

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Vol. 5 Nr. 30 2010

Transport av jord og næringsstoffer i overflate- og grøftevann

Sammenstilling av resultater fra rutefelter og
småfelter i Norge

Sigrun H. Kværnø og Marianne Bechmann

Bioforsk Jord og Miljø Ås

www.bioforsk.no



Tittel/Title:

Transport av jord og næringsstoffer i overflate- og grøftevann.
 Sammenstilling av resultater fra rutefelter og småfelter i Norge

Forfatter(e)/Author(s):

Sigrun H. Kværnø og Marianne Bechmann

<i>Dato/Date:</i> 10.05.2010	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i>	<i>Saksnr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 5(30)/2010	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00618-3	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 76	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> 2

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i>	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Sigrun H. Kværnø
--------------------------------	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> Avrenning, drenering, grøfteavrenning, overflateavrenning, erosjon, jordtap, fosfortap, nitrogentap, jordsmonn, jordarbeiding Runoff, drainage, subsurface flow, surface runoff, erosion, soil loss, phosphorus loss, nitrogen loss, soil, tillage	<i>Fagområde/Field of work:</i> Vannkvalitet Water quality
--	--

Sammendrag:

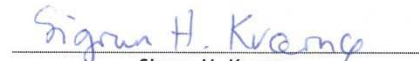
Kunnskap om hvordan vann, partikler (SS), fosfor (P) og nitrogen (N) fordeler seg på grøfte- og overflateavrenning i norske jordbruksarealer er nødvendig for å kunne si noe om effekter av tiltak mot landbruksforurensing. Denne rapporten presenterer en sammenstilling av data med lange måleserier for å øke forståelsen av transportveier og kvantifisere fordelingen mellom grøfte- og overflatevann. Data for ti småfelter og rutefelter med målinger av SS, P og N i avrenning i både grøfte- og overflatevann over en lengre tidsperiode er sammenstilt. Feltene ligger i Trøndelag og på Østlandet, og har varierende størrelse, topografi, jordsmonn, dreneringsintensitet, klima og drift. I middel over feltenes totale måleperiode skjedde 47-91 % av avrenningen via grøftene. Fordeling av N-tap var nært knyttet til fordeling av vann, og 68-97 % av N-tapet skjedde via grøftene. For SS- og P-tap var variasjonen mellom felter stor: 5-95 % av SS-tapet skjedde via grøftene, og 11-91 % av P-tapet. I tillegg er variasjon mellom år og sesongvariasjon innen enkeltfelter diskutert, samt effekter av jordarbeiding, vekst og gjødsling.

<i>Land/Country:</i> <i>Fylke/County:</i> <i>Kommune/Municipality:</i> <i>Sted/Lokalitet:</i>	Norge Oppland, Hedmark, Akershus, Østfold, Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag Østre Toten, Ringsaker, Nes, Ullensaker, Ås, Askim, Stjørdal, Trondheim Bye, Apelsvoll, Vandsemb, Loding, Holt, Syverud, Enerstujordet, Askim, Kvithamar, Skjetlein
--	---

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader


Marianne Bechmann


Sigrun H. Kværnø

Forord

Denne rapporten er utarbeidet innenfor rammene av midler til kunnskapsutvikling tildelt av Landbruks- og matdepartementet til prioriterte temaer for å utvikle det faglige grunnlaget for forvaltningens virksomhet. Det er identifisert behov for økt kunnskap om betydningen av avrenning via drenggrøfter i forhold til avrenning via overflatevann, og i denne rapporten forsøker vi å belyse dette temaet gjennom å gjøre en sammenstilling av eksisterende datamateriale fra ulike områder i Norge.

Rapporten baserer seg på tilgjengelige data fra ulike norske undersøkelser gjennomført i perioden fra 1984-2009. Det er stort sett brukt data som er tilgjengelige i rapporter eller andre lett tilgjengelige kilder, men for felt der det var mulig, er det hentet inn mer detaljerte opplysninger. Rapporten vil evt. bli oppdatert etter hvert som flere data blir tilgjengelige. Vi takker alle som har bidratt med tilleggsinformasjon, mer data og fotografier fra ulike felter: Audun Korsæth, Trond Knapp Haraldsen, Trond Børresen, Hugh Riley, Lillian Øygarden og Hans Olav Eggestad. Hans Olav Eggestad har også stått for tilrettelegging og kvalitetssikring av data fra program for Jord- og vannovervåking (JOVA).

Summary

Knowledge about the partitioning of water, particles (SS), phosphorus (P) and nitrogen (N) on surface runoff and subsurface drainage in agricultural areas in Norway is necessary for quantifying effects of measures against agricultural pollution. The most important sources for information about this are long-term measurements in various areas. The purpose of this report is to summarize these data in order to increase the understanding of and quantify pathways for water flow and nutrient transport. Here we present data for ten small catchments and lysimeters where SS, P and N have been measured in both surface and drainage water for a more or less prolonged period of time. The sites are located in middle and southeast Norway, and have varying size, topography, soils, drainage intensities, climatic conditions and management. Four of the sites are artificially levelled. The main focus is on average conditions over the entire measurement periods, but variability between and within years and effects of tillage, crops and fertilizer use is also included.

Runoff varied between 169 and 607 mm/yr. Precipitation and runoff was lowest in Bye and Apelsvoll, located inland near lake Mjøsa, and highest in Skjetlein and Kvithamar in coastal mid-Norway. Measured runoff was 28 - 66 % of the precipitation. 50-90 % of the runoff was through the drains. Apelsvoll and Bye had the highest proportion of drainage (ca. 90 %) because of low precipitation and light soil with high organic matter content and relatively high infiltration capacity. The proportion of drainage was lowest (50-65 %) in the artificially levelled sites Lodding 106/107, Holt and Askim, because of poor soil structure and low infiltration capacity. Unlevelled sites on marine deposits had 70-90 % drainage. The variation between these sites resulted from differences in e.g. slope (degrees and length), soil, climate, length of measurement periods and management.

