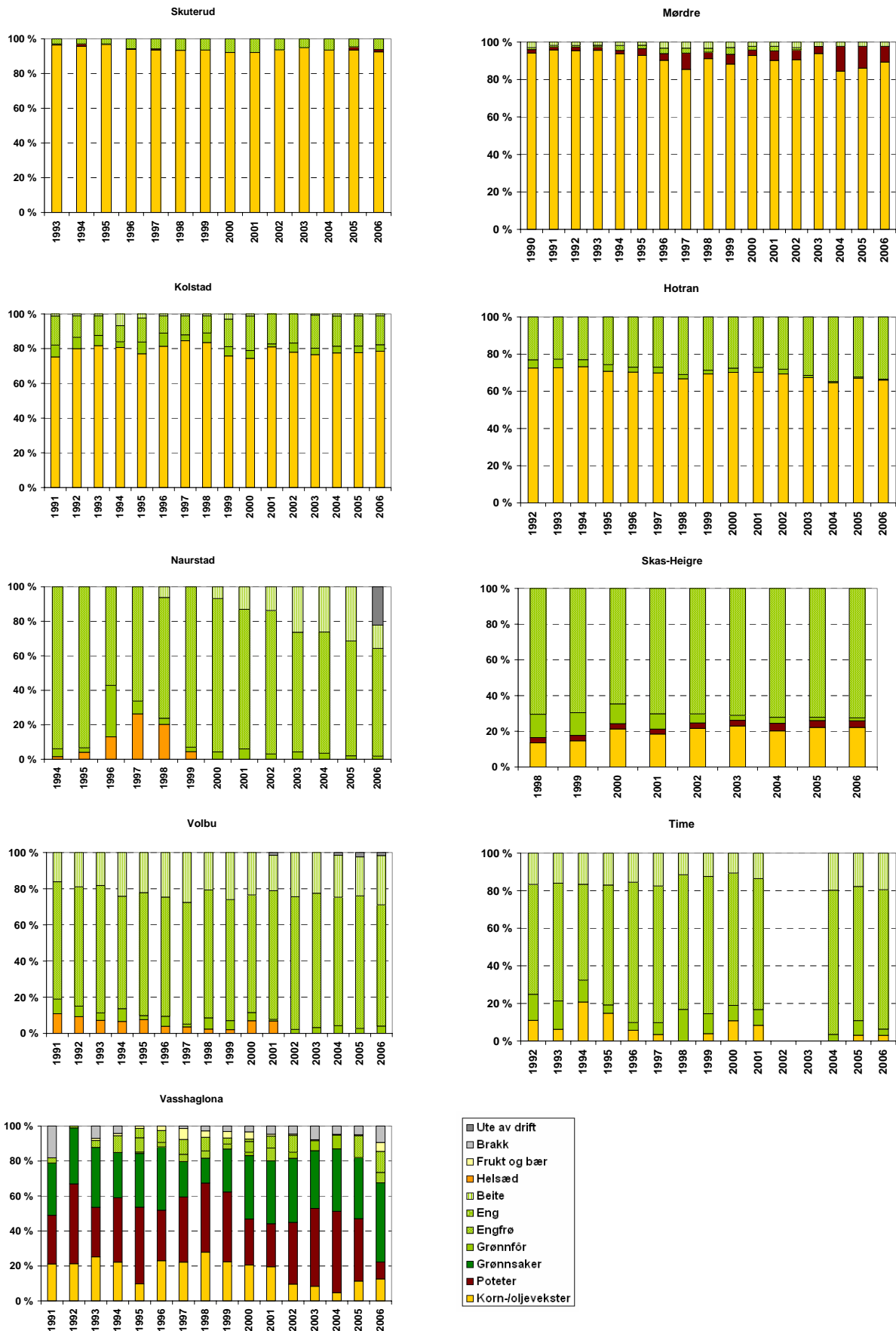
Tabell 2. Standardfaktorer for innhold av nitrogen (N) og fosfor (P) i husdyrgjødsel og avling benyttet i JOVA-rapportering. N- og P- innhold i eng og ettårig raigras er oppgitt i % av tørrstoff. De resterende faktorer er oppgitt i % av våtvekt.

Husdyrgjødselslag	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Vekst	Nitrogen (%)	Fosfor (%)
Land	0,5	0,002	Eng, lite kløver	2,5	0,25
Storfé, fast	0,46	0,12	Eng, mye kløver	3,2	0,25
Storfé, blaut	0,33	0,06	Ettårig raigras	3,2	0,3
Gris, fast	0,52	0,26	Bygg	1,75	0,4
Grisejødsel blaut	0,58	0,15	Havre	1,75	0,4
Sau/geit, fast	0,81	0,17	Høsthvete	2	0,4
Høns, fast	1,48	0,64	Høstrug	1,75	0,4
Broiler m/strø	1,78	0,72	Potet	0,31	0,05

3.1 Vekstfordeling

Skuterud, Mørdre og Kolstad er dominert av kornproduksjon, mens Volbu, Naurstad, Time og Skas-Heigre er dominert av gras/husdyrproduksjon. Hotran er karakterisert av en kombinasjon av korn/grasdyrking, med korn som dominerende vekst. Vasshaglona er karakterisert av en kombinasjon av potet, grønnsaker og korn.

Det har vært noen mindre endringer i vekstfordeling i enkelte av feltene gjennom overvåkingsperioden. I Mørdre har arealet med potet økt de senere årene, mens engarealet har økt noe i Hotran. Arealet med beite har økt i Naurstad på bekostning av eng, og det siste året ble et beiteområde tatt ut av drift. Også i Volbu har det vært en liten økning i beitearealene, og et skifte er tatt ut og plantet til med skog. Dette indikerer en ekstensivering av jordbruket i både Naurstad og Volbu. På Jæren, i Time og Skas-Heigre, har det vært lite endringer i jordbruksdriften. I Vasshaglona har det vært en økning i arealet med grønnsaker på bekostning av potetarealet (Figur 4).



Figur 4. Vekstfordeling i % av totalt jordbruksareal for hvert felt og år.

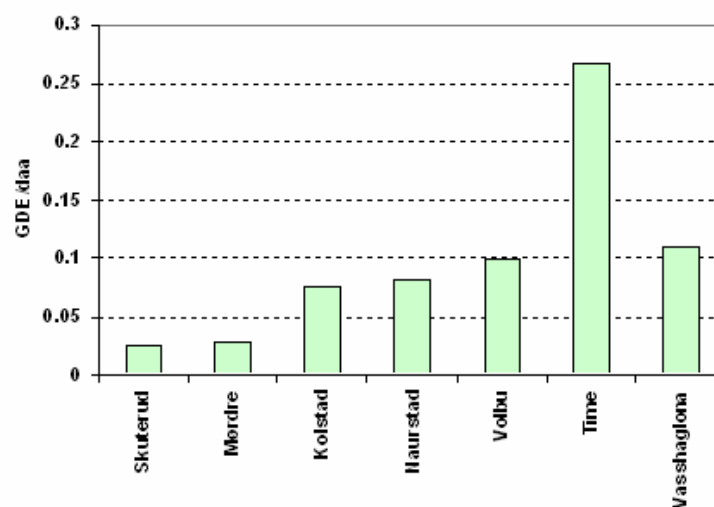
4. Gjødsling

Næringsstofftilførsler, både i form av mineral- og husdyrgjødsel, varierer betydelig mellom de ulike feltene (Tabell 3). I kornfeltene Skuterud og Mørdre består næringsstofftilførselen nesten utelukkende av mineralgjødning. Husdyrgjødsel utgjør en større andel i grasfeltene Naurstad, Volbu og Time, samt i Kolstad og Vasshaglona, der jordbruksdriften er karakterisert av husdyr kombinert med åpen åker.

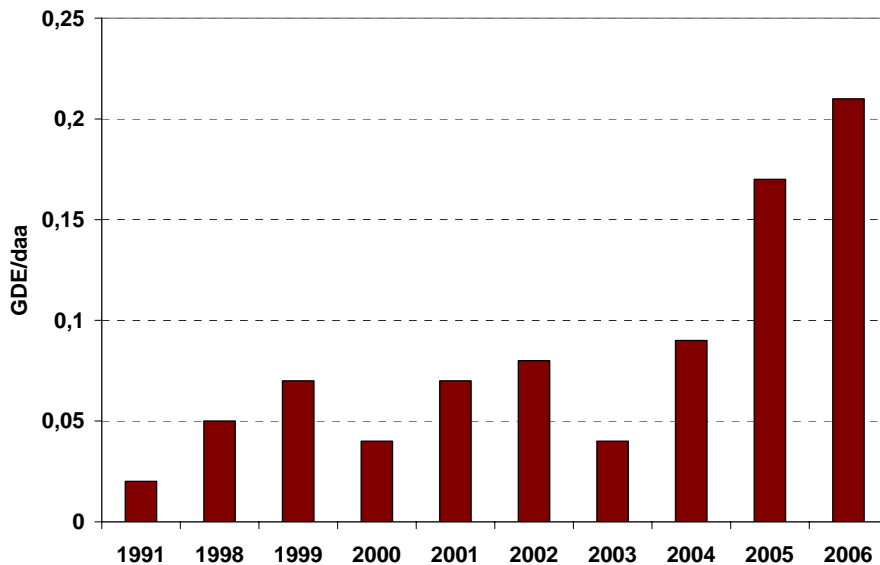
Tabell 3. Gjennomsnittlig nitrogen- og fosforgjødsling (kg/daa) for hvert felt fordelt på mineralgjødning, husdyrgjødsel fra lager og fra beite for hele overvåkingsperioden.

	Nitrogen (kg/daa)				Fosfor (kg/daa)			
	Mineralgj.	Husdyrgj. lager	Husdyrgj. beite	Totalt	Mineralgj.	Husdyrgj. lager	Husdyrgj. beite	Totalt
Skuterud	14,5	1,2	0,1	15,7	2,1	0,3	0,0	2,5
Mørdre	11,6	1,0	0,1	12,7	2,0	0,4	0,0	2,4
Kolstad	12,4	3,6	0,3	16,3	1,6	1,0	0,1	2,7
Naurstad	8,8	4,2	0,4	13,4	1,2	1,1	0,1	2,3
Volbu	6,8	3,5	2,7	13,0	0,9	0,8	0,6	2,3
Time	16,1	12,0	4,3	32,4	0,7	2,9	0,8	4,4
Vasshaglona	16,3	3,9	0,1	20,3	3,6	1,5	0,0	5,1

Husdyrtetthet i feltene er beregnet på grunnlag av tilført mengde husdyrgjødsel (spredd gjødning og beitedyr) i feltet hvert enkelt år. Dette fordi de husdyrtall som oppgis for hvert enkelt bruk gjelder for hele bruket, og ikke nødvendigvis kun for arealer innen feltet. Figur 5 viser husdyrtetthet i feltene basert på tall for tilført mengde fosfor i husdyrgjødsel i gjennomsnitt for overvåkingsperioden. Det har vært mindre endringer i husdyrtettheten i de ulike feltene. I kornfeltene Mørdre og Skuterud har det blitt færre husdyr. Det samme er tilfellet i de mer ekstensive feltene Naurstad og Volbu, mens det i Kolstad har vært en betydelig økning i husdyrtettheten (slaktegris og kylling) de siste årene (Figur 6). I Time har det vært en liten økning i husdyrtettheten, og det ser også ut til å ha vært en økning i husdyrtettheten i Vasshaglona. I Hotran er husdyrtettheten om lag 0,15 GDE/daa dyrka mark (SSB, Søknad om produksjonstilskudd).

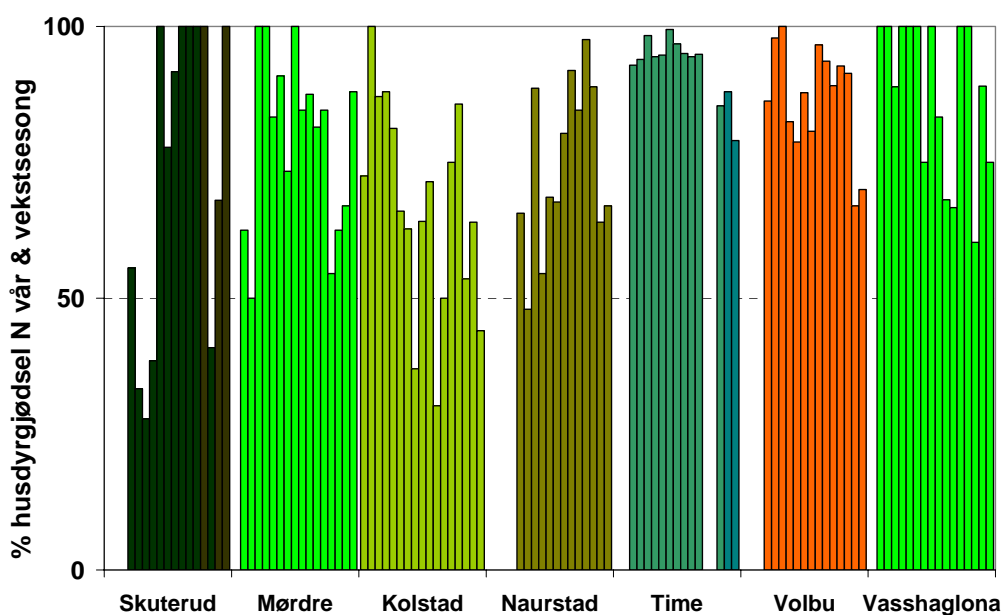


Figur 5. Gjennomsnittlig antall gjødseldyreneheter (GDE) per daa dyrka mark i feltene. Tallene er basert på tilført mengde fosfor i husdyrgjødsel.



Figur 6. Utvikling av husdyrtetthet i Kolstad angitt i gjødseldyrenheter (GDE) per dekar. GDE er beregnet på grunnlag av tilført mengde husdyrgjødsel (spredd gjødsel og beitedyr) i feltet hvert enkelt år.

Spredetidspunkt for husdyrgjødsel varierer betydelig mellom år. I 2006 ble mesteparten av husdyrgjødsel (70-80 %) spredd i løpet av våren og vekstsesongen i Time, Volbu og Vasshaglona, mens en mindre andel (hhv. 44 og 67 %) av husdyrgjødsel ble spredd i vekstsesongen i Kolstad og Naurstad (Figur 7). I Kolstad er det registrert en nedgang i andelen som spres i vår- og vekstsesong. Det er også mindre husdyrgjødsel som spres i vår- og vekstsesong i Naurstad, Time, Volbu og Vasshaglona de siste 2-3 årene.

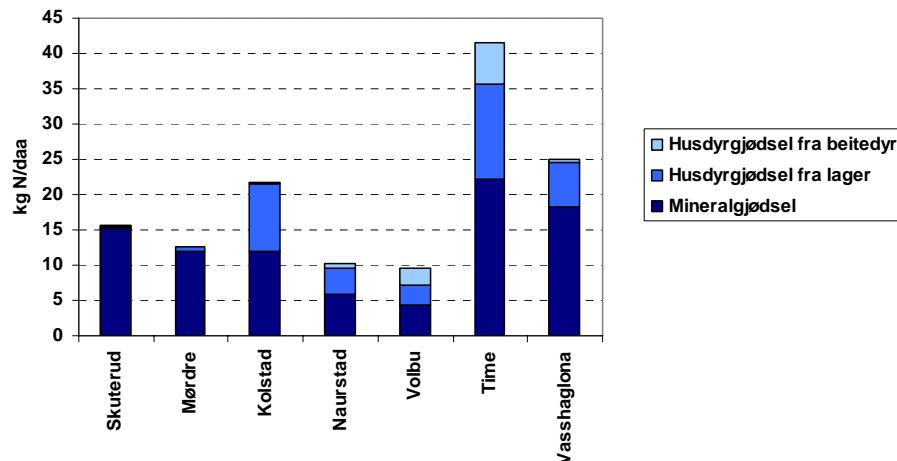


Figur 7. Andel husdyrgjødsel spredd i løpet av vår-/vekstsesong for hvert felt og år. Beregnet ut fra totale mengder tilført nitrogen gjennom husdyrgjødsel.

I Kolstad og Naurstad ble hhv. 56 og 33 % av husdyrgjødsel spredd på høsten i 2006

4.1 Nitrogengjødsling

Gjennomsnittlig nitrogentilførsel i overvåkingsperioden har variert mellom om lag 13 og 32 kg N/daa for de ulike feltene (jfr. Tabell 3). I 2006 var total nitrogentilførsel per dekar jordbruksareal størst i Time (intensiv husdyrproduksjon), med tilførsler på om lag 40 kg N/daa (Figur 8). Husdyrgjødsel utgjorde om lag halvparten av tilførte mengder. I Vasshaglona (intensiv grønnsakproduksjon) ble det i middel for alt jordbruksareal tilført om lag 25 kg N/daa, hvorav om lag 25 % i form av husdyrgjødsel. I Kolstad var også nitrogentilførselen høy (om lag 20 kg/daa), og tilnærmet halvparten ble tilført i form av husdyrgjødsel.



Figur 8. Tilførsler av nitrogen (N) i form av mineral- og husdyrgjødsel i 2006.

Nitrogentilførsler i Time var om lag 40 kg N/daa i middel i 2004-2006

Utvikling i nitrogentilførsler varierer mellom feltene (Figur 9). I Kolstad, Time og Vasshaglona har det vært en økende trend i nitrogentilførsel, mens nitrogentilførsler i Volbu og Naurstad har avtatt noe de senere årene. I kornfeltene ligger totale nitrogentilførsler på om lag 15 kg N/daa, med laveste tilførsler i Mørdre. I Kolstad skyldes økningen de siste tre årene i stor grad økning i tilført husdyrgjødsel.

Ved vurdering av tilførte mengder nitrogen i form av husdyrgjødsel er det enkelte forhold som bør tas i betraktning. En del av nitrogenet i husdyrgjødsel er organisk bundet, og er derfor ikke direkte plantetilgjengelig. Noe vil gå inn i jordas moldinnhold. Ved nedmolding om våren og middels omsetningsforhold i jorda regner en at 20 % av organisk bundet nitrogen i husdyrgjødsel er tilgjengelig første år og 10 % andre år. Ved overflatespredning er tilsvarende tall 15 % første år og 8 % andre år. Tallene som oppgis i denne rapporten er basert på totale nitrogentilførsler i husdyrgjødsel, og de er

følgelig større enn det som regnes som plantetilgjengelig i gjødselplanlegging. På den andre siden er det redusert for gasstap av ammonium (NH₄) fra husdyrgjødsel ved beregning av tilførte mengder.