All sites had soil loss with both surface and subsurface runoff. Average soil loss varied between approximately 30 kg SS/ha/yr (Apelsvoll) and 4000 kg/ha/yr (Askim). The levelled sites had the highest soil losses (>2000 kg SS/ha/år), and 20-50 % was through the drainage system. In the unlevelled sites on marine deposits in south-east Norway, 30-50 % of the soil loss was through the drains, while in the unlevelled sites in mid-Norway the proportion to drains was more than 90 %. Significant amounts of soil loss through the drains in both levelled and unlevelled soils can be attributed to transport in macropores, particularly biopores in the unlevelled soils and cracks in the levelled soils. In the morainic soils near Mjøsa, soil losses were generally low. However, the long time series at Bye included several extreme episodes with high particle concentrations in surface runoff.

P-losses varied between 200-5000 g TP/ha/yr. The difference in P-losses between sites partly reflected the differences in soil losses: lowest P-loss from the morainic soils (240-310 g TP/ha/yr) and highest P-losses from levelled soil in Askim (5 kg TP/ha/yr). The proportion of P-losses to drains varied a lot between the different sites, and constituted 10-90 % of the total P-losses. There were two groups of sites with high P-losses: the levelled sites, with higher P-losses in surface runoff (53-79 %) than in drains, and levelled sites with manure application (Enerstujordet, Kvithamar and Skjetlein), with higher P-losses through drains (74-91 %). Sites with low P-losses also fell into two groups: marine and morainic loam soils without manure application (Bye and Syverud) had a proportion to drains of 10-36 %, while the partly levelled Vandsemb catchment and the morainic loam soil at Apelsvoll, both with manure application, had a proportion to drains of 50-60 %.

N-losses varied between 14 and 48 kg/ha/yr. Losses were highest in unlevelled sites with low to moderate precipitation and runoff amounts, and lowest in unlevelled sites in mid-Norway, where

precipitation was highest. Differences in fertilizer levels and denitrification potential were possible explanations. The proportion of N-losses through the drains showed less variation than for soil and P-losses. In all unlevelled sites and in partly levelled Vandsemb, 90 % of N was lost through the drains. Levelled sites had a lower proportion to drains (68-88 %) because of a higher proportion of surface runoff and probably slower subsurface water flow due to low permeability, leaving the mobile N in the soil matrix less exposed to leaching.

The effects of management were generally not easily quantified using the studied data material, except for differences between spring and autumn tillage. Compared to autumn tillage, spring tillage lead to 1) increased surface runoff in unlevelled sites because of lower infiltration capacity in autumn and winter, and decreased surface runoff in levelled sites due to protection against structural breakdown, 2) lower soil losses and particle concentrations in all sites, in both surface and subsurface runoff, with largest reductions on levelled soil, 3) mostly lower P-concentrations and P-losses, corresponding to lower soil losses, 4) mostly lower N-concentrations and N-losses, possibly due to hampering mineralization in autumn, and 5) the relative effect was usually higher for losses with surface runoff than for losses through the drains.

The available information on surface and subsurface runoff in this report gives an overview over transport pathways in tile drained soils in Norway and their variability in relation to differences in soils, landscape, climate, and soil management. The report describes a comprehensive database, however to be able to explain the processes causing soil and nutrient losses, and to use the data for model calibration, further data on hydrology, soil chemistry and soil physics for each site are needed.

Innhold

1.	Introduksjon.....	6
2.	Materialer og metoder	7
2.1	Feltegenskaper.....	7
2.2	Datagrunnlaget	14
3.	Resultater og diskusjon	15
3.1	Avrenning	15
3.2	Jordtap	23
3.3	Fosfortap.....	31
3.4	Nitrogentap.....	37
3.5	Variasjon mellom år	41
3.6	Effekter av jordarbeiding, vekst og gjødsling	54
3.6.1	Jordarbeiding	54
3.6.2	Vekst.....	63
3.6.3	Gjødsling og kombinasjonseffekter	65
4.	Oppsummering og konklusjoner	70
5.	Referanser.....	73
6.	Vedlegg	76
	Vedlegg 1: Oversikt over vekster, jordarbeiding og gjødsling på rutefeltene	77
	Vedlegg 2: Samlede statistiske data for enkeltfelter, beregnet for komplette tidsserier.	82

1. Introduksjon

I mange norske jordbruksområder er hydrologien, og dermed transportveiene for jord og næringsstoffer, sterkt påvirket av systematisk grøfting (drenering). Grøfting er særlig gjennomført i områder med marin leire og myrjord, men forekommer også på lettere jordarter. Grøfting gjøres for å holde stabilt lav grunnvannsstand, som sikrer raskere opptørring av jorda, tidligere våronn, bedre avlinger og mindre overflateavrenning. Det er kjent at jordpartikler, P og N kan tapes både gjennom grøftesystemet og via overflateavrenning, men hvordan disse stoffene fordeler seg på de to strømningsveiene er i liten grad tallfestet. I rapporten "Vanndirektivet - Behov for kunnskap, Kompetanse og Kapasitet" (Thaulow og Solheim, 2009) ble det identifisert behov for økt kunnskap om betydningen av avrenning via drengrofter i forhold til avrenning via overflatevann. De viktigste kildene til informasjon om dette er lengre måleserier i ulike ruteforsøk og småfelter, gjennomført av Bioforsk og av Institutt for Plante- og Miljøvitenskap ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap. Resultater fra disse undersøkelsene har vært presentert i ulike publikasjoner tidligere. Formålet med denne rapporten er å gjøre en sammenstilling av disse dataene for å øke forståelsen av transportveier og gi en best mulig kvantifisering av fordelingen mellom grøfte- og overflatevann på norske jordbruksarealer. Sammenstillingen vil bli brukt videre til blant annet utvikling av modellverktøy for tiltaksanalyse og til kalibrering av dynamiske modeller. Vi presenterer her data for ti småfelter og rutefelter der målinger av partikler, fosfor (P)- og nitrogen (N) i avrenning har blitt foretatt i både grøfte- og overflatevann over en lengre tidsperiode. Feltene ligger i Trøndelag og på Østlandet. Det er tatt med effekter av ulike driftsformer/ dyrkingssystemer der det fins tilgjengelig data.

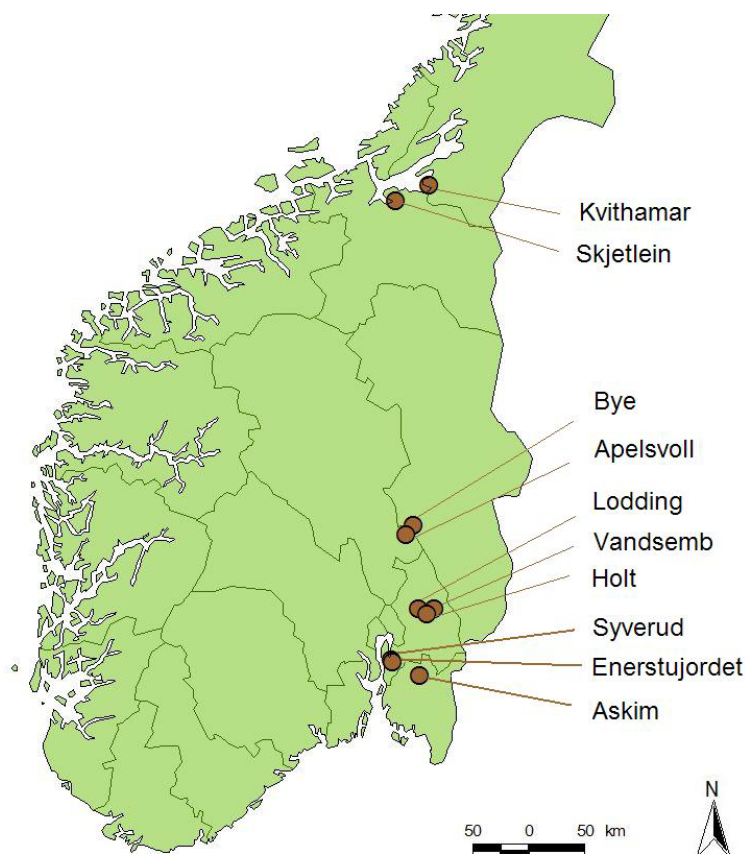


Figur 1. Grøftevann med høy konsentrasjon av jordpartikler, i nedbørfeltet Lodding på Romerike (Foto: L. Øygarden, Bioforsk).

2. Materialer og metoder

2.1 Feltegenskaper

Vi ser i denne rapporten hovedsakelig på 10 felter i Sørøst- og Midt-Norge: Kvithamar og Skjetlein ligger i kystnære strøk i Trøndelag; Kvithamar i Stjørdalsvassdraget, Skjetlein i Gaulavassdraget. Bye og Apelsvoll ligger nær Mjøsa i Hedmark og Oppland. Vandsemb, Holt og Lodding småfelt nr 106/107 i det større nedbørfeltet Lodding ligger på øvre Romerike i Akershus, i vannområde Øyeren. Askim (Sekkelsten) ligger i indre Østfold, i vannområde Glomma sør for Øyeren. Syverud og Enerstujordet ligger i Ås i Akershus, i vannområde Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Beliggenhet av feltene er vist i Figur 2, og flyfoto av hvert felt med feltgrenser inntegnet er vist i Figur 4 til Figur 13. Det er to typer felter (Figur 3): Småfeltene er naturlige avgrensede nedbørfelter som vanligvis utgjør en del av et større skifte. Bye, Holt, Vandsemb, Lodding 106/107 og Enerstujordet er småfelter, de varierer i størrelse fra 0,86 til 9 hektar. Rutefeltene (noen ganger kalt lysimeter) består av flere rektangulære ruter som behandles på forskjellig måte for sammenlikning av ulike driftspraksis (se vedlegg 1 for detaljer). Enkeltrutene er betydelig mindre enn småfeltene, og måler her mellom 0,0075 og 0,3 hektar. Apelsvoll, Askim, Syverud, Kvithamar og Skjetlein er rutefelter.



Figur 2. Sør- og Midt-Norge med beliggenhet av de 10 feltene som denne rapporten omhandler. ("Lodding" er mer spesifikt delfelt 106/107 innen Lodding hovedfelt).

Tabell 1. Generell informasjon om feltene. Referansene under viser til kildene data for avrenning, jord-, P- og N-tap er hentet fra.

Feltnavn	Kommune, fylke	Felttype	Størrelse	Måleperiode
Bye ¹	Ringsaker, He.	Småfelt	4 ha	1995-09
Apelsvoll ²	Østre Toten, Op.	12 ruter	0,18 ha (30×60 m)	1990-94, 2001-09
Vandsemb ¹	Nes, Ak.	Småfelt	5/ 6,5 ha	1992-05
Lodding106/107 ³	Ullensaker, Ak.	Småfelt	0,86 ha	1987-92
Holt ⁴	Ullensaker, Ak.	Småfelt	2,2/ 2,7 ha	1984-95
Askim ^{4,5}	Askim, Øs.	6 ruter	0,015/0,027 ha (6×24.5/44.5 m)	1987-00
Syverud ^{4,5}	Ås, Ak.	8-12 ruter	0,021 ha (7×30 m)	1992-00
Enerstujordet ⁴	Ås, Ak.	Småfelt	9 ha	1986-93
Kvithamar ⁶	Stjørdal, N.-Tr.	18 ruter	0,029 ha (8×36 m)	1990-94
Skjetlein ⁷	Trondheim, S.-Tr.	3 ruter	0,3 ha (30×100 m)	1991-97

¹ JOVA-basen ved Bioforsk, ² Eltun et al. (1996), Eltun og Fugleberg (1996), Korsæth (pers.medd.), ³ Øygarden et al. (1997), Øygarden (2000), ⁴ Lundekvam (1997), ⁵ Lundekvam (2001), ⁶ Oskarsen et al. 1996, ⁷ Haraldsen (1998), Haraldsen (upubl).



Figur 3. Øverst: Enerstujordet i Ås er et småfelt, dvs. et naturlig avgrenset nedbørfelt (Foto: S.H. Kværnø, Bioforsk). Nederst: Dyrkingssystemforsøket på Apelsvoll er et rutefelt.