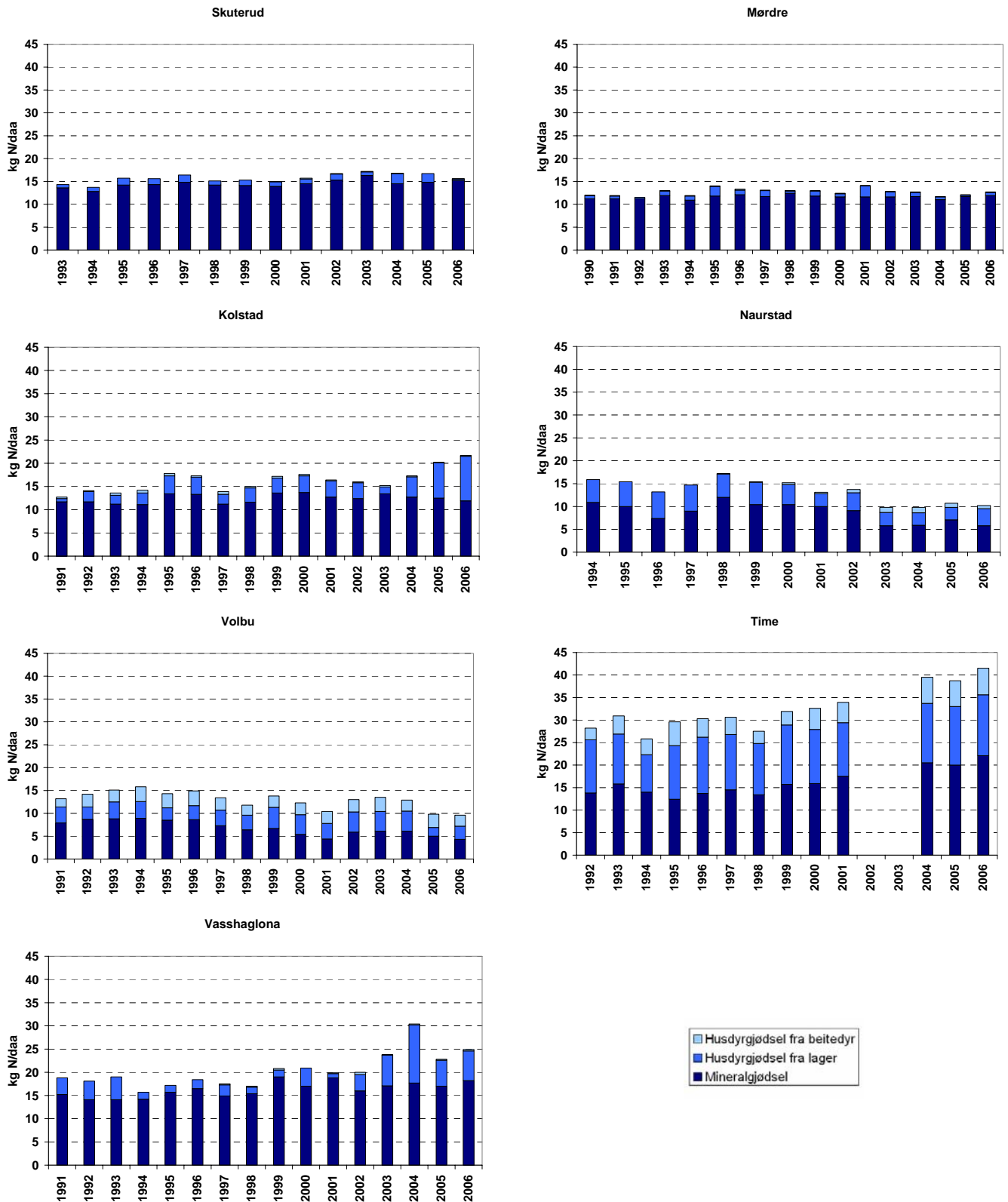
I Kolstad, Time og Vasshaglona har det vært en økende nitrogentilførsler.

I Volbu og Naurstad har det vært en avtakende nitrogentilførsler.

Nitrogengjødslingen i Kolstad har vært noe høyere de siste årene sammenliknet med Skuterud og Mørdre. Tilsvarende er gjennomsnittlig nitrogenbalanse (tilført N - bortført N) for Kolstad høy (7,1 kg N/daa), og spesielt de siste årene har det vært et stort nitrogenoverskudd (Tabell 3). Vurderingen av engavlinger (16 % av arealet) i Kolstad er forbundet med stor usikkerhet. Totalt ligger avlingene i Kolstad noe under avlingene i de to andre kornfeltene. I Mørdre og Skuterud er overskuddet på 4-5 kg N/daa.

Tabell 4. Nitrogenbalanse i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad (kg N/daa jordbruksareal). $N_{\text{balanse}} = N_{\text{mineralgj.}} + N_{\text{husdyrgj.}} - N_{\text{avling}} - N_{\text{halm (bortført)}}$.

	Skuterud	Mørdre	Kolstad	Middel kornfelt
1990		3		
1991		3,7	4,4	4,1
1992		3,7	7,2	5,5
1993	2,2	4,5	4,8	3,8
1994	6	6	7,7	6,6
1995	3,7	5,9	9,8	6,5
1996	3,3	4,9	6,1	4,8
1997	6,3	5,3	4,1	5,2
1998	3,9	4,6	6,2	4,9
1999	4,6	4,6	8	5,7
2000	3,9	5,4	6	5,1
2001	4,8	6,8	7,9	6,5
2002	6,5	6,4	9,2	7,4
2003	6,1	4,8	5,5	5,5
2004	3,6	3,1	4,5	3,7
2005	4,9	4,4	11,7	7,0
2006	4,2	4,2	10,2	6,2
Middel	4,6	4,8	7,1	5,5

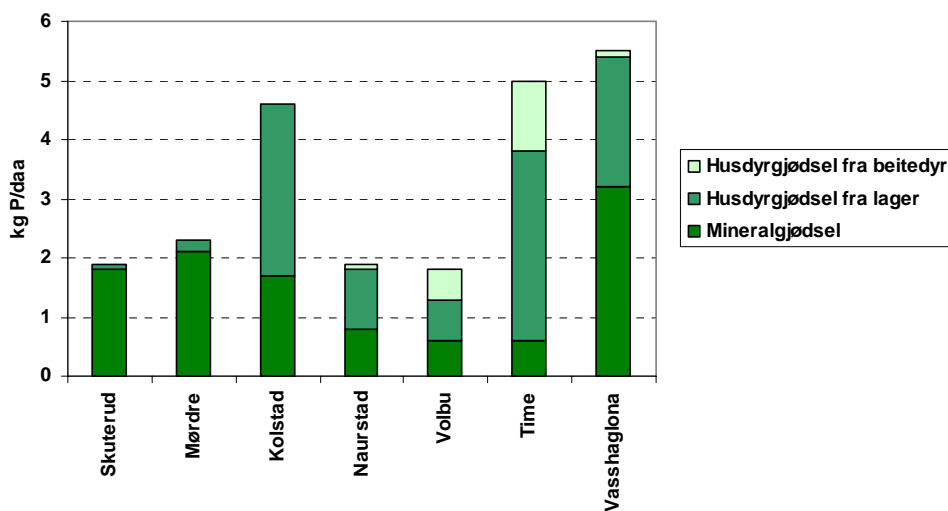


Figur 9. Tilførsler av nitrogen (N) i form av mineral- og husdyrgjødsel for hvert felt og år.

4.2 Fosforgjødsling

Gjennomsnittlig fosfortilførsel i overvåkingsperioden har variert mellom om lag 2,3 og 5,1 kg P/daa i de ulike feltene (jfr. Tabell 3). Totale fosfortilførsler i 2006 var størst i Vasshaglona, Time og Kolstad (Figur 10). I alle disse feltene utgjorde tilførsler i form av husdyrgjødsel fra lager en betydelig andel. Totale tilførsler i Vasshaglona var på om lag 5,5 kg P/daa, mens det i Time og Kolstad ble tilført hhv. 5 og 4,5 kg P/daa. I Time utgjorde fosfor i husdyrgjødsel om lag 90 % av totale tilførsler. Totale tilførsler i Volbu var 1,8 kg P/daa i 2006, hvorav husdyrgjødsel utgjorde 67 %.

Fosfor i husdyrgjødsel har samme plantetilgjengelighet som fosfor i mineralgjødsel, så ved beregning av gjødslingsbehov brukes det følgelig ingen korreksjonsfaktor for fosfor i form av husdyrgjødsel.

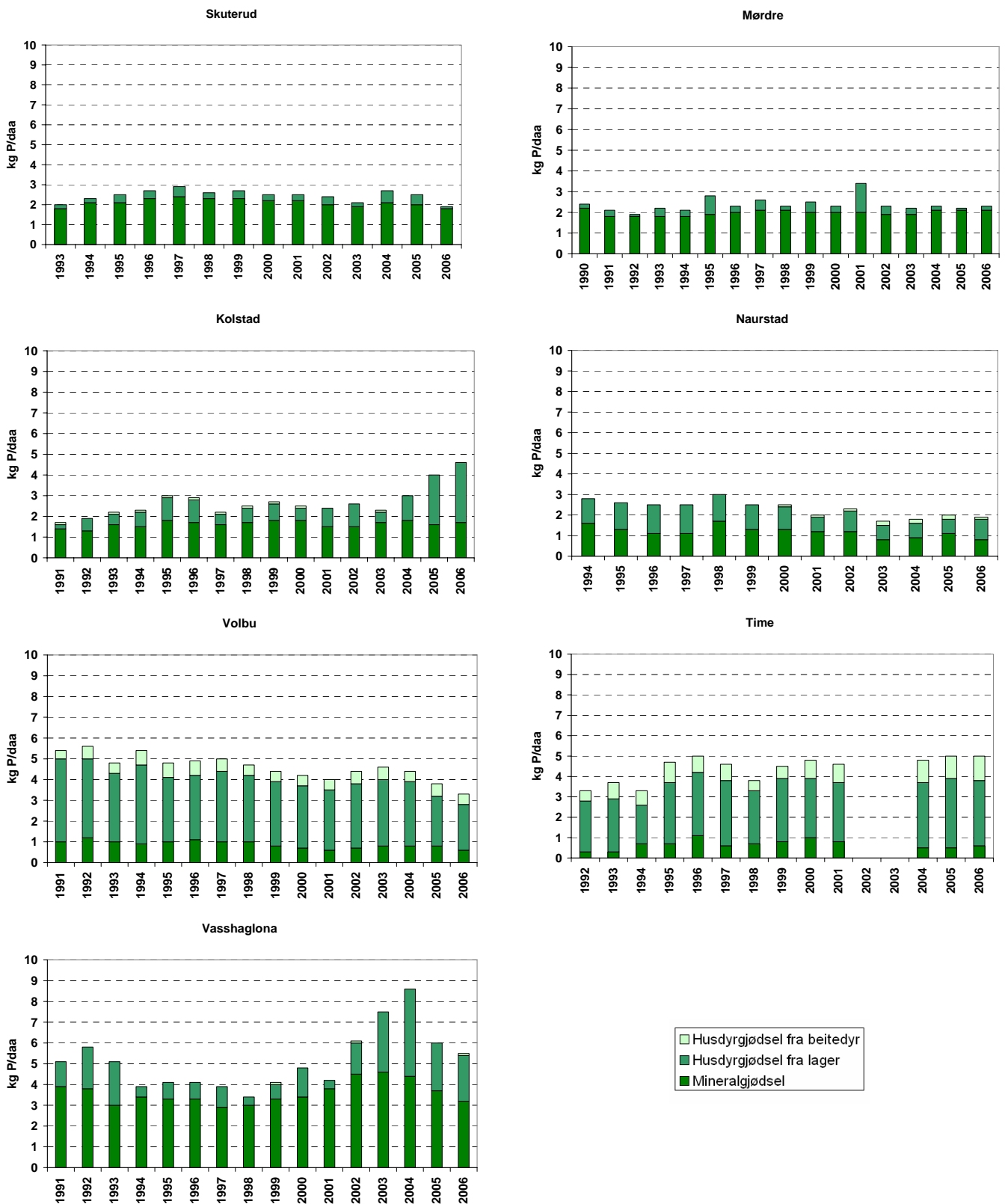


Figur 10. Tilførsler av fosfor (P) i form av mineral- og husdyrgjødsel i 2006.

I Vasshaglona har gjennomsnittlige fosfortilførsler variert mellom 5-9 kg P/daa de senere år (Figur 11). De høye tilførslene skyldes i stor grad at det dyrkes fosforkrevende vekster i feltet. Fosforet tilføres i stor grad i form av mineralgjødsel, men svært høye tilførsler i 2003 og 2004 skyldtes en betydelig økning i tilført husdyrgjødsel. I Time ligger totale fosfortilførsler jevnt over på om lag 4-5 kg P/daa, hvorav tilførsler i form av husdyrgjødsel bidrar med klart største andel av totale tilførsler. I Naurstad og Volbu ligger totale tilførsler på om lag 2 kg P/daa, med noe reduserte tilførsler i begge felt de senere år. Det har vært en klar økning i tilførte fosformengder i Kolstad de siste 3 årene på grunn av økte tilførsler av husdyrgjødsel.

I Kolstad har det vært en økende fosfortilførsler.

I Volbu og Naurstad har det vært en avtakende fosfortilførsler.



Figur 11. Tilførsler av fosfor (P) i form av mineral- og husdyrgjødsel for hvert felt og år.

Fosforgjødslingen i Kolstad har de senere årene vært noe høyere enn i Skuterud og Mørdre. Gjennomsnittlig fosforbalanse (tilført P - bortført P) for Kolstad er høy (0,8 kg P/daa), og som for nitrogen har det spesielt de siste årene vært et stort overskudd (Tabell 4). Avlingen i Kolstad ligger noe under avlingene i de to andre kornfeltene. I Mørdre og Skuterud er overskuddet på henholdsvis 0,6 og 0,2 kg P/daa.

Gjennomsnittlig fosforoverskudd i kornfeltene er 0,6 kg P/daa

Tabell 5. Fosforbalanse i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad (kg N/daa jordbruksareal). $P_{\text{balanse}} = P_{\text{mineralgj.}} + P_{\text{husdyrgj.}} - P_{\text{avling}} - P_{\text{halm (bortført)}}$.

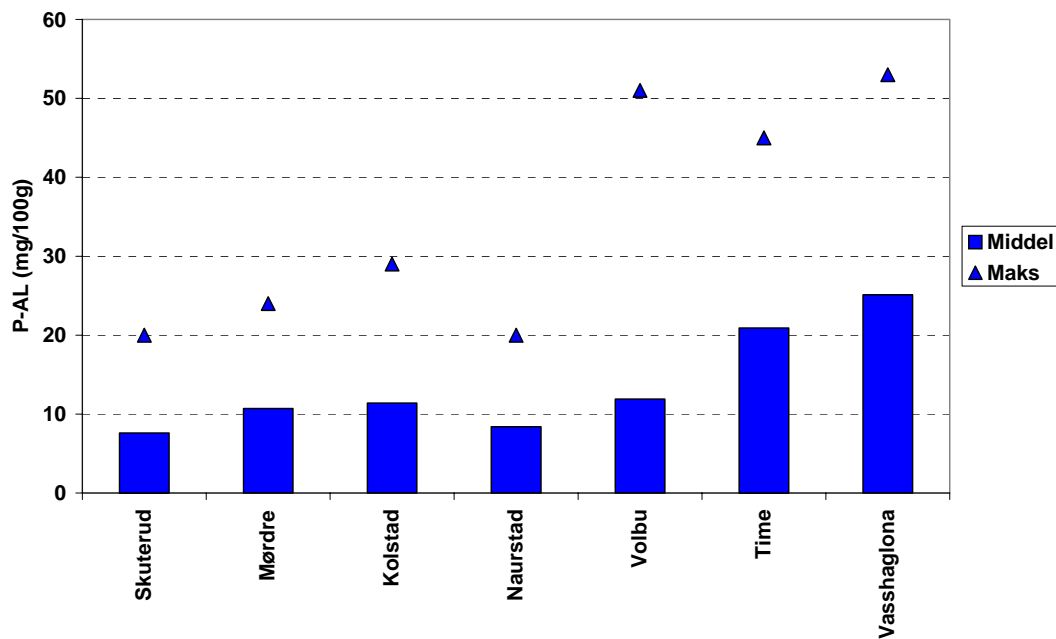
	Skuterud	Mørdre	Kolstad	Middel kornfelt
1990		0,4		
1991		0,3	0,3	0,3
1992		0,2	0,5	0,4
1993	-0,5	0,3	0,5	0,1
1994	0,8	0,8	0,8	0,8
1995	-0,1	1,1	1,4	0,8
1996	0,3	0,5	0,6	0,5
1997	0,9	0,9	0,3	0,7
1998	0,3	0,5	0,6	0,5
1999	0,5	0,7	0,8	0,7
2000	0,3	0,8	0,3	0,5
2001	0,4	1,7	0,6	0,9
2002	0,4	0,9	1,1	0,8
2003	0	0,4	0,4	0,3
2004	0,1	0,5	0,4	0,3
2005	0,2	0,5	2,2	1,0
2006	-0,2	0,4	1,8	0,7
Middel	0,2	0,6	0,8	0,6

4.3 Jordas fosforstatus

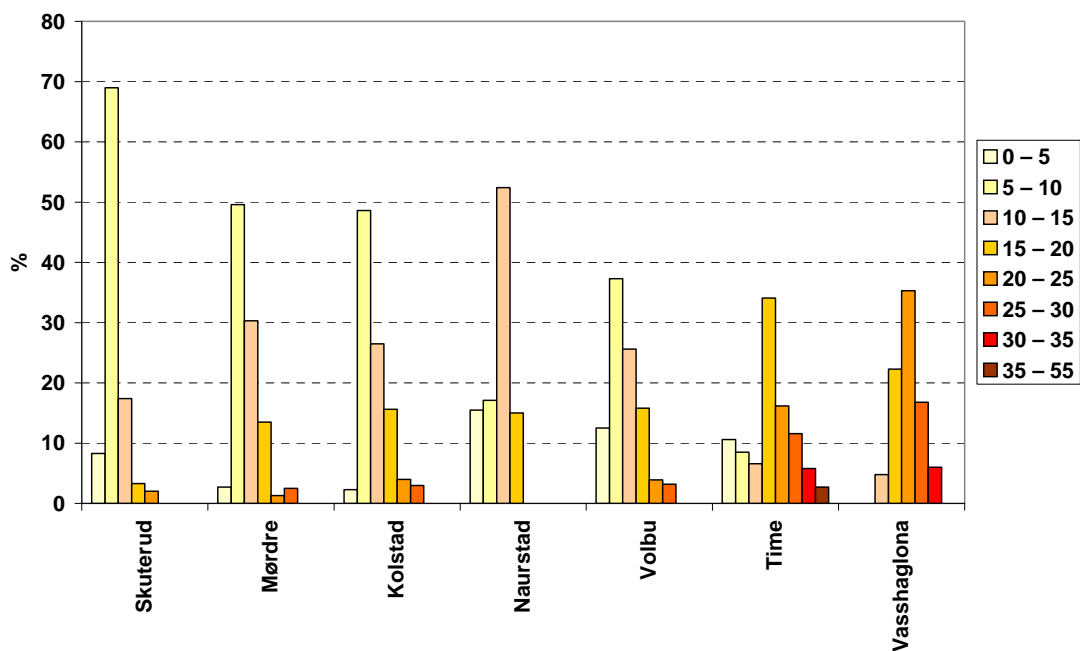
Jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor målt som P-AL (mg/100 g) er størst i Time og Vasshaglona, med gjennomsnittlig P-AL (arealveid middel) på henholdsvis 19 og 24. I Mørdre, Kolstad og Volbu er gjennomsnittlig P-AL på om lag 11, mens det i Naurstad og Skuterud ligger på henholdsvis P-AL 9 og 7. Høyeste verdier for enkeltskifter er målt i Vasshaglona, Volbu og Time (Figur 12).