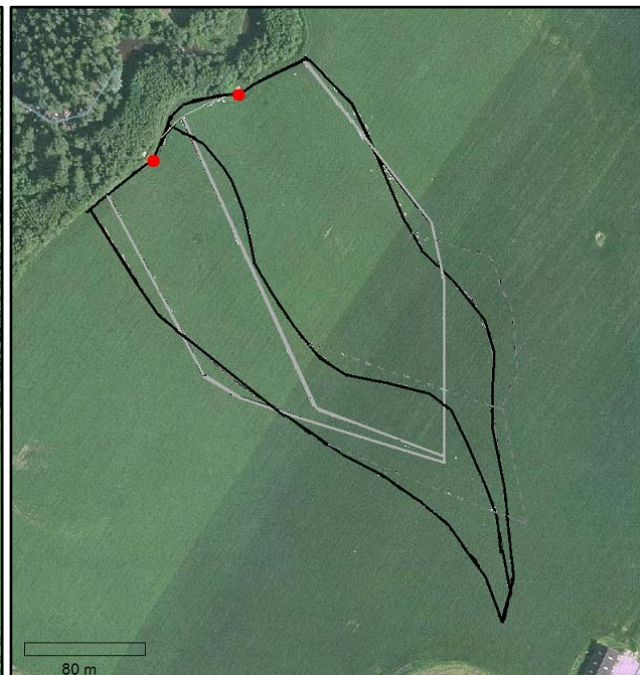
Figur 4. Bye i Ringsaker, Hedmark.



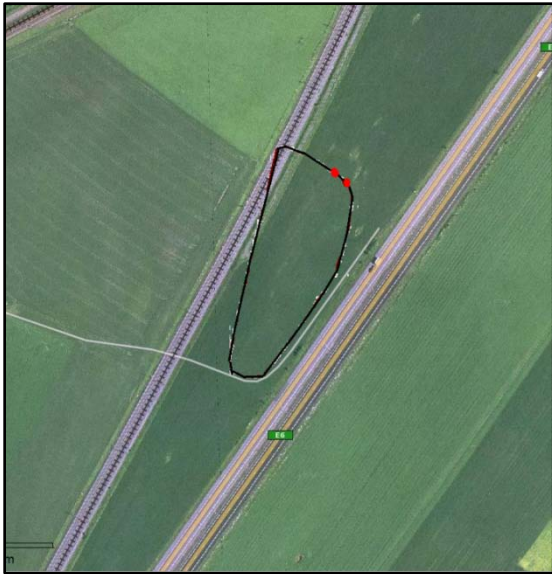
Figur 5. Apelsvoll i Østre Toten, Oppland.



Figur 6. Vandsemb i Nes, Akershus. Nedbørfelt for overflatevann er noe mindre enn og ligger innenfor den svarte linja, som representerer areal som dreneres av grøfter.



Figur 7. Holt i Ullensaker, Akershus. Svart linje representerer topografisk avgrenset nedbørfelt. Heltrukket grå linje er nedbørfelt for overflatevann modifisert ved jordarbeiding. Stiplet grå linje er areal som dreneres av grøfter. Kun resultater fra feltet til høyre ("Holt 1") er presentert i denne rapporten.



Figur 8. Lodding 106/107 i Ullensaker, Akershus. Nedbørfeltgrenser slik de så ut før omlegging av jernbanen.



Figur 9. Askim/Sekkelsten i Askim, Østfold.



Figur 10. Enerstujordet i Ås, Akershus.



Figur 11. Syverud i Ås, Akershus.



Figur 12. Kvithamar i Stjørdal, N.-Trøndelag. Figur 13. Skjetlein i Trondheim, S.-Trøndelag.

Opphavsmateriale og gjennomsnittlig kornfordeling, jordart og moldinnhold for matjordlag og undergrunnsjord i de ti feltene er presentert i Tabell 2. Bye og Apelsvoll har jordsmonn utviklet på morene, med teksturen leittleire i både matjordlag og undergrunn. På Apelsvoll er det også siltig sand i undergrunnsjorda noen steder. Resten av feltene har havavsetninger som opphavsmateriale. Jorda på Syverud og Enerstujordet på Ås har ifølge Lundekvam (1997) teksturen leittleire, men jordsmonnkart fra Norsk institutt for skog og landskap indikerer at teksturen på Enerstujordet er svært variabel, fra siltig sand til siltig mellomleire. På Kvithamar, Skjetlein, Askim, Lodding 106/107 og Holt er teksturen overveiende siltig mellomleire, mens på Vandsemb er det en flat slette med siltjord og en ravine med siltig mellomleire. Moldinnholdet i matjordlaget er lavt i de bakkeplanerte områdene (Vandsemb, Lodding 106/107, Holt og Askim), 1,9 - 2,6 %. De andre feltene har gjennomsnittlig moldinnhold i matjordlaget mellom 2,9 og 7,8 %.

Ifølge jordsmonnkart fra Norsk institutt for skog og landskap er jordsmonnet i feltene hovedsakelig klassifisert (etter World Reference Base for Soil Resources) i samleenheter Epistagnic Albeluvisols (Skjetlein, Enerstujordet), Endostagnic Albeluvisols (Syverud), Mollic Gleysols (Kvithamar), Luvic Stagnosols (Skjetlein, Kvithamar, Enerstujordet), Haplic Stagnosols (Vandsemb, Apelsvoll) og Endostagnic Phaeozems (Bye), samt planert jord (Vandsemb, Lodding 106/107, Holt, Askim). Alle disse jordtypene er karakterisert ved periodisk vannmetning innen 1 meters dybde på grunn av grunnvannspåvirkning (Gleysols) eller stagnerende overflatevann (Stagnosols og andre enheter med -stagnic i navnet på enheten, samt planert jord). Alle feltene har derfor hatt behov for grøfting. I rutefeltene har det blitt nygrøftet i forbindelse med at målinger ble satt i gang. Eventuelle tidligere generasjoner av grøfter har da blitt lukket. Opplysningene om dreneringsintensitet er ufullstendige, men det ser ut til at dreneringene ligger på mellom 0,6 og 1 meters dybde, med mellom 4 og 10 meters avstand (Tabell 3). Planering ble utført på 1950-tallet på Vandsemb, på 1970-tallet i Lodding 106/107 og på Holt, og på 1980-tallet i Askim (Tabell 3).

Feltenes helningsgrad varierer fra null til 20 %, og helningslengdene er opptil 300 m (Tabell 3). På Holt, Enerstujordet og Vandsemb møtes helningene i et veldefinert dalsøkk som fører til utløpet av feltet. På Vandsemb er det i tillegg til dalsøkket (ravinen) en flat slette. På Skjetlein er helningen bratt og flater ut mot målestasjonen. De andre feltene har relativt rette helninger.

Tabell 2. Opphavsmateriale (avsetninger) og jordegenskaper i matjordlag (M) og undergrunnsjord (U). Legg inn jordartstrekant? Lele = lettleire, Silele = siltig lettleire, SiMele = siltig mellomleire, Mele = mellomleire.