Figur 13 viser fordeling av P-AL nivå i de ulike nedbørfeltene. I både Mørdre og Kolstad er om lag halvparten av jordbruksarealet innen P-AL klasse 5-10, mens hele 70 % av jordbruksarealet i Skuterud ligger innen denne klassen. I Vasshaglona og Time har om lag 20 % av jordbruksarealet P-AL > 25. Ved P-AL-verdier på 5-10 anbefales fosforgjødsling tilsvarende bortført P i avling.

Jordas fosforstatus er høyest i Time (intensiv husdyrproduksjon) og Vasshaglona (radkulturer)



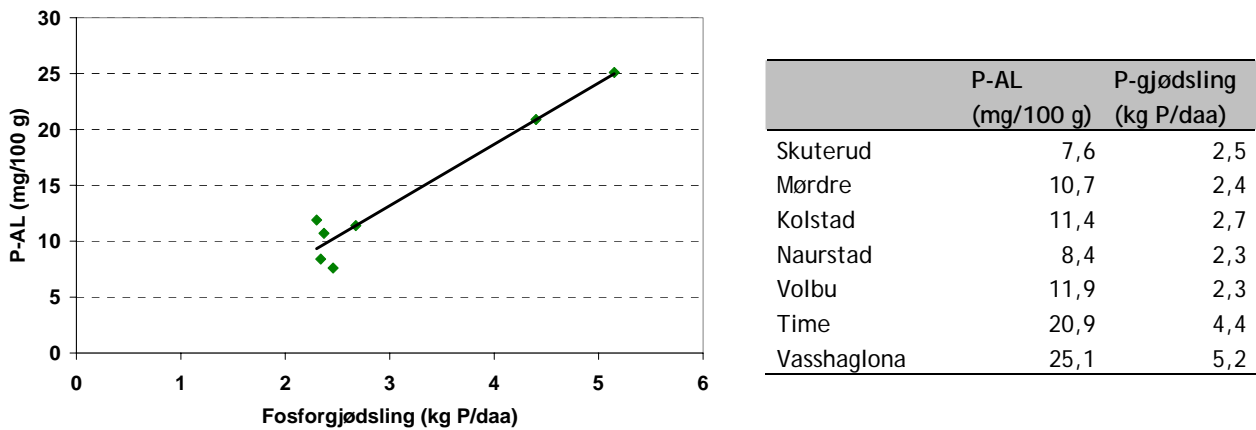
Figur 12. Fosforstatus i jord målt som P-AL (mg P/100 g jord). Oppgitt som arealveid middelverdi for hvert felt og maksverdi for enkeltskifte innen feltet.



Figur 13. Prosentvis fordeling av fosfornivå i de ulike nedbørfeltene. Inndelingen er basert på P-AL klasser over 5 enheter (mg P/100 g jord).

I Vasshaglona ble det tatt en ny prøveserie i 2006, mens tidligere jordprøver ble tatt ut i perioden 1998-2003. Fosfortilførslene (6-7 kg P/år) i perioden 2004-2006 har ikke ført til målbart høyere P-AL nivå i jorda på tross av at dette overstiger mengden fosfor som fjernes med avling. Gjennomsnittlig fosforbalanse for perioden 2003-2006 er relativt høy (3,5 kg P/daa), selv om det siste året (2006) var negativ fosforbalanse i feltet. Noe usikkerhet knyttet til faktorer for næringsinnhold i ulike vekster og i bestemmelse av P-AL, samt fosfortap fra jorda som løst eller partikkelbundet fosfor kan bidra til den manglende effekten av P-overskudd på endringer i P-AL.

Gjennomsnittlig fosforstatus i jorda i feltene viser rimelig god sammenheng med det gjennomsnittlige gjødslingsnivået for fosfor (Figur 14). Skuterud og Naurstad har laveste P-AL nivå og også laveste gjødslingsnivå. Time og Vasshaglona har høye gjødslingsnivå for fosfor og også de høyeste P-AL verdiene.



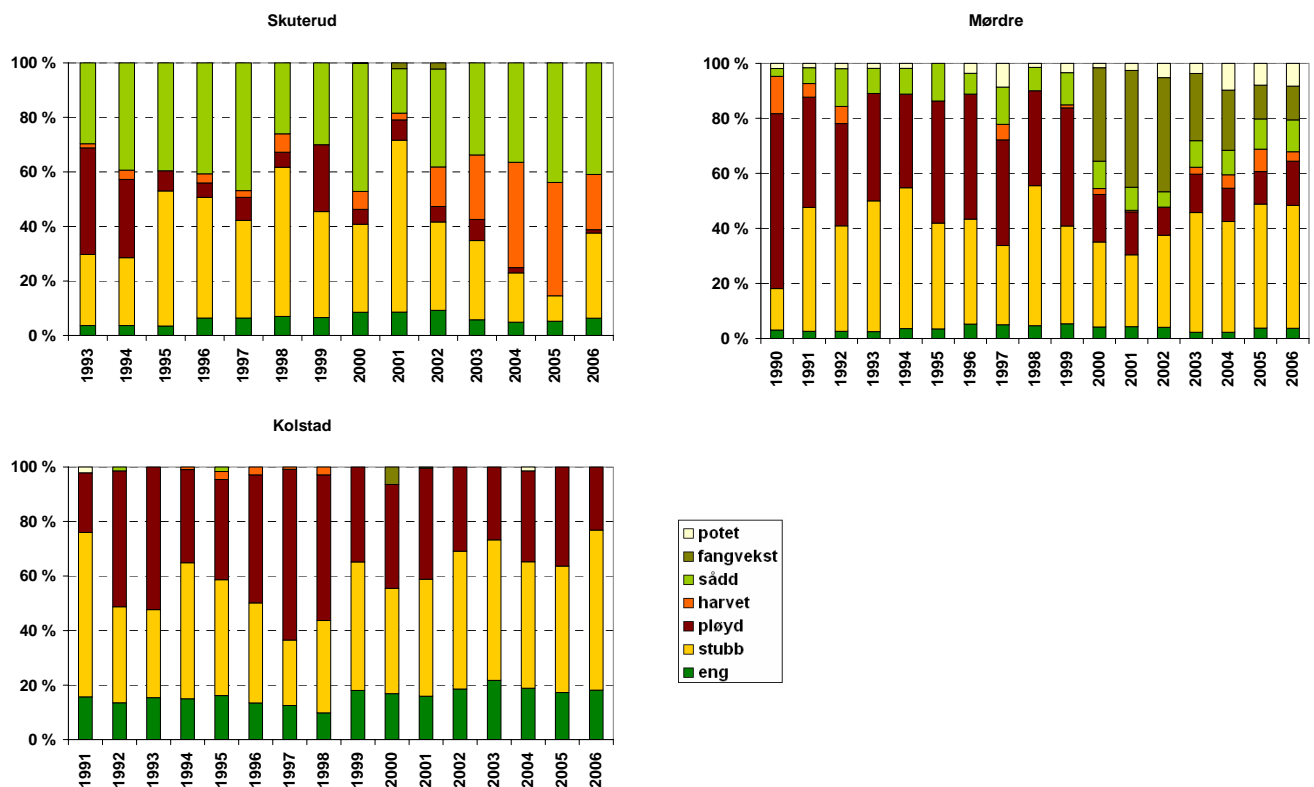
Figur 14. Sammenheng mellom gjennomsnittlig fosforgjødsling (kg P/daa) i overvåkingsperioden og jordas fosforstatus målt som P-AL (mg/100 g). Fosforgjødsling er oppgitt som middel for hele overvåkingsperioden. Jordas fosforstatus er oppgitt som arealveid middel.

5. Jordarbeiding

Jordbruksarealets tilstand om høsten og gjennom vinteren har avgjørende betydning for erosjonsrisiko og næringsstofftap. Dette er spesielt aktuelt i kornfelt hvor eventuell jordarbeiding etter siste høsting vil etterlate jorda uten et beskyttende plantedekke gjennom vinteren. Figur 15 viser jordbruksarealets tilstand per 31. desember i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad.

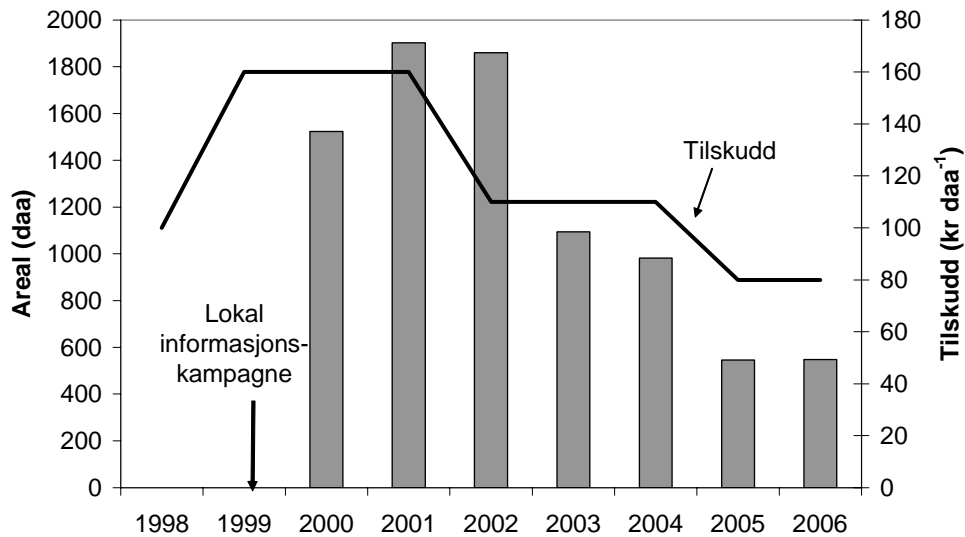
I kornfeltene har det vært en nedgang i høstpløyd areal gjennom overvåkingsperioden, og noe økning i høstharvet areal de siste fem årene

Jordbruksareal som ligger i stubb gjennom vinteren har variert betydelig mellom år, men det har allikevel vært en klar nedgang i pløyd areal i alle tre feltene gjennom overvåkingsperioden. I Skuterud økte stubbarealet i tidlige år av overvåkingsperioden, mens det de senere årene har vært en nedgang i stubbareal og en økning i harvet areal. Engareal og høstsådd areal har variert lite mellom år. I Mørdre har det vært en økning i areal med fangvekst etter at det ble innført tilskudd til dette i 1998. Opp mot 45 % av jordbruksarealet i Mørdre var tilsådd med fangvekst i 2000-2002.



Figur 15. Jordbruksarealets tilstand per 31. desember i kornfeltene Skuterud, Mørdre og Kolstad for hvert år i overvåkingsperioden.

Endringer i jordarbeiding har for en stor del skjedd som følge av etablering av tilskuddsordninger for redusert jordarbeiding. Endringer i tilskuddsatsene har også betydning for omfanget av de enkelte tiltakene. I Mørdrefeltet har arealet med fangvekst vist svingninger som samsvarer med endringer i tilskuddsnivå for fangvekst (Figur 16). Det er dog en forsinkelse i gårdbrukernes respons på tilskudd, som dels kan skyldes planlegging for neste sesong, og dels at driften må tilpasses en ny dyrkingsmetodikk.



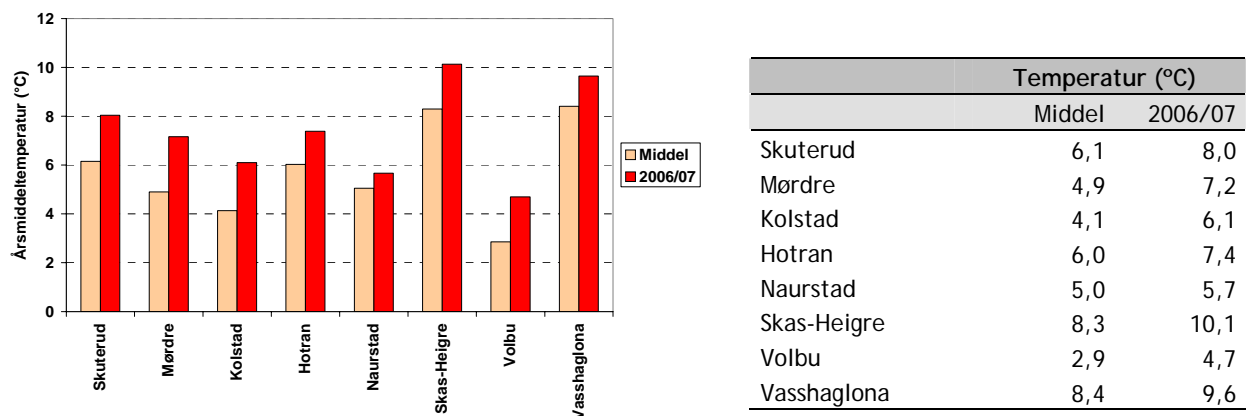
Figur 16. Endringer i tilskudd til fangvekst og endringer i arealet med fangvekst i Mørdrefeltet i perioden 1998-2006.

6. Hydrologi i nedbørfeltene

Siste året var varmere og våtere enn middel for overvåkingsperioden

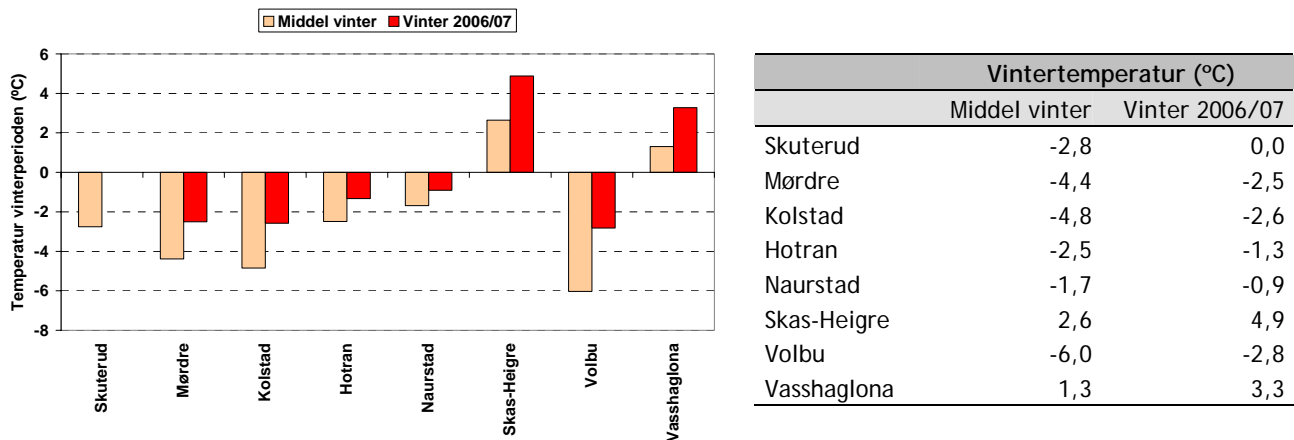
6.1 Temperatur

Værforholdene har stor betydning for de prosessene som fører til avrenning og tap av næringsstoffer og partikler. Det var i 2006/07 (1. mai 2006 - 30. april 2007) klart varmere enn middeltemperatur for overvåkingsperioden i alle feltene (Figur 17). Differansen var størst for feltene i Sør-Norge, og noe mindre for feltene i Trøndelag (Hotran) og Nordland (Naurstad).



Figur 17. Årsmiddeltemperatur i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

Middeltemperatur i vinterperioden var i 2006/07 over middel for overvåkingsperioden i alle feltene (Figur 18). Vinterperioden er her definert som perioden desember-mars, med unntak av Volbu hvor den er definert som perioden desember-april. I Volbu var vintertemperaturen i 2006/07 hele 3,2 °C over middel. Differansen i forhold til middel var minst for Hotran og Naurstad (hhv. +1,2 °C og +0,8 °C). En mildere vinter med temperaturer som varierer rundt frysepunktet kan i mange tilfeller medføre flere fryse-/tineepisoder gjennom vinteren, med påfølgende avrenning og tap av næringsstoffer og partikler. Dersom man har en mer stabil vinter med vedvarende snødekke, vil mye av snøen smelte og renne av uten å komme i direkte kontakt med underliggende jordlag. Dette vil da gi høy avrenning, men ikke nødvendigvis høye partikkel- og næringsstofftap. Spesielt i engfelt kan fryse-/tineepisoder gjennom vinteren føre til utfrysning av løst fosfor fra plantemateriale, og følgelig økte tap.