Felt navn	Avsetninger	Lag	Leir (%)	Silt (%)	Sand (%)	Jordart	Mold (%)
Bye ¹	Morene	M	20	44	37	Lele	4,0
		U	16	44	41	Lele	1,3
Apelsvoll ²	Morene	M	18	35	47	Lele	4,5
		U	15	35	50	Lele	0,5
Vandsemb ³	Hav/ flom	M	26/ 14	60/ 78	15/ 8	SiMele/ Silt	1,9/ 2,9
		U	39/ 2	53/ 61	8/ 37	SiMele/ Silt	0,7/ 0,3
Lodding 106/107 ⁴	Hav	M	29	64	7	SiMele	2,1
		U	35	61	4	SiMele	0,9
Holt ⁵	Hav	M	29	67	4	SiMele	2,6
		U	36	62	2	SiMele	0,9
Askim ^b	Hav	M	29	61	10	SiMele	1,9
		U	34	61	5	SiMele	1,0
Syverud ^b	Hav	M	23	49	28	Lele	5,5
		U	21	56	23	SiLele	1,4
Enerstujordet ^b	Hav	M	21	42	37	Lele	4,5
		U	28	44	28	Mele	1,2
Kvithamar ⁶	Hav	M	34	62	4	SiMele	7,8
		U	39	59	2	SiMele	0,6
Skjetlein ⁷	Hav	M	26	68	6	SiMele	3,0
		U	26	68	6	SiMele	1,5

¹ Riley (pers. medd.) - gjennomsnitt for 6 jordprofiler, ² Riley (pers. medd.), Riley og Eltun (1994) - gjennomsnitt for 24 profiler, ³ Sveistrup (upubl.) - gjennomsnitt av 2 profiler på leirjorda, ett profil på silt, ⁴ Øygarden et al. (2000) - gjennomsnitt for 13 profiler, ⁵ Lundekvam (1997), ⁶ Sveistrup (pers.medd.) - gjennomsnitt for 6 profiler, ⁷ Haraldsen (1991) - gjennomsnitt for 3 profiler.

Tabell 3. Topografi, bakkeplanering og drenering av feltene.

Felt navn	Helnings-grad (%)	Helnings-lengde (m)	Planert år	Drenert år	Grøftedyp (m)	Grøfteavstand (m)
Bye ¹	10	200	-	?	1	10
Apelsvoll ²	2-8	60	-	1988	1	7,5
Vandsemb ³	0-20	Kort	1950-tallet	1950-tallet	0,6 - 0,8	6 - 8
Lodding 106/107 ⁴	4-9	70-155	1978	1986	0,7 - 0,9	4
Holt ^b	8	Max 300	1974	1974	?	?
Askim ^b	13	24,5/44,5	1985	1986	?	4/ 8
Syverud ^b	13	30	-	1960-tallet	?	?
Enerstujordet ⁵	5	?	-	før 1965	?	?
Kvithamar ⁶	1-2	36	-	1989	1	8
Skjetlein ⁷	slak-15	100	-	1989	0,9	7

¹ Selnes et al. (2008), Riley (pers.medd.), ² Korsæth og Eltun (2008), ³ Bechmann (2005) ⁴ Øygarden et al. (1997), ⁵ Lundekvam (1997), ⁶ Myhr et al. (1996), ⁷ Haraldsen (1998), Haraldsen et al. (in prep.).

Tabell 4. Vekster, jordarbeiding (H = høst, V = vår, pl = pløying, ha = harving), bruk av husdyrgjødsel og P-AL-tall (mg/100 g jord) i jord på feltene.

Felt navn	Vekster	Jordarbeiding	Husdyrgj.	P-AL matjord	P-AL undergr.
Bye ¹	Korn, potet	Hpl + Vha	Nei	6	-
Apelsvoll ²	Korn, potet, eng, förvekst	Hpl, Vpl, Vha	Ja/ nei	7,7	-
Vandsemb ³	Korn, fangvekst	Vpl, Vha, Hpl	Ja	15	-
Lodding 106/107 ⁴	Korn, eng	Hpl, ingen	Nei	6	-
Holt ⁵	Korn, eng	Hpl	Nei	5	12
Askim ⁵	Korn	Hpl, Vha	Nei	7,5	9,1
Syverud ⁵	Korn, eng	Hpl, Vpl, Vha, Hha	Nei	6,4	1,7
Enerstujordet ⁵	Korn, potet, eng	Hpl, ?	Ja	13	3,7
Kvithamar ⁶	Korn	Hpl, Vpl	Ja/ nei	9,2	10
Skjetlein ⁷	Korn, fangvekst, eng	Hpl, Vpl, ingen	Ja	12	-

¹ JOVA-basen, ² Riley og Eltun (1994), Eltun et al. (1996), ³ JOVA-basen, ⁴ Øygarden (1989, 2000, pers.medd.), ⁵ Lundekvam (1997), ⁶ Myhr et al. (1996), ⁷ Haraldsen (1998).

Tabell 5. Gjennomsnittlig temperatur og sum nedbør for representative meteorologiske stasjoner, normaler (middel 1961-90) og for måleperiodene i hvert felt.

Stasjon (felt)	Temperatur (°C)		Nedbør (mm)	
	Normal	Måleperiode	Normal	Måleperiode
LMT Kise ¹ (Bye)	3,6	5,1	585	598
Østre Toten ² / LMT Apelsvoll ¹ (Apelsvoll)	3,6	4,3	600	634
Hvam-Tolvhus ² / LMT Udnes ¹ (Vandsemb)	4,0	5,1	665	710
Hvam-Tolvhus ² (Holt)	4,0	4,7	665	678
Gardermoen ² (Lodding 106/107)	3,8	5,0	862	883
Rygge ² / Igsi ² (Askim)	5,6	6,5	829	888
UMB Ås ³ (Syverud)	5,3	6,0	785	853
UMB Ås ³ (Enerstujordet)	5,3	6,0	785	843
Værnes ² / LMT Kvithamar ¹ (Kvithamar)	5,0	6,2	892	919
Klett-Skjetlein ² / LMT Skjetlein ¹ (Skjetlein)	4,2	4,7	835	927

¹ Landbruksmeteorologisk tjeneste, Bioforsk, ² Meteorologisk Institutt, ³ Institutt for realfag og teknologi, Universitetet for Miljø og Biovitenskap.

Opplysninger om drift på de ulike feltene er gitt i Tabell 4. På alle feltene har det vært dyrket vårkorn i måleperioden, på mange også eng og/eller potet. Høstpløying har forekommet på alle småfeltene, og på ledd i alle rutefeltene i enkelte år. Ellers forekommer også vårpløying, vår- og høstharving, og direktesåing. På noen rutefelter har man også eksperimentert med innblanding av halm eller bark. Noen felter har kun blitt tilført mineralgjødsel (Bye, Holt, Syverud, Askim, Lodding 106/107), andre også husdyrgjødsel. Tidspunkt (høst, vår, sommer) for spredning av husdyrgjødsel varierer. Syverud var tidligere beite, og har dermed ettervirkning av husdyrgjødsel. Kvithamar har et ledd uten tilført gjødsel. På Enerstujordet inkluderer nedbørfeltet for overflatevann en kirkegård, veier og litt skog i tillegg til dyrka mark. En forenklet oversikt over behandlingene på Apelsvoll, Kvithamar og Skjetlein er tatt med i vedlegg 1, se ellers Eltun og Fugleberg (1996), Korsæth (2008), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

Klimaet i feltene varierer fra tilnærmet kystklima i Ås, Askim og Trøndelag, til innlandsklima på øvre Romerike og i Hedmark og Oppland (Tabell 5). Skjetlein og Kvithamar har mest nedbør, rundt 900 mm i året, og Bye og Apelsvoll har minst, omtrent 600 mm. I alle feltene var temperatur og nedbør i måleperiodene høyere enn normalen.

I alle de beskrevne feltene har det vært automatisk registrering av overflate- og grøfteavrenning, og det har blitt tatt ut volumproporsjonale blandprøver for analyse av suspendert tørrstoff (SS), fosfor (P) og nitrogen (N). Hyppighet på vannprøvetaking har vært i gjennomsnitt tilnærmet daglig i Lodding 106/107, fjorten dager på Vandsemb, Bye, Askim, Syverud, Enerstujordet og Holt, og månedlig på Apelsvoll, Skjetlein og Kvithamar. Disse målingene er gjort over forskjellige tidsperioder for de ulike feltene (Tabell 1).

2.2 Datagrunnlaget

De resultatene som presenteres i det følgende er framkommet ved å bearbeide data fra feltene som er referert i Tabell 1. Dataene er hentet fra publikasjoner og fra JOVA-databasen ved Bioforsk. Dataene forelå stort sett som gjennomsnittsverdier over flere år, eller på årsbasis. For Bye, Vandsemb (begge fra JOVA-databasen) og delvis Apelsvoll forelå data på døgnbasis. Verdier for avrenning og tap eller konsentrasjoner av SS, P og N var oppgitt for kalenderår (1. januar til 31. desember) på Skjetlein, Lodding 106/107, Holt, Askim, Syverud og Enerstujordet, for agrohydrologisk år (1. mai til 30. april) i Bye, Apelsvoll 2001-08 og Vandsemb, og for hydrologisk år (1. oktober til 30. september) på Apelsvoll 1990-94 og Kvithamar.

Det er viktig å være klar over at det er visse usikkerheter knyttet til slike avrenningsmålinger som presenteres her. En del vann kan perkolere til grunnvann uten å fanges opp av grøftesystemet. Grunnvannsstand har vært registrert på Vandsemb, mens i de andre feltene er ikke informasjon om grunnvannsforholdene tilgjengelig. Vi har dermed ikke inkludert grunnvann i denne sammenstillingen. Videre er det slik at i noen av ruteforsøkene har gamle grøfter blitt tettet og nye installert, men noe lekkasje gjennom de gamle grøftene kan forekomme. Det kan også være usikkerheter knyttet til vannstrømning inn i feltene fra utenforliggende områder, eventuelt uklar avgrensning av feltene. Betydning og forekomst av laterale strømninger i feltene er ukjent.

På grunn av ulike måleperioder og størrelser på feltene blir resultatene ikke direkte sammenliknbare, men oppsummerer hele datamaterialet og den samlede kunnskapen som finnes. Man vil kunne si noe om "de store linjene" i hvert felt og forsøke å forklare forskjeller og likheter mellom feltene ut fra en prosessforståelse. Noen av dataene som presenteres her er ikke basert på eksakte tall, men er hentet fra stolpediagrammer i de aktuelle publikasjonene, med den usikkerheten det medfører. Dette gjelder til dels feltene i Lundekvam (1997), og til dels Apelsvoll (perioden 1990-94). For Apelsvoll har vi brukt resultater fra perioden 1990-94 (Eltun et al. 1996, Eltun og Fugleberg 1996) og 2001-09 (Korsæth, pers.medd.), i perioden mellom disse er ikke fullstendige data tilgjengelige. I tillegg til de ti feltene som er omtalt over, har vi supplert diskusjonen med noen resultater fra andre felter der målinger har vært gjort enten i overflatevann (Bjørnebekk i Ås - måleperiode 1990-95, Hellerud på Romerike - måleperiode 1992-95, Øsaker i Østfold - måleperiode 1990-93, Lodding småfelt 101, 102, 103, 104 og 108 på Romerike - måleperiode 1987-92) eller grøftevann (Vinningland i Rogaland - måleperiode 1997-06, Huggenes og Marker i Østfold, Skuterudfeltet i Ås - kun stikkprøver) og for et felt (morenefelt på Låven i Ås - måleperiode 1974-81) med ufullstendige opplysninger om jord- og nitrogentap.

3. Resultater og diskusjon

I det følgende tar vi for oss gjennomsnittsverdier for hele måleperioden og alle behandlinger i hvert felt, ettersom data for tidsserier og behandlinger bare er tilgjengelige for noen av feltene. I de etterfølgende avsnittene tar vi for oss variasjoner mellom år og årstidsvariasjon i de feltene der slike data er tilgjengelige, og effekter av jordarbeiding, gjødsling og vekst.