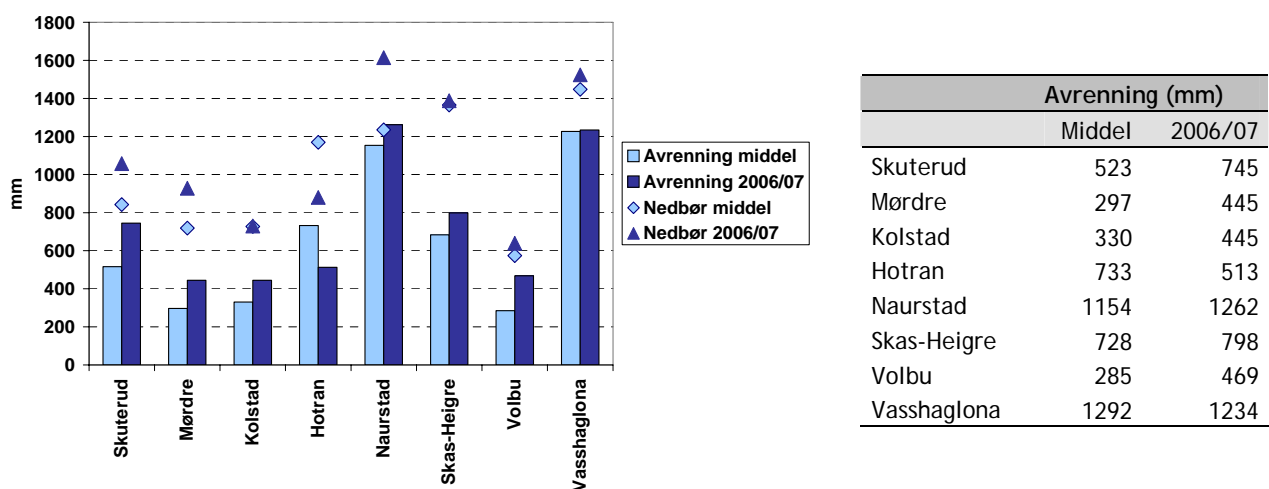


Figur 18. Middeltemperatur i vinterperioden i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden. Vinterperioden er definert som perioden desember-mars, i Volbu desember-april.

6.2 Nedbør og avrenning

I syv av åtte nedbørfelt var det mer nedbør i 2006/07 enn middelnedbør for hele overvåkingsperioden (Figur 19). Forskjellen var størst for feltene på Sør-Østlandet (Skuterud og Mørdre) og for Naurstad i Nordland. I Sør-Norge ellers (Vasshaglona og Volbu) og på Vestlandet (Skas-Heigre) var det kun litt mer nedbør enn middelnedbør. I Midt-Norge (Hotran) var det mindre nedbør enn middelnedbør.

Avrenningen i 2006/07 var, som nedbøren, større enn middel for hele overvåkingsperioden i syv av åtte felt. Kun i Midt-Norge (Hotran) var det mindre avrenning enn middel for alle år (Figur 19 og Figur 20). Avrenningen var for alle feltene størst i oktober, november og desember, og i mars eller april. I Volbu var det snøsmelting i mai 2006 og i april 2007, slik at begge snøsmeltingsperiodene falt innenfor agrohydrologisk år 2006/07. Dette medførte meget høy avrenning dette rapporteringsåret i forhold til hva som er registrert tidligere.



Figur 19. Nedbør og avrenning (mm) i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

Vannbalansen, definert som differansen mellom nedbør og avrenning, varierer mye mellom felt og mellom år (Figur 19). Nedbørmålingene er ikke vindkorrigert, så de er sannsynligvis noe for lave. Vannbalansen for de ulike feltene i 2006/07 og i middel for alle år er vist i Tabell 6.

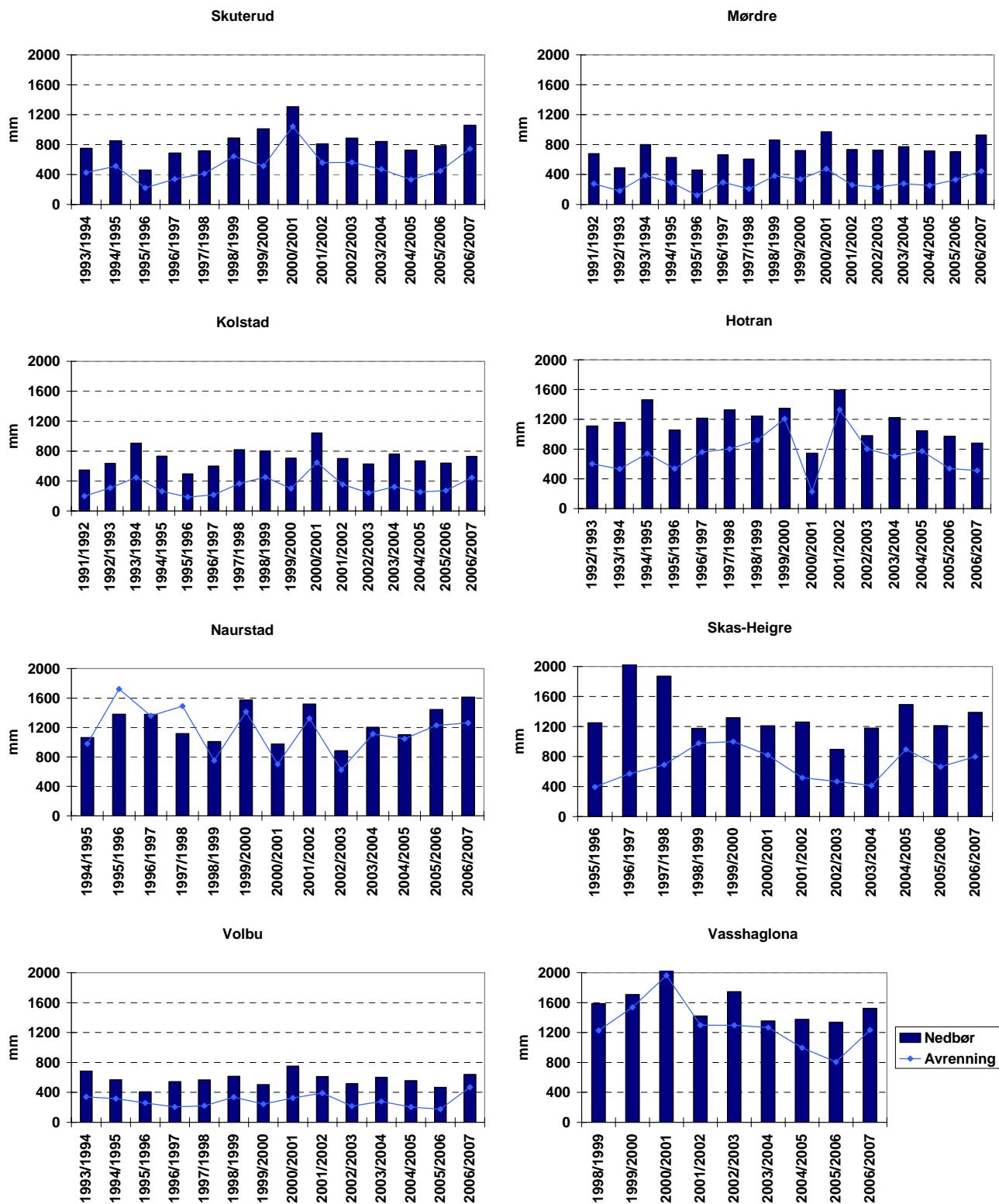
Tabell 6. Vannbalanse (mm) i middel for alle år og i 2006/07.

	Middel	2006/07
Skuterud	326	313
Mørdre	422	483
Kolstad	397	285
Hotran	437	367
Naurstad	81	352
Skas-Heigre	681	590
Volbu	289	170
Vasshaglona	220	290

Forskjellen mellom nedbør og avrenning er størst i Skas-Heigre, hele 681 mm i middel for alle år, og med betydelig variasjon mellom år (198-1564 mm). Det er usikkerhet knyttet til flere faktorer som påvirker vannbalansen for dette feltet, bl.a. nedbørmålinger og nedbørfeltavgrensing. Nedbørmålingene som er tilgjengelige fra ulike stasjoner på Jæren viser store avvik mellom stasjoner, men det er ingen systematiske forskjeller over tid. Dette gjør det vanskelig å si hva som er den reelle nedbøren i feltet. I tillegg til usikkerhet knyttet til nedbørmålinger, kan den høye vannbalansen i Skas-Heigre også skyldes økt fordampning på grunn av høy grunnvannsstand (arealet pumpes), mildt klima med mye vind, og gras som dominerende vekst.

I Naurstad er vannbalansen relativt lav. Her har det i enkelte perioder vært problemer med nedbørmåleren. Dette kan ha medført at nedbøren i disse periodene har blitt noe underestimert, og kan da være medvirkende årsak til at det enkelte år er veldig liten differanse mellom nedbør og avrenning, eller målt høyere avrenning enn nedbør. Nedbøren kan dessuten være underestimert på grunn av mye vind.

I Vasshaglona er differansen mellom målt nedbør og avrenning veldig lav de fleste år. Dette kan skyldes at det reelle nedbørfeltet er større enn hva den topografibaserte grensen tilsier. Det er mistanke om at fremmedvann kommer inn i feltet fra et ovenforliggende tjern som topografisk sett ligger utenfor nedbørfeltet. Det er nå satt i gang målinger for å undersøke om grunnvannet i feltet står under trykk.



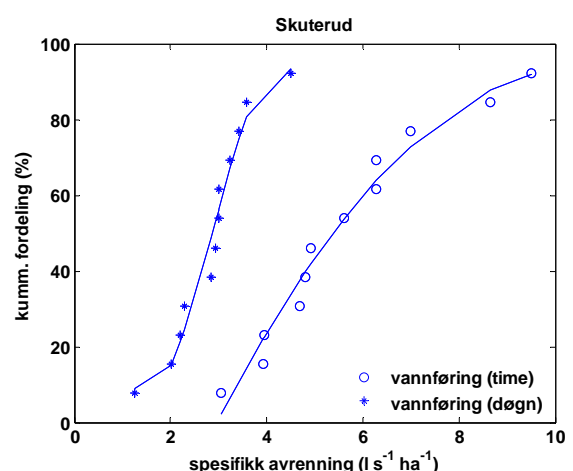
Figur 20. Nedbør (mm) og avrenning (mm) for hvert agrohydrologiske år (1. mai-30.april) gjennom overvåkingsperioden.

Det er stor variasjon i avrenning mellom nedbørfeltene. Gjennomsnittlig årsavrenning varierer fra om lag 300 mm i Volbufeltet til nesten 1300 mm i Vasshaglona. For alle feltene skjer største andel av total årsavrenning utenom vekstsesongen, i perioden oktober – april. En analyse av hydrologien basert på målte timeverdier viser betydelige forskjeller i avrenningsmønster mellom nedbørfeltene (Deelstra et al. 2007), hvilket kan være viktig å ta hensyn til i forklaringen av forskjeller i næringsstofftap mellom jordbruksdominerte nedbørfelt under ellers like forhold. Analysen viser at for de fleste feltene blir 90 % av årsavrenningen drenert ut av feltene på mindre enn 200 dager, med unntak for Naurstad og Vasshaglona hvor det i gjennomsnitt tar henholdsvis 230 og 240 dager. Ofte tar det enda kortere tid å drenere 90 % av årlig næringsstoffavrenning ut av feltet. Eksempelvis tok det i Skuterud i 2006/07 118 dager å drenere ut 90 % av årsavrenningen, men det tok kun 106, 80 og 66 dager å drenere ut 90 % av hhv. årlig N-, P- og SS-avrenning (Figur 21). I praksis betyr det at tapet av suspendert stoff skjer mer i episoder og på kortere tid enn tapet av nitrogen, som er mer jevnt fordelt. At tapet av suspendert stoff er knyttet til episoder kan ha betydning for eventuelle nye, planlagte overvåkingsprogrammer. At det tar kort tid å drenere 90 % av det årlige stofftapet ut av et nedbørfelt kan tyde på at prøvetakingsmetoder basert på *stikkprøvetaking* hver uke eller annenhver uke kan gi lite representative resultater ved beregning av stofftap, særlig fosfor og partikler, fra jordbruksdominerte nedbørfelt.

Avrenningsintensiteten har stor betydning for tapsprosessene for nitrogen og fosfor. Sakte avrenning bidrar til høye nitrogentap, mens rask avrenning bidrar til høyere fosfortap.

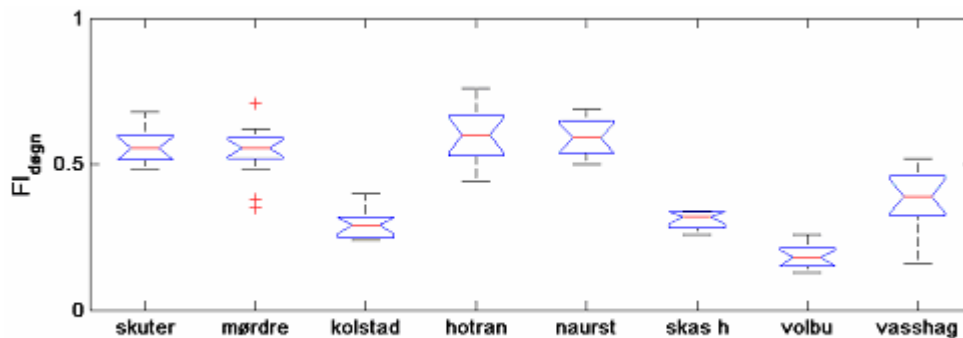
Karakteristisk for mange felt er den store døgnvariasjon i vannføringen, særlig i perioder med mye avrenning, og som til dels kan gi forholdsvis store forskjeller mellom gjennomsnittlig døgnvannføring og den høyest registrerte vannføringen på timebasis innenfor et døgn. Dette kan også føre til store forskjeller i den spesifikke arealavrenningen. Et eksempel er gitt for Skuterud (Figur 21) og viser at den spesifikke arealavrenningen, basert på gjennomsnittlig- og høyest registrerte døgnvannføring er på hhv. 2,9 og 5,7 l s⁻¹ ha⁻¹, mens maksimumsverdier på timebasis er på hhv. 4,5 og 9,5 l s⁻¹ ha⁻¹. Basert på timeverdier ble høyeste og laveste verdi for spesifikk avrenning registrert i Vasshaglona (33,9 l s⁻¹ ha⁻¹).

	Q	SS	TP	TN
%	Antall dager			
50	26	12	16	23
60	37	17	24	33
70	53	25	35	48
80	76	40	52	70
90	118	66	80	106
100	365	365	365	365



Figur 21. Akkumulert avrenning (Q) og tap av suspendert stoff (SS), nitrogen (N) og fosfor (P) i 2006/07 (venstre) og spesifikk arealavrenning basert på gjennomsnittlig- og høyest registrerte døgnvannføring i Skuterud (høyre).

Døgnvariasjon i vannføringen er forskjellig fra felt til felt og blir sannsynligvis i stor grad bestemt av faktorer som feltets størrelse, topografi, jordtype og grøfteintensitet. En sammenlikning av avrenningsintensiteten mellom feltene er gjort ved hjelp av en Flashiness Indeks (FI) beregnet på grunnlag av døgnverdier for vannføring (Figur 22). Analysen viser at avrenningsintensiteten varierer mye mellom feltene, med de største verdiene for Hotran, Mørdre, Skuterud, Naurstad og Vasshaglona, og de laveste verdiene for Volbu, som er feltet med den laveste avrenningen.



Figur 22. Flashiness indeks (FI) basert på døgnverdier for vannføring i overvåkingsfeltene.

Nedbørintensiteter som overskrider jordas infiltrasjonsevne, med påfølgende overflateavrenning, erosjon og tap av fosfor forekommer sjelden i Norge. Derimot er den mest vanlige årsak til erosjon og fosfortap, overflateavrenning som opptrer etter lengre perioder med nedbør om høsten eller i kombinasjon med fryse-/tineepisoder og snøsmelting på delvis frossen mark gjennom vinter/tidlig vår. Overflateavrenning gir en høy FI, mens avrenning gjennom jorda som matriksstrømning skjer saktere og bidrar til høyere nitrogentap.

7. Erosjon og næringsstoffavrenning

Tap av næringsstoffer og partikler varierer betydelig mellom de ulike overvåkingsfeltene og mellom år. I gjennomgangen er feltene delt opp i felt med åpen åker, Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona. I Skuterud og Mørdre er det korn med lite husdyr. Kolstad og Hotran er også dominert av korn, men med husdyr som en viktig produksjon. Vasshaglona har intensiv potet- og grønnsaksproduksjon. I de tre andre feltene (Skas-Heigre, Volbu og Naurstad) er det gras og husdyrproduksjon med ulik intensitet.

Konsentrasjoner og tap av suspendert stoff (SS), nitrogen (N) og fosfor (P) er diskutert i det følgende. Trender i erosjon og næringsstoffavrenning i de ulike feltene er beskrevet nærmere i kapittel 8.

7.1 Nitrogenavrenning

De vannføringsveide årsmiddelkonsentrasjonene av nitrogen i avrenning fra de 8 feltene varierer fra om lag 1 til 11 mg N/L i middel for overvåkingsperioden (Tabell 7). I tilsvarende overvåkingsprogram i Danmark er det målt samme variasjon i årsmiddelkonsentrasjoner (1-10 mg N/L) basert på målinger fra 5 felt (Grant et al. 2006). Blant de norske feltene er nitrogenkonsentrasjonene generelt høyere i kornfeltene (5 - 11 mg N/L) sammenliknet med engfeltene (1 - 5 mg N/L).

Tabell 7. Nitrogenkonsentrasjoner (mg N/L) målt i feltene i middel for alle år i overvåkingsperioden og i 2006/07. Konsentrasjoner oppgitt som hhv. vannføringsveid middel, og minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltprøver.