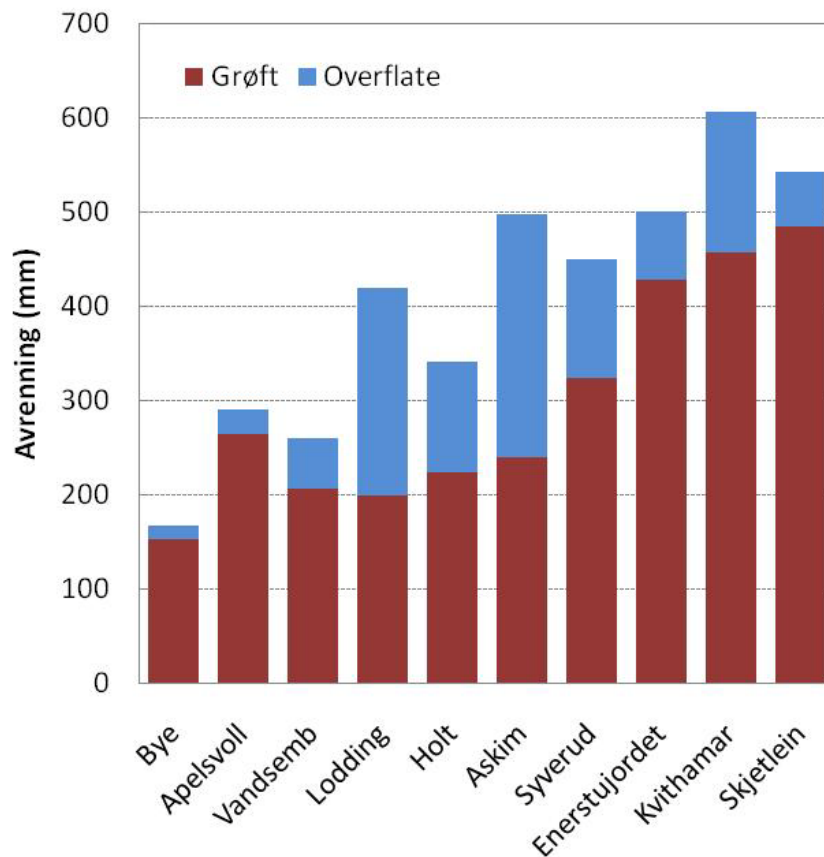
3.1 Avrenning

Mengde totalavrenning (Tabell 6) varierte fra 169 mm i året på Bye, til 607 mm på Kvithamar. Avrenningen gjenspeiler nedbørsmengdene i samme måleperiode, med minst nedbør og avrenning i innlandfeltene Bye og Apelsvoll ved Mjøsa, og mest i Trøndelagsfeltene Kvithamar og Skjetlein. Totalavrenningen utgjorde mellom 28 og 66 % av nedbøren i de ulike feltene (Tabell 6). Bye og Vandsemb skilte seg ut med svært lite avrenning i forhold til nedbør, kun henholdsvis 28 og 37 %. Differansen mellom nedbør og total avrenning var på 312 - 463 mm i de ulike feltene. Mye av dette er antakelig fordampning fra jord og transpirasjon fra planter, men det kan også omfatte grunnvann som ikke har blitt fanget opp i målestasjonen, samt at nedbør i aktuelle felt avviker fra nedbør målt på nærmeste meteorologiske stasjon.

I middel over alle år skjedde mellom 47 og 91 % av avrenningen gjennom grøftene i de ti feltene (Tabell 6, Figur 14). Andelen grøfteavrenning var størst på de uplanerte feltene, særlig på morenefeltene, mens de planerte feltene hadde større andel overflateavrenning.

Tabell 6. Gjennomsnittlig årlig nedbør og total avrenning, differansen mellom nedbør og total avrenning, total avrenning i prosent av nedbør, samt grøfte- og overflateavrenning som mengde og i prosent av total avrenning. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

	Nedbør (mm)	Avrenning (mm)	Nedbør - avrenning (mm)	Avrenning/ nedbør (%)	Overflate (mm)	Grøft (mm)	Overflate (%)	Grøft (%)
Bye	598	169	429	28	15	154	9	91
Apelsvoll	634	292	342	46	26	266	9	91
Vandsemb	710	261	449	37	54	207	21	79
Lodding 106/107	883	420	463	48	221	199	53	47
Holt	678	342	336	50	118	224	35	65
Askim	888	499	389	56	258	241	52	48
Syverud	853	450	403	53	126	324	28	72
Enerstujordet	843	501	342	59	72	429	14	86
Kvithamar	919	607	312	66	150	457	25	75
Skjetlein	927	544	383	59	58	486	11	89



Figur 14. Avrenning fordelt på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Korsæth (pers.med.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

Tabell 7. Gjennomsnittlig årlig overflate- og grøfteavrenning i ti felter med ufullstendige data. Datagrunnlag fra Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Pengerud et al. (2006) og Uhlen (1989).

Felt	Overflate (mm)	Grøft (mm)
Bjørnebekk	287	-
Hellerud	191	-
Øsaker	143	-
Lodding 101	77	-
Lodding 102	68	-
Lodding 103	55	-
Lodding 104	38	-
Lodding 108	200	-
Vinningland	-	664
Låven/UMB	159	226



Figur 15. Jordprofil i morene-letteleire, Bye. Foto: H. O. Eggestad, Bioforsk.

Bye og Apelsvoll hadde omlag 90 % grøfteavrenning. I disse feltene er det sandig, moldholdig morenejord med god jordstruktur, og infiltrasjonsevnen er antakelig høy i øvre delen av jordprofilen. Jordklassifikasjon og målinger av jordtetthet tyder imidlertid på at jorda er kompakt i dypere lag: WRB-enheten Endostagnic Phaeozem (Figur 15) på Bye karakteriseres blant annet ved at overflatevann i perioder kan bli stående mellom 50 og 100 cm dybde, noe som underbygges av at målt jordtetthet ved 75 cm dybde er meget høy, $1,8 \text{ g/cm}^3$ (Riley, pers.medd.). På Apelsvoll er jorda klassifisert som Haplic Stagnosol, som har enda dårligere naturlig dreneringsgrad. Her er jordtetthet målt til $1,7 - 1,8 \text{ g/cm}^3$ fra 35 cm dybde og nedover (Riley, pers.medd.). Grøftingen sørger imidlertid for å ta unna vann og redusere vannmetning og risiko for overflateavrenning. Dessuten er det lite nedbør i området. Overflateavrenning forekommer derfor i hovedsak mens det er snødekke og tele i jorda i disse feltene.