	Nitrogenkonsentrasjon (mg N/L)					
	Overvåkingsperioden			2006/07		
	Middel	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum
Skuterud	5,8	0,8	22,3	6,0	0,9	15,5
Mørdre	5,0	1,1	32,9	5,5	1,9	13,4
Kolstad	11,1	1,2	22,0	15,5	2,0	22,0
Hotran	4,6	0,4	19,0	6,4	0,8	13,1
Naurstad	1,0	0,4	5,5	1,0	0,4	2,4
Skas-Heigre	5,1	1,9	10,8	6,8	3,4	10,8
Volbu	3,7	1,1	13,0	4,3	1,9	7,1
Vasshaglona	6,1	1,4	18,0	5,0	1,6	10,6

Nitrogenkonsentrasjonen er høyere i avrenning fra kornfeltene enn fra engfeltene

Blant kornfeltene har Kolstad de høyeste nitrogenkonsentrasjonene. Det blir spredt forholdsvis mye husdyrgjødsel om høsten i Kolstad, og de høyeste nitrogenkonsentrasjonene blir generelt målt i november. I november 2006 ble det målt 22 mg N/L i en blandprøve fra Kolstadbekken, og denne høsten ble det spredt 5,4 kg N/daa i feltet. Høstpløying er dessuten mer utbredt i Kolstad enn i de to andre kornfeltene, og dette bidrar også til økt risiko for nitrogenutvasking. Videre er vannstrømmene i Kolstad dominert av avrenning med lav intensitet sammenliknet med de to andre kornfeltene (Deelstra et al. 2007), hvilket betyr at en forholdsvis stor del av vanntransporten skjer gjennom jorda og det er derfor større risiko for nitrogenavrenning sammenliknet med fosforavrenning. Laveste nitrogenkonsentrasjoner blir generelt målt i vekstsesongen, mens de høyeste nitrogenkonsentrasjonene

blir målt på høsten. Plantenes nitrogenopptak reduserer mengden tilgjengelig nitrogen i jorda og dermed risiko for nitrogenutvasking i vekstsesongen. Utenom vekstsesongen kan mineralisering av røtter og planterester, samt evt. høstpløying føre til høye nitrogenkonsentrasjoner i jorda og dermed større risiko for utvasking. Etter gjødsling om våren og før røttene er tilstrekkelig utviklet, kan nedbørepisoder føre til høye konsentrasjoner av nitrogen. I Vasshaglona ble det i 2006/07 målt høye nitrogenkonsentrasjoner (10-15 mg N/L) i mai i forbindelse med en nedbørepisode. Det samme var tilfellet i Kolstadbekken (12 mg N/L) og i Mørdrebekken (9 mg N/L).

Høyeste nitrogenkonsentrasjoner blir målt i Kolstad i Ringsaker

Laveste nitrogenkonsentrasjoner (1 mg N/L) blir målt i Naurstadbekken. Mye nedbør og en stor andel utmark bidrar til fortykning av avrenningen fra dette feltet. Videre er Naurstadfeltet dominert av organisk jord, og nitrogenutvasking på slik jord avhenger bl.a. av C/N-forholdet (forholdet mellom mengde karbon (C) og nitrogen) i det organiske materialet. C/N-forholdet i Naurstad er ikke kjent, men på lignende arealer i samme område er det målt C/N-forhold på 15-20 med de høyeste verdiene lengst ned i profilet (Bodin gård; pers.komm. Tore Sveistrup). Det vil si at jorda vil kunne mobilisere og immobilisere nitrogen i ulike sjikt. Andre forhold av betydning er lav nitrogen gjødsling og lav nitrogendeponering, som også vil kunne bidra til å forklare de lave konsentrasjonene av nitrogen.

Laveste nitrogenkonsentrasjoner blir målt i Naurstad i Bodø

Over tid viser nitrogenkonsentrasjonene generelt mindre variasjon enn konsentrasjonene av suspendert stoff og fosfor. I 2006/07 var nitrogenkonsentrasjonene i de fleste felt litt høyere enn middel for overvåkingsperioden.

Tap av nitrogen fra jordbruksarealer var i 2006/07 høyere enn middel for overvåkingsperioden i de fleste feltene (Tabell 8). Dette er i stor grad forklart av svært høy avrenning dette året sammenliknet med tidligere år. For feltene Mørdre, Kolstad, Skas-Heigre og Volbu var tapene de høyeste som er målt gjennom overvåkingsperioden (Figur 24).

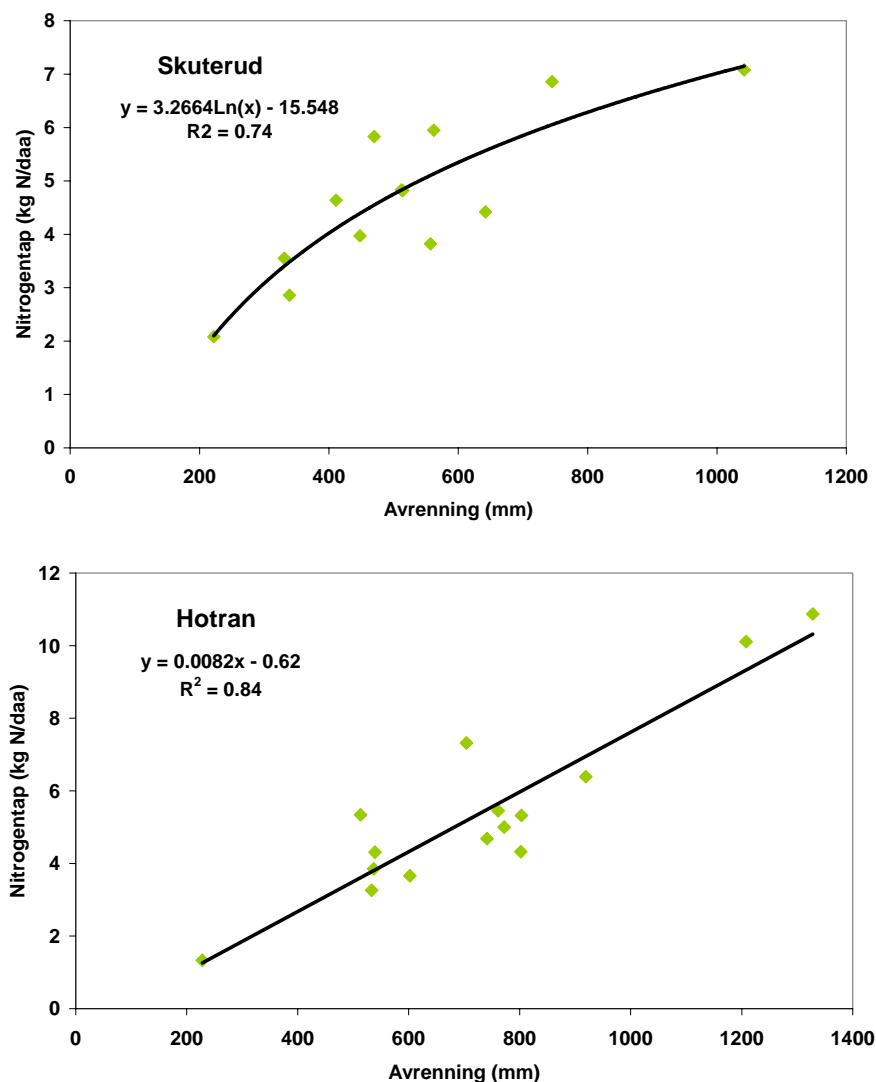
Tabell 8. Tap av total nitrogen (kg N/daa jordbruksareal) i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

	Total nitrogen (kg N/daa)	
	Middel	2006/07
Skuterud	4,7	6,9
Mørdre	2,3	3,7
Kolstad	5,2	9,7
Hotran	5,4	5,3
Naurstad	2,9	3,0
Skas-Heigre	4,2	6,3
Volbu	2,2	4,2
Vasshaglona	11,1	9,7

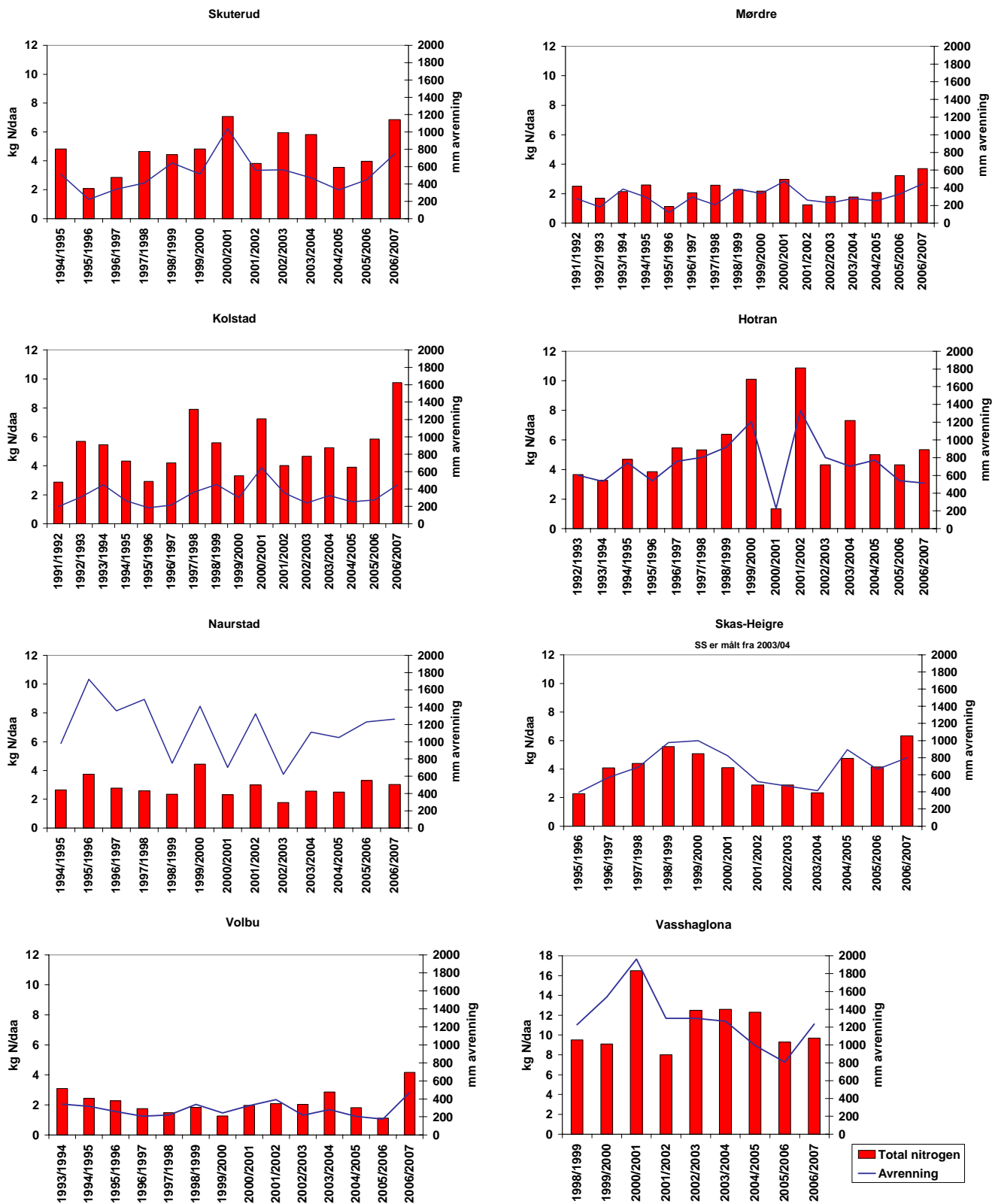
Høy avrenning fører generelt til høye nitrogentap

De gjennomsnittlige nitrogen tapene i rene kornfelt varierer fra 2,3 til 4,7 kg N/daa, og tilsvarende i engfeltene fra 2,2 til 4,2 kg N/daa. Feltene Kolstad og Hotran, med en kombinasjon av korn og husdyrproduksjon, har høyere nitrogen tap (5,2-5,4 kg N/daa) enn de rene korn og engfeltene. I Kolstad var nitrogen tapene spesielt høye i 2006/07 Dette skyldes svært høy avrenning dette året, spesielt om høsten og i april-mai, samt en kraftig økning i tilført nitrogen i form av husdyrgjødsel fra lager. En relativt stor andel av husdyrgjødsel ble også spredd om høsten dette året (om lag 50 %), hvilket kan være en medvirkende årsak til økte tap i høstmånedene. Tapet av nitrogen i november var på hele 3,1 kg N/daa. Hele 6 blandprøver tatt i perioden oktober-desember viste nitrogenkonsentrasjoner rundt 20 mg N/L (Pengerud et al. 2007).

I den danske overvåkingen er det målt nitrogen tap på mellom 0,7 og 2,7 kg N/daa jordbruksareal (Grant et al. 2006). Avrenningen fra de danske feltene er generelt lavere (157-485 mm) enn fra de norske feltene (285 - 1292 mm). Det er god sammenheng mellom nitrogen tap og avrenning fra nedbørfeltene. Figur 23 viser eksempler på sammenhenger i Skuterud og Hotran. Spredningen skyldes delvis en rekke faktorer utenom avrenningen som påvirker tapene av nitrogen, bl.a. temperatur og endringer i jordbruksdrift. For Hotran øker nitrogen tapet lineært med avrenningen, mens det for Skuterud er en tilnærmet logaritmisk sammenheng mellom nitrogen tap og avrenning. Dette betyr at økningen i nitrogen tap blir mindre ved høy avrenning, og kan forklares ved at mengden utvaskbare nitrogenforbindelser i jorda er begrenset av andre faktorer enn nedbøren, f.eks. mineralisering og at det blir en fortykningseffekt etter hvert som nitrogenet slipper opp.



Figur 23. Sammenheng mellom nitrogen tap (kg N/daa jordbruksareal) og avrenning (mm) for Skuterud (øverst) og Hotran (nederst).



Figur 24. Avrenning (mm) og tap av total nitrogen (kg/daa jordbruksareal) i feltene gjennom overvåkingsperioden.

Det høyeste gjennomsnittlige nitrogentapet (11 kg N/daa) er målt i Vasshaglona, der det både er høy avrenning og høye konsentrasjoner av nitrogen i avrenningen. I feltet er det intensiv drift med høy nitrogen gjødsling (20 kg N/daa). Åpen åker med stor andel potet og grønnsaker fører dessuten til økt risiko for nitrogentap i perioden etter høsting. I Skuterud var nitrogentapene (6,9 kg N/daa) nesten like høye som i 200/01, som er året med det høyeste målte nitrogentap. Begge disse årene skjedde største andel av totale nitrogentap om høsten. I middel for alle år er nitrogentapene lavere (2,3 kg N/daa) i Mørdre sammenlignet med de øvrige kornfeltene. Lavere nitrogentilførsler sammenliknet med de to andre kornfeltene, samt lavere avrenning og større gasstap av nitrogen ved denitrifikasjon kan bidra til å forklare de lave tapene. I Volbu er det i middel for alle år lave nitrogentap på grunn av lite nedbør og lave konsentrasjoner. Jordbruksdriften i Volbu er ekstensiv med lave nitrogentilførsler (13 kg N/daa). I 2006/07 var nitrogentapene i Volbu var svært høye i forhold til tap tidligere år, hele 4,2 kg/daa mot 2,2 kg/daa i middel for alle år (Tabell 8; Figur 24). Denne økningen antas å skyldes høy avrenning i høst- og vinterperioden, samt at både nitrogentapet i snøsmeltingen mai 2006 og i april 2007 ble med i rapporteringen. I tillegg kan reduserte avlinger på grunn av tørke i sommermånedene (reduisert nitrogenopptak) bidra til å forklare de høye tapene. Det har vært en jevn nedgang i nitrogen gjødsling i feltet de senere år, og gjødsling er dermed ikke en forklarende årsak til de økte tapene. Nitrogentapet under snøsmeltingen i april (1,7 kg N/daa) er det høyeste månedlige tap som er målt i feltet gjennom overvåkingsperioden. Avrenningen var 135 mm denne måneden, og nitrogenkonsentrasjoner varierte mellom 3,3-7,1 mg N/L (Pengerud et al. 2007).

7.2 Erosjon og fosforavrenning

De vannføringsveide årsmiddelkonsentrasjonene av suspendert stoff (SS) i overvåkingsbakkene varierer fra 13 til 312 mg SS/L i middel for overvåkingsperioden (Tabell 9), og tilsvarende for fosfor (P) fra 0,06 til 0,5 mg P/L (Tabell 10). I det danske overvåkingsprogrammet viser årsmiddelkonsentrasjonene av fosfor en variasjon fra 0,09 til 0,19 mg P/L basert på målinger fra 5 felt (Grant et al. 2006). Som kjent er erosjonsrisikoen generelt lav i Danmark, og følgelig er også de største fosforkonsentrasjonene generelt lavere enn i Norge.

Tabell 9. Konsentrasjoner av suspendert tørrstoff (mg SS/L) målt i feltene i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden. Konsentrasjoner oppgitt som hhv. vannføringsveid middel, og minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltprøver.

	Konsentrasjon av suspendert stoff (mg SS/L)					
	Overvåkingsperioden			2006/07		
	Middel	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum
Skuterud	153	<5,0	2398	120	<5,0	599
Mørdre	312	5	4400	365	29	905
Kolstad	34	<5,0	330	23	<5,0	67
Hotran	232	<5,0	2300	300	6	910
Naurstad	27	<5,0	180	51	5,0	180
Skas-Heigre	16	<5,0	50	18	<5,0	36
Volbu	13	<5,0	610	18	<5,0	160
Vasshaglona	115	<5,0	1000	55	<5,0	347

Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon av suspendert stoff er størst i Mørdrebekken og i Hotrankanalene. I både Mørdre og Hotran er det synlig erosjon i bekke-/elveskrentene. Det er ikke gjort målinger av hvor mye dette bidrar til total konsentrasjon av suspendert stoff. Feltene med åpen åker (Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona) har generelt høyeste konsentrasjoner av suspendert stoff i avrenningen. Åpen åker gir normalt høyere erosjonsrisiko enn eng og beite, og

dermed også høyere konsentrasjoner av suspendert stoff. Konsentrasjonene av suspendert stoff i Kolstad er imidlertid lave. Det skyldes den sakte avrenningen som skjer gjennom jorda og i mindre grad forårsaker overflateerosjon. Avrenningsintensiteten i feltene (jfr. Figur 22) tyder på at en mindre del av avrenningen skjer på overflaten og gjennom makroporer i Kolstad enn det som er tilfellet i Skuterud og Mørdre. I Kolstad er det dessuten et belte med flerårig vegetasjon langs bekken som kan fungere som rensefilter. Skuterud og Mørdre har raskere avrenning, det vil si på overflaten eller gjennom makroporer, der det bidrar til større erosjon. Avrenningen fra engfeltene (Naurstad, Skas-Heigre og Volbu) har lavere konsentrasjoner av suspendert stoff (13-27 mg SS/L), med noe høyere konsentrasjoner i Naurstadbekken sammenliknet med de to andre. I Naurstad er det synlig erosjon i de siltige bekkeskrenter, som sannsynligvis bidrar til noe høyere konsentrasjoner av suspendert stoff enn generelt for engfelt. De høyeste målte konsentrasjoner av suspendert stoff gjennom overvåkingsperioden er om lag 5-20 ganger større enn de vannføringsveide middelkonsentrasjonene, mens minimumskonsentrasjonene er under deteksjonsgrensen for de fleste felt (Tabell 9). For nitrogen er det mindre variasjon og maksimumskonsentrasjonene er kun 2-6 ganger større enn de vannføringsveide middelkonsentrasjonene.

Konsentrasjonen av SS er størst i Mørdrebekken på Romerike og i Hotranelva i Trøndelag

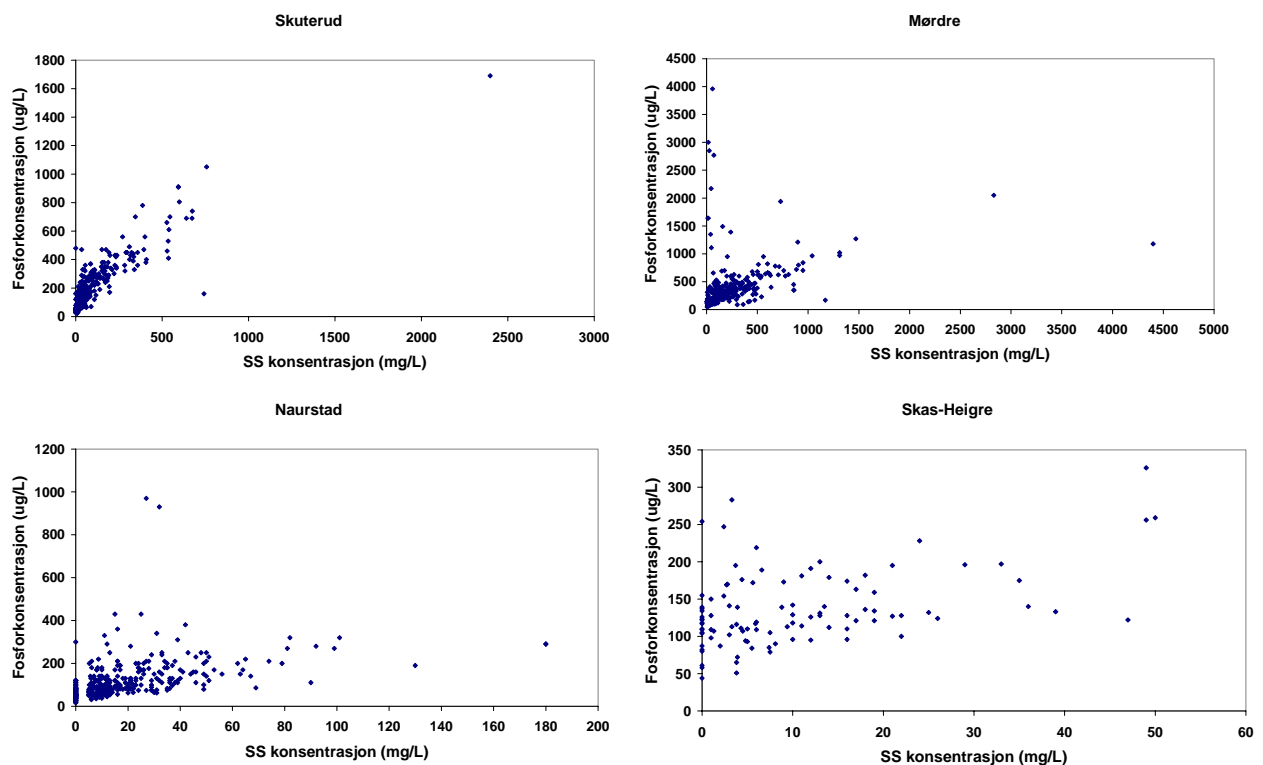
Tabell 10. Fosforkonsentrasjoner (mg P/L) målt i feltene i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden. Konsentrasjoner oppgitt som hhv. vannføringsveid middel, og minimums- og maksimumskonsentrasjon i enkeltprøver.

	Fosforkonsentrasjon (mg P/L)					
	Overvåkingsperioden			2006/07		
	Middel	Minimum	Maksimum	Middel	Minimum	Maksimum
Skuterud	0,27	0,01	1,69	0,24	0,04	0,81
Mørdre	0,39	0,04	3,96	0,43	0,10	0,80
Kolstad	0,10	0,01	0,52	0,10	0,01	0,20
Hotran	0,30	0,03	2,00	0,35	0,03	0,70
Naurstad	0,13	0,02	0,97	0,15	0,03	0,31
Skas-Heigre	0,15	0,04	1,30	0,14	0,08	0,28
Volbu	0,06	0,01	1,80	0,06	0,01	0,35
Vasshaglona	0,49	0,03	4,00	0,29	0,03	1,16

Vannføringsveid årsmiddelkonsentrasjon av fosfor er størst i Vasshaglona og i Mørdrebekken, men også i Hotranelva måles det høye fosforkonsentrasjoner. Forholdet mellom fosfor og suspendert stoff er høyere (4,3 ‰) i Vasshaglona enn i de øvrige bekkene på grunn av høyt fosforinnhold i jorda i nedbørfeltet. I Hotranelva og i Mørdrebekken er forholdet om lag 1,3 ‰. Fosforkonsentrasjonene i bekkene i felt med åpen åker (Skuterud, Mørdre, Kolstad, Hotran og Vasshaglona) varierer fra 0,1 til 0,49 mg P/L. I bekkene i felt dominert av eng og beite varierer de vannføringsveide fosforkonsentrasjonene fra 0,06 til 0,15 mg P/L. Åpen åker har høyere erosjonsrisiko og dermed ofte høyere fosforkonsentrasjoner i avrenningen sammenliknet med avrenning fra eng og beite. Fosforkonsentrasjonene varierer mindre mellom åpen åker og eng/beite sammenliknet med konsentrasjoner av suspendert stoff. Jordas fosforinnhold er generelt høyere i feltene med eng/beite (8-21 mg P-AL/100 g) enn i feltene med korn (8-11 mg P-AL/100 g; jfr. Tabell 14), og dette bidrar til noe høyere fosforkonsentrasjoner i avrenning fra engfeltene sammenliknet med kornfeltene ved samme konsentrasjoner av suspendert stoff. De høyeste målte fosforkonsentrasjonene gjennom overvåkingsperioden er om lag 5-30 ganger større enn de vannføringsveide middelkonsentrasjonene, hvilket indikerer større variasjoner for fosforkonsentrasjoner sammenliknet med konsentrasjoner av suspendert stoff. I 2006/07 var maksimumskonsentrasjonene av fosfor 2-5 ganger større enn vannføringsveid middelkonsentrasjon for året.

Konsentrasjonene av fosfor er høyest i Vasshaglona

Figur 25 viser sammenhengen mellom konsentrasjoner av suspendert stoff og fosfor i blandprøver fra fire bekker. Sammenhenger mellom konsentrasjoner av suspendert stoff og total fosfor gir en indikasjon på i hvilken grad fosfor tapes i partikkelbundet eller løst form. I kornfeltene Skuterud og Mørdre er det en relativt god sammenheng mellom suspendert stoff- og fosforkonsentrasjoner i avrenningen, men med noe avvik i Mørdre på grunn av episoder med punktutslipp tidlig i overvåkingsperioden, som ga svært høye fosforkonsentrasjoner ved lav vannføring uten at det var tilsvarende høye konsentrasjoner av suspendert stoff. I Skuterudbekken og Mørdrebekken utgjør løst fosfat i gjennomsnitt hhv. 27 % og 22 % av total fosforkonsentrasjon. I Naurstad og Skas-Heigre er erosjon i mindre grad bestemmende for fosforkonsentrasjonen, og sammenhengen mellom konsentrasjoner av fosfor og suspendert stoff i avrenningen dårligere. Dette skyldes i stor grad grasproduksjon i feltene som gir lav erosjon og lite partikkeltransport, kombinert med tilførsler av husdyrgjødsel, som delvis ble spredt på høsten. I blandprøver fra Naurstadbekken utgjør løst fosfat i gjennomsnitt 54 % av total fosforkonsentrasjon. Konsentrasjoner av løst fosfat er generelt høyere fra engfelt i forhold til felt med kornproduksjon, hvilket ofte medfører høyere biotilgjengelighet av fosfor i engfelt.



Figur 25. Sammenheng mellom konsentrasjoner av suspendert stoff (mg SS/l) og total fosfor (µg P/l) i blandprøver fra Skuterudbekken, Mørdrebekken, Naurstadbekken og Skas-Heigrekanalen.

De gjennomsnittlige tapene av suspendert stoff varierer fra 9 til nesten 300 kg SS/daa (Tabell 11). I feltene med åpen åker varierer tapene av suspendert stoff fra 17 til 292 kg SS/daa, mens tapene i engfeltene varierer fra 9 til 88 kg SS/daa. Tap av suspendert stoff er generelt størst i Hotran. Nydyrking og grøfting rundt år 2000 har bidratt til å øke de gjennomsnittlige tapene av suspendert stoff. Videre er jordbruksdriften dominert av åpen åker, og det er mye nedbør og høy avrenning i feltet. Tap av fosfor er i gjennomsnitt størst (om lag 1 kg P/daa) i Vasshaglona. Tap av fosfor fra Naurstad er også generelt høyt i forhold til den lave driftsintensiteten i feltet. Ved beregning av tap fra jordbruksarealer inngår en konstant faktor (6 g P/daa) for tap fra utmark, og i Naurstad, der utmark

utgjør om lag 65 % av arealet, kan dette gi en relativt stor usikkerhet i beregningene av tap per dekar jordbruksareal. Det er likevel sannsynlig at det er store fosfortap på grunn av at den organiske jorda har liten evne til å binde fosfor. Mye nedbør og høy avrenning bidrar også til høye tap. Det blir dessuten tilført en del fosfor utenom vekstsesongen, hvilket gir stor risiko for utvasking.

Tabell 11. Tap av suspendert tørrstoff (kg/daa jordbruksareal) og total fosfor (g/daa jordbruksareal) i 2006/07 og i middel for alle år i overvåkingsperioden.

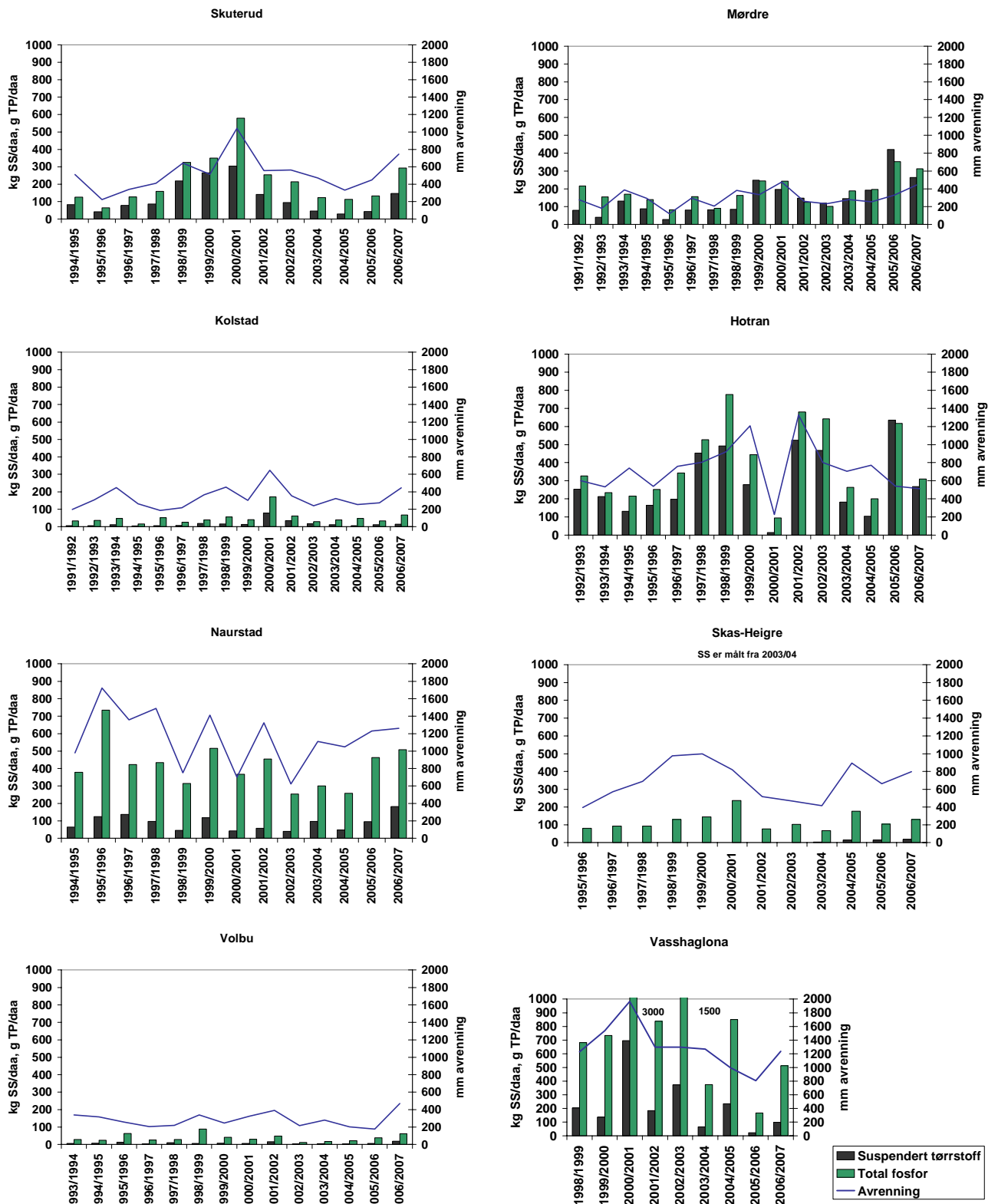
	Suspendert tørrstoff (kg/daa)		Total fosfor (g/daa)	
	Middel	2006/07	Middel	2006/07
Skuterud	121	147	220	293
Mørdre	147	263	183	312
Kolstad	17	15	49	67
Hotran	292	267	395	310
Naurstad	88	182	416	509
Skas-Heigre	12	17	120	131
Volbu	9	18	38	62
Vasshaglona	223	97	958	513

Tapene av suspendert stoff og fosfor i 2006/07 var, som nitrogentapene, høyere enn middeltap for de fleste felt. I kornfeltene har det vært meget høye fosfortap, spesielt på høsten. Tapene av suspendert stoff og fosfor i Mørdre var betydelig høyere enn middeltap i 2006/07 og tapene var også meget høye i 2005/06. De høye tapene de siste årene kan skyldes høy avrenning, men det har vært tilsvarende høy avrenning tidligere år uten at så høye tap har blitt registrert. Det har de senere år vært en økning i potetareal i feltet, hvilket kan være medvirkende årsak til de økte tapene. Det har på den annen side vært en nedgang i jordarbeidet areal om høsten de senere år (jfr. Figur 15), hvilket skulle ført til redusert erosjon, og følgelig reduserte tap av fosfor og partikler. Det er usikkerhet knyttet til de høye tapene i Mørdre og mulige årsaker vil bli kartlagt nærmere i kommende år. Tapene i Skuterud var også noe høyere i 2006/07. Etter at fangdammen ble etablert ved utløpet av Skuterudbekken i 2002 (Figur 26) har det vært en klar nedgang i tap av suspendert stoff og fosfor. Tapene av suspendert stoff og fosfor i Skuterud i 2006/07 er imidlertid de høyeste som er målt etter at fangdammen ble etablert, og det var dette året relativt lav retensjon i fangdammen sammenliknet med tidligere år (Pengerud et al. 2007).

Fangdammen i Skuterud ga liten effekt på retensjon av SS og P i 2006/07

Tapene i Vasshaglona i 2006/07 var betydelig under middeltap for alle år (Tabell 11). Middeltap for alle år er 223 kg SS/daa og 958 g P/daa, i stor grad på grunn av svært høye tap på høsten i 2000/01 og 2002/03. Tap av suspendert stoff og fosfor var i 2006/07 hhv. 97 kg SS/daa og 513 g P/daa, med klart største tap i november og desember på grunn av høy avrenning og høye konsentrasjoner i blandprøver (opptil 347 mg SS/l og 1,16 mg TP/l). Jordas fosforstatus i feltet er generelt meget høy på grunn av intensiv potet- og grønnsaksproduksjon med store tilførsler av fosfor.

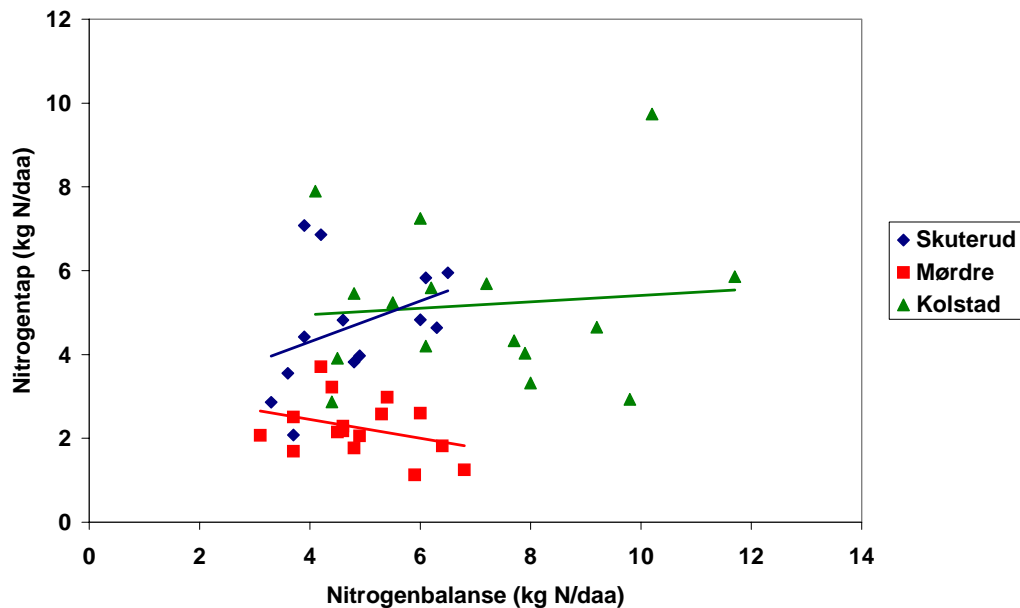
Tap av fosfor i Naurstad i 2006/07 var 509 g/daa, hvilket er høyere enn tapene i de fleste andre felt (Tabell 11). Tap av suspendert stoff var 182 kg/daa, hvilket er det høyeste tap av suspendert stoff som er målt i dette feltet gjennom overvåkingsperioden (Figur 26). De høye tapene skyldes i stor grad høy avrenning dette året. Tapet i desember var på hele 80 kg SS/daa, hvilket er det høyeste tap som er målt en enkeltmåned gjennom overvåkingsperioden (Pengerud et al. 2007). Desember måned var relativt mild, med middeltemperatur på 2,1 °C, og nedbørmengder klart over normalnedbør (273 mm mot normalt 100 mm). Konsentrasjonen av suspendert stoff i en blandprøve tatt denne måneden var på hele 180 mg/l (Tabell 9), mens fosforkonsentrasjonen var 0,29 mg/l (Tabell 10).



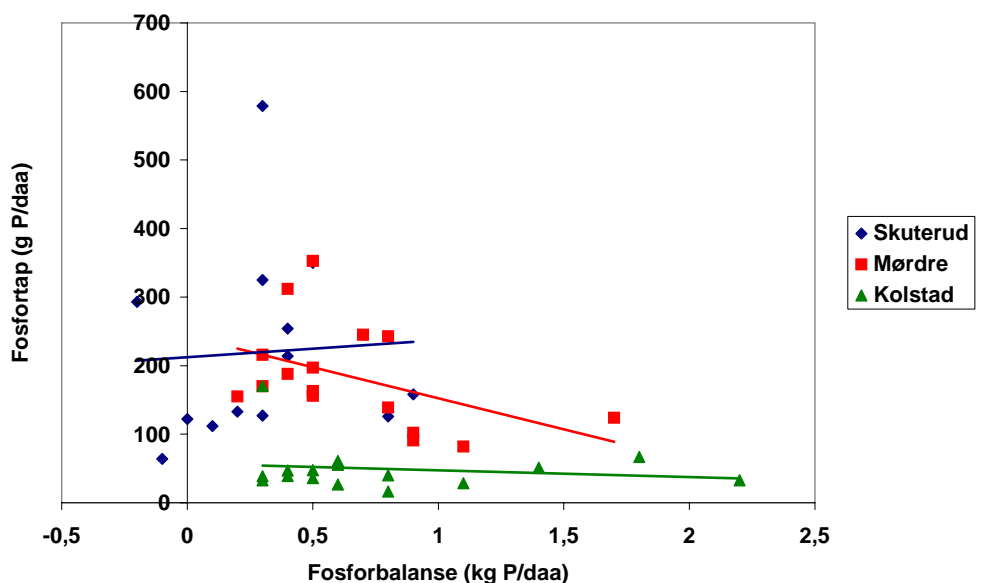
Figur 26. Avrenning (mm) og tap av suspendert tørrstoff (kg SS/daa jordbruksareal) og total fosfor (g P/daa jordbruksareal) i feltene gjennom overvåkingsperioden.

7.3 Sammenheng mellom næringsbalanse og tap i kornfelt

Redusert gjødsling er blant de tiltakene som kan ha stor effekt på risiko for næringsstofftap. Analyser av sammenheng mellom næringsbalanse og tap av næringsstoffer i kornfelt viser dog ikke god sammenheng mellom næringsstoffbalanse og næringsstofftap (Figur 27 og Figur 28). Det er flere ulike faktorer som har betydning for effekten av næringsbalanse på avrenningstap, deriblant vannføring. Variasjon i vannføring fra år til år har vesentlig betydning for nitrogentapet og vil i mange tilfeller skjule effekten av andre endringer i driftspraksis innenfor nedbørfeltet, bl.a. nitrogenbalanse. For fosfor har erosjonen i mange felt stor betydning for tapet. Variasjoner i vær, naturgitt erosjonsrisiko og variasjoner i jordarbeidingsstilstand kan derfor skjule effekten av fosforbalanse på fosfortapet.



Figur 27. Sammenheng mellom nitrogentap og nitrogenbalanse i kornfelt gjennom overvåkingsperioden; Skuterud 1994-2006, Mørdre 1991-2006 og Kolstad 1991-2006.



Figur 28. Sammenheng mellom fosfortap og fosforbalanse i kornfelt gjennom overvåkingsperioden; Skuterud 1994-2006, Mørdre 1991-2006 og Kolstad 1991-2006.

8. Trender i avrenning fra overvåkingsfelt

Trendanalyser er utført på overvåkingsdata (konsentrasjoner og tap av partikler og næringsstoffer) for å kunne dokumentere en eventuell utvikling over tid i feltene. Slike analyser kan gi en indikasjon på den samlede effekten av endringer i jordbruksdriften og eventuelle tiltak som er iverksatt i feltene.

Analysene viser få signifikante trender, hvilket kan være en følge av at flere av de mest effektive tiltak ble iverksatt før starten av de respektive overvåkingsperioder (Bechmann et al., 2007). Andre forhold av betydning kan være endringer i klimatiske forhold, så som temperaturendringer og endret nedbør- og avrenningsmønster (hyppighet, intensitet). Vannføring er derfor inkludert som forklaringsvariabel i analysen, slik at testen i større grad avdekker endringer som skyldes andre faktorer enn endringer i vannføring (jfr. metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Analysen er utført på både måneds- og årsverdier. Tabell 12 og Tabell 13 viser resultatene av testen for hhv. årsverdier og månedsverdier. Utvikling i tap gjennom overvåkingsperioden er vist i Figur 24 for nitrogen og Figur 26 for suspendert stoff og fosfor (kapittel 7).

Tabell 12. Statistisk test av endringer i konsentrasjoner og tap i JOVA-felt gjennom de respektive overvåkingsperioder basert på årsverdier.

Nedbørtfelt	Periode	Q	N-tap	P-tap	SS-tap	N- kons	P-kons	SS-kons
Skuterud	1993-2007	0	0	0	-	0	0	-
Mørdre	1991-2007	0	0	0	++	0	0	++
Kolstad	1991-2007	0	0	0	+	0	0	+
Hotran	1992-2007	0	+	0	0	+	0	0
Naurstad	1994-2007	0	0	0	0	0	0	0
Skas-Heigre	1995-2007	0	0	+	0	0	0	0
Volbu	1993-2007	0	0	0	0	0	0	0
Vasshaglona	1998-2007	-	0	0	0	0	0	0

-- Signifikant nedadg. trend ($p < 0,05$)

- Nedadg. ikke signifikant ($0,05 < p < 0,2$)

++ Signifikant oppadg. trend ($p < 0,05$)

+ Oppadg. ikke signifikant ($0,05 < p < 0,2$)

0 Ingen trend

Tabell 13. Statistisk test av endringer i konsentrasjoner og tap i JOVA-felt gjennom de respektive overvåkingsperioder basert på månedsv verdier.

Nedbørtfelt	Periode	Q	N-tap	P-tap	SS-tap	N- kons	P-kons	SS-kons
Skuterud	1993-2007	0	0	0	-	0	0	--
Mørdre	1991-2007	+	0	0	++	0	-	++
Kolstad	1991-2007	0	+	+	++	0	0	++
Hotran	1992-2007	-	+	0	+	+	0	+
Naurstad	1994-2007	0	+	0	0	+	0	0
Skas-Heigre	1995-2007	0	+	0	+	0	+	+
Volbu	1993-2007	0	-	-	0	0	0	0
Vasshaglona	1998-2007	--	0	-	--	0	-	-

-- Signifikant nedadg. trend ($p < 0,05$)

- Nedadg. ikke signifikant ($0,05 < p < 0,2$)

++ Signifikant oppadg. trend ($p < 0,05$)

+ Oppadg. ikke signifikant ($0,05 < p < 0,2$)

0 Ingen trend

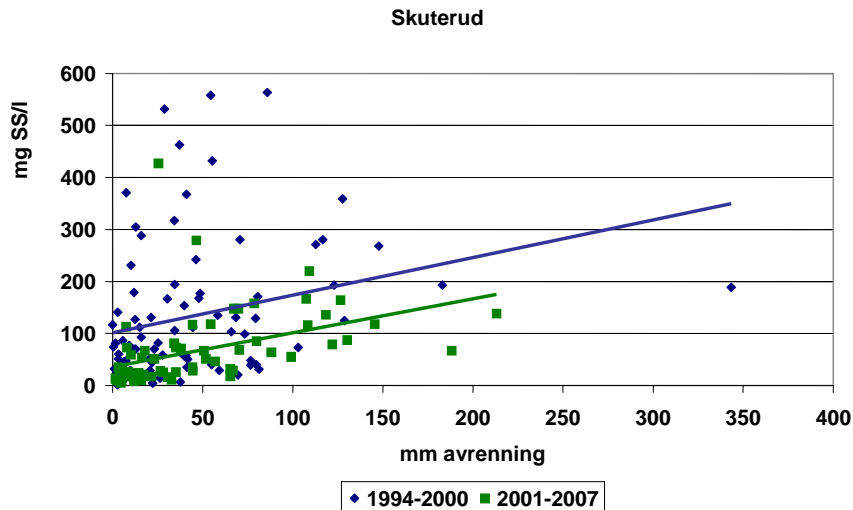
8.1 Trender i nitrogenavrenning

Analysene viser ingen signifikante trender i konsentrasjoner og tap av nitrogen. Analyse basert på månedsv verdier viser en tendens til reduserte nitrogentap i Volbu, men denne trenden er ikke statistisk signifikant ($P > 0,05$). Det er i hovedsak en reduksjon i nitrogentap gjennom vekstsesongen som gir en reduksjon i nitrogentap over år. Redusert nitrogengjødsling og tilplanting med skog på enkelte skifter antas å ha bidratt til redusert nitrogentap.

8.2 Trender i erosjon og fosforavrenning

Konsentrasjoner av suspendert stoff i Skuterudbekken viser en signifikant nedadgående trend ($P < 0,05$) gjennom overvåkingsperioden ved analyse basert på månedsv verdier. Det er også for tap av suspendert stoff en nedadgående trend, men denne er ikke signifikant. Analysen basert på årsv verdier viser ikke-signifikante nedadgående trender. Det er særlig en signifikant nedgang i sommermånedene juni og juli ($p < 0,01$) som bidrar til den nedadgående trenden for konsentrasjoner av suspendert stoff. Fangdammen som ble etablert i år 2000 har bidratt til nedgangen i konsentrasjoner og tap av suspendert stoff. Fangdammen har siden målingene ved innløpet startet i 2002 vist en god effekt på retensjon av suspendert stoff, 45-62 % årlig, med unntak av 2006/07 hvor retensjonen kun var på 19 % (Pengerud et al. 2007). I tillegg har endring i jordarbeiding fra høstpløying til vårarbeiding og høstharving sannsynligvis bidratt til reduserte konsentrasjoner.

Figur 29 viser en nivåforskjell for konsentrasjonene hhv. før og etter etablering av fangdam i år 2000, dvs. at konsentrasjoner av suspendert stoff ved en gitt vannføring før etablering av fangdammen ligger noe over konsentrasjoner ved tilsvarende vannføring i senere år.



Figur 29. Konsentrasjoner av suspendert stoff (mg SS/l) i forhold til avrenning (mm) i Skuterudbekken. Blå trendlinje (øverst) for perioden 1994-2000, og grønn trendlinje (nederst) for perioden 2001-2007.

Analysene viser signifikant oppadgående trender for både konsentrasjoner og tap av suspendert stoff i Mørdre. Det er særlig månedene september, oktober og januar som bidrar til trendene. Økningen antas å komme som en følge av kraftige nedbørepisoder om høsten de senere år og ustabile vintre med flere fryse-/tineepisoder. Tapene i Mørdre var spesielt høye i 2000/01 på grunn av en svært nedbørrik høst, og i 2005/06 og 2006/07. Det er allikevel noe usikkerhet knyttet til hva som har medført en så betydelig økning i tap de senere år, da det har vært gjennomført flere ulike erosjonshindrende tiltak i feltet, deriblant en klar reduksjon i høstpløyd areal og økning i areal med fangvekst de senere år (jfr. Figur 15). Det er satt i gang undersøkelser for å finne ut om erosjon i bekkeskråninger eller fyllings- og gravearbeid i feltet kan ha bidratt til de økte tapene.

For Mørdrebekken viser fosforkonsentrasjonen, i motsetning til konsentrasjoner av suspendert stoff, en nedadgående trend (ikke signifikant). De motsatte trendene for suspendert stoff og fosfor skyldes punktutslipp som ga høye konsentrasjoner av løst fosfat i tidlige år av overvåkingsperioden. Disse punktutslippene hadde særlig betydning i perioder med lav vannføring, bl.a. om sommeren og i vintermånedene januar og februar.

I Kolstad er det en signifikant oppadgående trend for både konsentrasjoner og tap av suspendert stoff. Det er månedene oktober, november, februar og april som bidrar mest til den økende trenden. På tross av en økning i tap av suspendert stoff i Kolstad, er disse jevnt over svært lave sammenliknet med andre kornfelt. Det var også her en klar økning i tap av suspendert stoff høsten 2000, men tapene var allikevel betydelig under det som ble målt i andre felt.

Tap av suspendert stoff i Vasshaglona viser en signifikant nedadgående trend gjennom overvåkingsperioden. Det er også en tendens til reduserte konsentrasjoner av suspendert stoff, og reduserte fosforkonsentrasjoner og fosfortap. Nedgangen i tap av suspendert stoff skyldes i stor grad svært høye tap i 2000/01, og veldig lave tap de senere år. Det er spesielt i vinter- og snøsmeltingsperioden (januar-april) at det har vært en betydelig reduksjon i tap av suspendert stoff i feltet. Det er vanskelig å forklare denne klare nedgangen i tap, da det ikke har blitt registrert større driftsendringer i feltet de senere år. Det har vært noe nedgang i potetareal og noe økning i grønnsaks- og engareal, men i relativt lite omfang. Det er usikkerhet knyttet til vannbalansen i feltet (jfr. kapittel 6.2), og det er følgelig uklart i hvilken grad dette påvirker de målte konsentrasjoner og de beregnede tapene fra feltet.

Resultatene fra trendanalysen viser få signifikante trender i konsentrasjoner og tap av nitrogen, suspendert stoff og fosfor i overvåkningsfeltene. Årsakene kan være at det gjennomføres tiltak og endringer i driftspraksis som i visse tilfeller kan motvirke hverandre. Videre er nedbørfelt komplekse system, hvor en rekke faktorer kan variere innen og mellom år og ha en innvirkning på avrenning, konsentrasjoner og tap. Trendanalyser som tar høyde for endringer i vannføring vil allikevel kunne gi en indikasjon på den samlede effekten av tiltak og driftsendringer.

9. Fosformodell

Det er et generelt behov for enkle fosformodeller som kan beregne fosfortap fra jordbruksarealer i ulike deler av landet. I områder med erosjon som dominerende transportprosess for fosfor kan beregninger i stor grad baseres på erosjonsrisikokart og det utviklede modellverktøyet *GIS-avrenning* (Turtumøygard og Grønlund 2001). Det er spesielt på Østlandet at GIS-avrenning har vært brukt i tiltaksanalyser for å kunne vurdere fosfortilførsler ved dagens drift og ved gjennomføring av ulike tiltakspakker. I områder med stor husdyrtetthet er derimot GIS-avrenning ikke tilstrekkelig til å få frem effekter av viktige tiltak knyttet til reduserte fosfortilførsler. I anledning av at fosfortilstanden (P-AL) nå er karlagt i JOVA-feltene er det nå mulig å se på hva denne kan ha av betydning for fosfortapene. Uhlen (1989) fant i lysimeterforsøk med eng at P-AL var av betydning for tap i overflateavrenningen, men ikke signifikant på 5 % nivå. Fosfor bindes i liten grad i organisk jord, slik at også arealandelen med myrjord ble tatt med i analysen.

Dataanalysen er gjort i form av multivariat regresjonsanalyse for årlige avrenningstap i JOVA-feltene. Alle nedbørfelt som har vært med i overvåkingsprogrammet i kortere eller lengre perioder er inkludert.

I analysen er det kun inkludert variabler som også er tilgjengelige på nedbørfelt nivå utenfor JOVA-feltene. Disse omfatter data for jordens fosforstatus (P-AL), areal med dyrka torv og myr, og erosjonsrisiko målt som tap av suspendert stoff (Tabell 14).

Tabell 14. Oversikt over nedbørfelt og variabler benyttet i regresjonsanalyse for fosfortap.

Felt	P-AL (mg/100 g)	Areal med torv og myr (% av dyrka mark)*	SS-tap (kg/daa jordbruksareal)	TP-tap (g/daa jordbruksareal)	Måleperiode
Skuterud	7,6	10	121	220	1993-2007
Mørdre	10,7	10	147	183	1991-2007
Vandsemb	15,3	0	48	103	1992-2005
Kolstad	11,4	0	17	49	1991-2007
Bye	6	0	22	27	1990-2007
Rømua	8,3	5	98	164	1985-2001
Grimestad	11,7	40	375	673	1990-2001
Naurstad	8,4	85	88	417	1994-2007
Hotran	10	25	292	395	1992-2007
Time	20,9	10	10	136	1992-2007
Volbu	11,9	10	8	38	1993-2007
Vasshaglona	25,1	20	223	958	1998-2007
Skas-Heigre	17,1	55	12	120	1995-2007

(SS; 2003-2007)

* Anslåtte verdier

Dataanalysen er utført i statistikkprogrammet R (Ross et al. 1996) og gir følgende ligning:

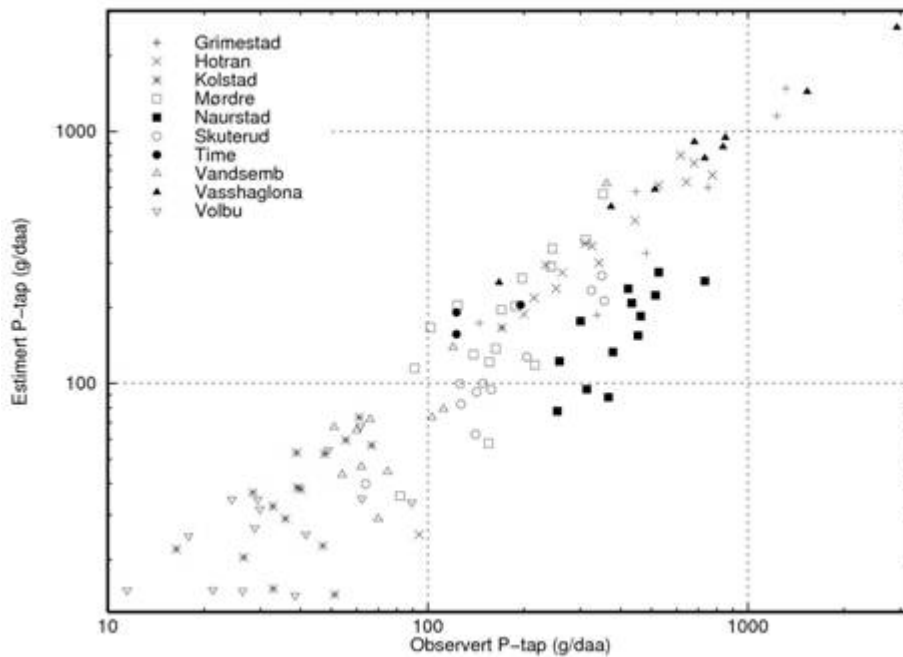
$$P\text{-tap} = 0,01 Q * P\text{-AL} + 0,12 SS * P\text{-AL} - 14,5$$

Hvor;

- P-tap er årlig totalt fosfortap i g/daa jordbruksareal
- P-AL er jordens fosforstatus i mg/100g jord
- Q er avrenning i mm/år
- SS er tap av suspendert stoff i kg/daa jordbruksareal

Andelen organisk jord hadde ingen betydning for fosfortapet. Begge leddene, Q * P-AL og SS * P-AL, er signifikante på 0,1 % nivå.

Sammenhengen er god med $R^2 = 0,95$. Figur 30 viser sammenhengen mellom målt fosfortap i feltene og fosfortap estimert med regresjonsmodellen. Det ser ut til at modellen underestimerer tapene i Naurstad (Bodø) og Volbu (Øystre Slidre). Det kan ha noe å gjøre med at en større andel av avrenning i disse feltene er snøsmelting. For de øvrige feltene ser det ut til at modellen estimerer fosfortapene rimelig bra.



Figur 30. Sammenheng mellom målt fosfortap i feltene og fosfortap estimert med regresjonsmodellen.

10. Referanser

- Bechmann, M., J. Deelstra, P. Stålnacke, H.O. Eggestad, L. Øygarden og A. Pengerud. 2007. Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway: policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrient and sediment losses. *Environ. Sci. Policy* 11 (2008): 102-114.
- Deelstra J. og L. Øygarden. 1998. Measurement of runoff. In: Øygarden L. & P. Botterweg (eds.), *Measuring runoff and nutrient loss from agricultural land in Nordic countries*. TemaNord, Nordic Council of Ministers, s. 13-26.
- Deelstra J., N. Vagstad og L. Øygarden. 1998. Sampling technique and strategy. In: Øygarden L. & P. Botterweg (eds.), *Measuring runoff and nutrient loss from agricultural land in Nordic countries*. TemaNord, Nordic Council of Ministers. s. 27-35.
- Deelstra, J., H.O. Eggestad, A. Iital og V. Janson. 2007. A hydrological characterisation of catchments. *Bioforsk Rapport 2* (53).
- Libiseller, C. og A. Grimvall. 2002. Performance of Partial Mann-Kendall Test for Trend Detection in the Presence of Covariates. *Environmetrics* 13: 71-84.
- Pengerud, A., M. Bechmann, J. Deelstra, H.O. Eggestad, K. Haarstad, G.H. Ludvigsen, G. Tveiti, L. Øygarden, O. Lode, G. Fystro, P. Nerjordet, O. Hetland, E. Stubhaug, L-I. Dreyer, P.M. Hansen, S. Selnes, P.O. Westbye, Å. Molversmyr, L.I. Paulsen og O.K. Fladby. 2007. *Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA)*. Feltrapporter fra programmet i 2006. *Bioforsk Rapport 2* (130). 347 s.
- Ross, I. og R. Gentleman. 1996. R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5 (3): 299-314.
- Stålnacke, P. og A. Grimvall. 2000. Hydrological normalization of nutrient deliveries from agricultural catchments. *Reviewed Proceedings from Eleventh Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture*, Kansas State University, s. 145-155.
- Turtumøygard, S. og A. Grønlund. 2001. GIS avrenning. Beregningsmodell for erosjon fra landbruksarealer. *Jordforsk rapport 48/2001*. 16 s.
- Uhlen, G. 1989. Surface runoff losses of phosphorus and other nutrient elements from fertilized grassland. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3: 47-55.
- Vandsemb, S. 2006. Kvantifisering av tap av nitrogen, fosfor og erosjon fra ikke-jordbruksarealer i JOVA-programmet (*Jord og vannovervåking i landbruket*) - Fokus på utmarksavrenning. *Bioforsk Rapport 1*(56). 50 s.

11. Vedlegg

Vedlegg	Emne
1	Metode for statistisk test av trender i erosjon og næringsstofftap
2	Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til JOVA-programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2000-2007

Vedlegg 1.

Metode for statistisk test av trender i erosjon og næringsstofftap

Det er utviklet flere statistiske prosedyrer for å skille tilfeldige svingninger i miljøkvalitet fra mer persistente endringer over tid. I denne analysen ble en ikke-parametrisk Mann-Kendall test benyttet; Partial Mann-Kendall (PMK; Libiseller og Grimvall, 2002). Slike tester er mye benyttet i miljøforskning fordi de er enkle, robuste og kan håndtere manglende verdier og verdier under en deteksjonsgrense.

Trendanalysen er utført basert på henholdsvis måneds- og årsverdier. Ved analyse basert på månedsverdier tas det høyde for sesongvariasjoner, og analysen vil gi en indikasjon på hvilke måneder som bidrar mest til den eksisterende trend i feltet. Stor variasjon innen enkeltår, eller stor variasjon for en enkeltmåned mellom år, vil allikevel kunne skjule en eventuell eksisterende trend over tid. I så tilfelle kan analysen basert på månedsverdier gi et noe feilaktig bilde på den reelle utviklingen i feltene. Trendanalyse er derfor også utført på årsverdier for å se om dette gir et annet bilde på utviklingen i feltene.

Avrenningsforhold varierer innen og mellom år og forårsaker naturlige svingninger i konsentrasjoner og tap, noe som gjør det vanskelig å skille eventuelle effekter og trender som skyldes tiltak fra de trender som i hovedsak er forårsaket av endringer i avrenningsforhold (Stålnacke og Grimvall, 2000). Vannføring er derfor inkludert som forklaringsvariabel i analysen, slik at det blir tatt høyde for variasjoner og endringer i vannføringsmengde gjennom perioden. Analysen vil allikevel ikke fange opp endringer i intensitet og hyppighet av avrenningsepisoder innen hver enkelt sesong, da det kun benyttes aggregerte måneds-/årstotaler som grunnlagsdata. En svakhet ved analysen er at alle måneder/sesonger vektet likt, slik at en eventuell trend i måneder med høy avrenning vektet tilsvarende en trend i en måned med betydelig lavere avrenning.

For konsentrasjoner er det tatt utgangspunkt i måneds-/årsmiddel for å utjevne eventuelle tilfeldige variasjoner mellom enkeltprøver innenfor hver måned/år. For avrenning og tap er det tatt utgangspunkt i måneds-/årstotaler. Signifikansnivået er satt til 0,05. Enkelte ikke-signifikante trender ($0,05 < P < 0,20$) er også diskutert.

Vedlegg 2.

Et utvalg relevante publikasjoner utgitt i tilknytning til JOVA-programmet (erosjon og næringsstoff) i perioden 2000-2007

2000:

Bechmann, M. and S. Vandsemb, 2000. Nitrogen and Phosphorus Balances at catchment and field scale. The influence on runoff of nutrients. Jordforsk rapport 109/00.

Bechmann, M., 2000. The influence of agricultural practices, soil properties and erosion on P losses at catchment scale in Norway. Jordforsk rapport 110/00.

Deelstra, J., M. Bechmann and S.H. Kværnø, 2000. SOIL/SOILN_NO as a tool for assessing diffuse nitrogen losses at catchment scale. Jordforsk rapport 105/00.

Eggestad, H.O., 2000. Nitrogenavrenning - en statistisk analyse basert på norske lysimeterforsøk. Jordforsk rapport 114/00.

Kløve, B., J. Deelstra and S. Kværnø. 2000. Hydrological characteristics of four agricultural catchments in relation to nutrient and suspended solid loads. Jordforsk rapport 107/00

Stålnacke, P. and M. Bechmann. 2000. Temporal trends in nutrient runoff and erosion from agricultural catchments in Norway. Jordforsk rapport 95/00

Stålnacke, P. A. Grønlund, M. Bechmann, H. Riley, B. Hoel and A. Øverli, 2000. Soil mineral-N content in agricultural soils in south-east Norway and the relationships with field characteristics. Jordforsk rapport 84/00.

2001:

Bechmann, M., 2001. Effects of extreme weather conditions on P losses at catchment scale. Soil Science 34(2).

Berge, D., S.Vandsemb and M. Bechmann, 2002. JOVÅ-Overvåking av jordbrukspåvirkede innsjøer 2000. Tiltaksgjennomføring, vannkvalitetstilstand og -utvikling. NIVA rapport 4470 -2002, 96 s.

Eggestad, H.O., N. Vagstad and M. Bechmann 2001. Losses of Nitrogen and Phosphorus from Norwegian Agriculture to the OSPAR problem area. Jordforsk rapport 99/01.

Kværnø, S.H., Vandsemb, S.M., Deelstra, J., Bechmann, M. and H.O. Eggestad 2001. Effects of input data quality on simulated nitrogen losses. A case study with SOILNDB in the Mørdre catchment. Jordforsk rapport 92/01.

Vagstad, N. and J. Deelstra, 2001. Quantification, control and management of diffuse nutrient losses from agriculture. IN: Sepold, M (eds) Environmental Impact and Water Management in a catchment area perspective. Proceedings - 40 year anniversary of Institute of Environmental Engineering. Tallinn Technical University 103-112.

Øygarden, L., H.O. Eggestad and S.M. Vandsemb, 2001. Monitoring of soil erosion in the Agricultural Environmental Monitoring Programme (JOVÅ) in Norway. In: Kværnø, S.H. and L. Øygarden (eds). Book of abstract. International symposium on "Snowmelt erosion and related problems" 28- 30 mars, Oslo. Jordforsk report no 42/01. ISBN 82-7467-395-6 p. 45.

2002:

- Bechmann, M. and P.I. Våje, 2002. Monitoring erosion and nutrient losses from small basins representative of Norwegian agriculture. IAHS Publ. no. 273, 2002: 361-366.
- Deelstra, J. and M. Bechmann, 2002. SOIL and SOILN_NO at catchment scale: a case study of an agriculture dominated catchment. IAHS Publication no. 273: 195-200.
- Deelstra, J., M. Bechmann and S.H. Kværnø, 2002. SOIL and SOIL_NO at a catchment scale - a case study for an agriculture-dominated catchment. Water. Sci. Tec. 9-17.
- Haraldsen, T.K. and P. Stålnacke, 2002. Monitoring of agricultural catchments in the Nordic countries. Methods for water quality sampling and load estimation. Nordic Council of Ministers, Environment, APN 2002: 749. 65 pp.
- Vandsemb, S.M, and J. Deelstra, 2002. Losses of suspended solids, nitrogen and phosphorus from small agricultural catchments. Proceedings from the 6th International Conference on Diffuse Pollution, Amsterdam, Sept. 30-Oct. 4, 2002: 681-682.

2003:

- Eggestad, H.O., 2003. Værkarakteristika for JOVA-felter. Jordforsk rapport 45/03.
- Øygarden, L, R. Skjevdal, H.O. Eggestad og S. Vandsemb, 2003. Kartlegging av erosjonsformer i JOVÅ felt. Jordforsk rapport 12/03.
- Heatwaite, L., A. Sharpley and M. Bechmann, 2003. The conceptual basis for a decision support framework to assess the risk of phosphorous loss at the field scale across Europe. J. Plant Nutr. Soil Sci. 2003(166): 447-458.
- Kronvang B., M.Bechmann, M. Pedersen, N. Flynn, 2003. Phosphorus dynamics and export in streams draining micro-catchments: Development of empirical models. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 469-474.
- Lundekvam, H., E. Romstad and L. Øygarden, 2003. Agricultural policies in Norway and effects on soil erosion. Environmental Science & Policy 6(2003): 57-67.
- Øygarden, L, 2003. Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway. CATENA. Elsevier Science (50): 217-242.
- Øygarden, L., J. Deelstra, H.O. Eggestad and S.M. Vandsemb, 2003. Erosion and Sediment transport in agricultural catchments - the need for methods to trace sediment sources. IAHS Publication 283, 2003: 79-87.
- Øygarden, L., Eggestad, H.O., Vandsemb, S. and Skjevdal, R., 2003. Seasonal changes in soil erosion pattern and transport pathways in landscape. Cost action 623: "Soil Erosion and Global change ", final meeting and conference. Book of Abstracts and Field Guide, pp 63 -64. 6- 8 July. Budapest, Hungary.
- Withers, J.A., B. Uhlén, Chr. Stann and M. Bechmann, 2003. Incidental phosphorus losses - are the significant and can they be predicted? J. Plant Nutr. Sci. 166(2003): 459-468.

2004:

Kitterød, N.O. og H.O. Eggestad, 2004. Statistical analyses of specific runoff, concentrations of suspended solids, total phosphorus and total nitrogen from seven agricultural catchments in Norway. Jordforsk rapport 120/04.

Deelstra, J., S.H.Kværnø, H.O.Eggestad and L. Øgarden, 2004. Winter, runoff and nutrient losses in an agricultural dominated catchment in Norway. Nutrient management - European Experiences and Perspectives. Proceedings EWA Conferences, 28 - 29 September 2004, Amsterdam EWA 2004. ISBN 3-937758-30-5: 293 - 317.

Deelstra, J., S.Vandsemb, H.O. Eggestad, M. Bechmann and N. Vagstad, 2004. Monitoring and assessment of non-point source pollution in Norway. Proceedings National Water Quality Monitoring Conference, Chattanooga.

2005:

Deelstra, J., S.H. Kværnø, R. Skjevdal, S. Vandsemb, H.O. Eggestad og G.H. Ludvigsen, 2005. A general description of the Skuterud catchment. Jordforsk rapport 61/05.

Johansen. S. og R. Romstad, 2006. Overvåking av begroing i bekker i jordbruksområder i forbindelse med JOVA-programmet 2005. NIVA rapport 5163-2006.

Bechmann, M., 2005. The Phosphorus index tool for assessing phosphorus transfer from agricultural areas in Norway. Doctor Scientiarum Thesis 2005:24.

Bechmann, M., P.J.A. Kleinman, A.N. Sharpley and L.S. Saporito, 2005. Freeze-Thaw Effects on Phosphorus Loss in Runoff from Manured and Catch-Cropped Soils. *Journal of Environmental Quality* 34: 2301-2309.

Bechmann, M., T. Krogstad and A. Sharpley 2005. A phosphorus Index for Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant* 55: 205-213.

Bechmann, M.E., D. Berge, H.O. Eggestad and S.M. Vansemb, 2005. Phosphorus transfer from agricultural areas and its impact on the eutrophication of lakes - two long-term integrated studies from Norway. *Journal of Hydrology* 304 (2005) 238-250.

Bechmann, M. and P. Stålnacke, 2005. Effect of policy-induced measures on suspended sediments and total phosphorous concentrations from three Norwegian agricultural catchments. *Science of the Total Environment* 344(2005) 129-142.

Heathwaite, A.L., A. Sharpley, M. Bechmann and S.Rekolainen, 2005. Assessing the Risk and Magnitude of Agricultural Nonpoint Source Phosphorus Pollution. In: Sims, J.T. and A.N. Sharpley. *Phosphorus: Agriculture and the Environment*. Agronomy Monograph no. 46: 981-1019. 46: 981-1019.

Kronvang, B., M. Bechmann, H. Lundekvam, H. Behrendt, G. H. Rubæk, O. F. Schoumans, N. Syversen, H.E. Andersen, and C.C. Hoffmann, 2005. Phosphorus Losses from Agricultural Areas in River Basins: Effects and Uncertainties of Targeted Mitigation Measures. *Journal of Environmental Quality* 34:2129-2144.

Kværnø, S.H., H.O. Eggestad, M. Bechmann, J. Deelstra and Anne-Grete B. Blankenberg, 2005. The Nitrogen Index - a tool to reduce nitrogen losses from farm fields. Proceedings from NJF seminar no. 374. Is living water possible in agricultural areas? 30-31.

2006:

Vandsemb, S. 2006. Kvantifisering av tap av nitrogen, fosfor og erosjon fra ikke-jordbruksarealer i JOVA-programmet (Jord og vannovervåking i landbruket) - Fokus på utmarksavrenning. Bioforsk Rapport 1(56). 50 pp.

Øgaard, A.F., Bechmann, M & Eggestad, H.O. 2006. Gjødslingspraksis, anbefalinger og risiko for næringsstofftap. Resultater fra to nedbørfelt i JOVA-programmet. Bioforsk Rapport 1(25). 27 s

Bechmann, M. 2006. Fosforavrenning og vannforurensing fra grønnsakarealer. Bioforsk FOKUS 1(3): 22-23

Bechmann, M. 2006. Næringsstoffavrenning fra grønnsakarealer. Bioforsk FOKUS 1(3): 78-79

Bechmann, M. & Deelstra, J. 2006. Source areas of Phosphorus transfer in an agricultural catchment, south-eastern Norway. Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant science 56: 292-306

Deelstra, J. & Arvo, I. 2006. En hydrologisk karakteristikk av nedbørfelt basert på flashiness indeks. Proceedings XXIV Nordic Hydrological Conference NHP Report no. 49: 155 - 163

Deelstra, J. & Iital, A. 2006. The flashiness index and transport/retention of nutrients and suspended solids. Proceedings NJF Report Vol.2 No 5, 2006. p 62 - 69

Øygarden, L., Skjevdal, R., Bechmann, M. & Eggestad, H.O. 2006. GIS based soil erosion risk assessment - a tool for predicting soil loss with different management practices at catchment scale. Cost 634: On and off site effects of runoff and erosion. Book of Abstracts. 255 pp. Ed: Geocultural Park of Eastern Aegan. National and Kapodistrian University of Athens, International Institute of Geo.information Science and Earth Observation.

2007:

Bechmann, M., J. Deelstra, P. Stålnacke, H.O. Eggestad, L. Øygarden & A. Pengerud. 2007. Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway: policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrient and sediment losses. Environ. Sci. Policy 11 (2008): 102-114.