De uplanerte feltene på havavsetninger i Trøndelag og på Østlandet (Kvithamar, Skjetlein, Syverud og Enerstujordet) hadde 70 - 90 % grøfteavrenning. Skjetlein hadde større andel grøfteavrenning enn Kvithamar, 89 mot 75 %. Total avrenning var større på Kvithamar enn på Skjetlein. Mengden grøfteavrenning var lik, mens mengde overflateavrenning var tre ganger større på Kvithamar. Dette kan skyldes ulike værforhold (for eksempel nedbørmengder og nedbørsintensiteter, snødekke og tele) på de to feltene, enten som resultat av forskjellig lokalklima, eller fordi måleperiodene er forskjellige. I tillegg kan ulikheter i helning, dreneringsintensitet og jordsmonn være med på å forklare forskjellen. Mens rutene på Kvithamar har en helningslengde på 36 m, er helningslengden på Skjetlein 100 m. Med større helningslengde kan overflatevann oppnå større fart, men muligheten for at overflatevann rekker å infiltrere igjen kan også være større ettersom terrenget flater ut mot målestasjonen på Skjetlein. På Skjetlein ligger dessuten grøftene noe tettere, med 7 m avstand sammenliknet med 8 m på Kvithamar (Tabell 3). Videre kan det være mer sprekker og makroporer i jorda på Skjetlein, slik at mer overflatevann tas unna her.



Figur 16. Leirjordsprofil fra Skjetlein, med en stor mengde godt synlige makroporer. Den blå fargen i nedre del av profilet stammer fra infiltrasjon av vann med farge-tracer som har strømmet gjennom makroporene til drenerørret nederst til høyre. Foto: T. Sveistrup (fra Haraldsen et al. (2001)).

Jordmorfologiske undersøkelser har vist at det er relativt svak strukturutvikling på både Kvithamar og Skjetlein, begge steder har man en meget kompakt plate- og prismestruktur i undergrunnsjorda, men prismene på Kvithamar er grovere (større diameter) og svakere utviklet enn på Skjetlein (Haraldsen et al., in prep.; Haraldsen et al., 1994). Deler av feltet på Kvithamar ligger slik til at jorda aldri tørker opp, og her er strukturutviklingen i undergrunnsjorda enda svakere enn høyere i terrenget (Haraldsen, pers.medd.). Haraldsen et al. (in prep.) og Haraldsen et al. (1994) har også kvantifisert rørformede makroporer på ulike dyp på henholdsvis Skjetlein og Kvithamar. Ved ca 25 cm dyp var det på Kvithamar 483 rørformede porer med diameter større enn 1 mm pr. m² (gjennomsnitt for seks profiler), mens på Skjetlein var det 792 pr. m² (gjennomsnitt for tre profiler). På Skjetlein ble det også infiltrert farge-traceren metylenblått for å studere vannstrømning i makroporene (Figur 16). Mindre enn en time etter infiltrasjonsforsøkets start ble blåfarget vann observert i makroporer på en meters dyp (Haraldsen et al., in prep.). Noen av de fargede markgangene gikk på skrå rett inn i filtermaterialet rundt drenerørret. Også horisontale og vertikale sprekker var blåfarget i retning drenerørret.

Både Enerstujordet og Syverudfeltet hadde høy andel grøfteavrenning. Enerstujordet hadde større andel grøfteavrenning enn Syverud, 86 mot 72 %. Syverud hadde nesten dobbelt så mye overflateavrenning som Enerstujordet (Tabell 6). Forskjellene kan skyldes ulike måleperioder, og dermed vær- og avrenningsforhold, i de to feltene, samt forskjeller i jordsmonn og topografi. På Syverud er det lett leirjord (lavt leir- og siltinnhold) med god struktur (Lundekvam 1997), noe som tilsier at infiltrasjonsevnen kan være god og risikoen for overflateavrenning liten. Helningen på rutene er imidlertid ganske bratt (13 %), så overflatevannet kan antakelig oppnå en viss hastighet selv om helningen er kort (30 m). Enerstujordet er et småfelt med lengre og slakere helninger som møtes i et søkk som fører til utløpet av feltet (Figur 3).



Figur 17. Jordprofil i uplanert siltig mellomleire fra Skuterudfeltet i Ås. Dette er en såkalt Albeluvisol, som har et lyst utvaskingssjikt under matjordlaget. Det går tungt av dette lyse materialet ned i sprekker i leiranrikingsjiktet under, og det er primært i disse sprekkenes vanntransporten foregår. Foto: Å. Nyborg, Norsk Institutt for Skog og Landskap.

På Enerstujordet inkluderer dessuten nedbørfeltet for overflatevann både en kirkegård, småveier og litt skog. Det er lite informasjon om jordsmonn, vekster og jordarbeiding hos Lundekvam (1997). Det skal ha vært veksling mellom åpen åker og eng, og i år med eng har det trolig vært mindre overflateavrenning. Jordarten i matjordlaget er lettleire ifølge Lundekvam (1997), men det er uklart om det gjelder i hele feltet eller om det er en gjennomsnittstekstur. Jordsmonnkartet antyder at det er en blanding av hav- og strandavsetninger med teksturvariasjon fra siltig sand til mellomleire i matjordlaget. De dominerende WRB-enhetene er ifølge jordsmonnkartet Luvic Stagnosols og Epistagnic Albeluvisols (eksempel på jordprofil fra Skuterudfeltet i Ås i Figur 17), som blant annet karakteriseres ved at vannstrømningen primært foregår i makroporer og sprekker mellom massive prismer. Risikoen for overflateavrenning kan være stor på disse jordtypene, men dette vil delvis avhenge av pakkingsgrad og overflatetilstand/jordarbeiding. Blandingen av sandjord og oppsprukket leirjord, sammen med lengre helninger og til dels nesten flate områder der overflatevann rekker å infiltrere på veien, kan bidra til å forklare større andel grøfteavrenning her enn på Syverud.

Målinger av grøfte- og overflateavrenning har også vært gjennomført i et feltlysimeter ved UMB ("Låven") på Ås i perioden 1974-81 (Uhlen 1989). Jordarten her var morenelettleire, som på Bye og Apelsvoll. Mengde overflateavrenning var i gjennomsnitt 159 mm, sammenliknbart med feltet Syverud på Ås. Mengden grøfteavrenning var imidlertid ca 100 mm lavere på Låven, bare 226 med mer (Tabell 7), så andelen grøfteavrenning (59 %) var her altså lavere enn på Syverud (72 %). Differansen i total avrenning mellom Låven og Syverud forklares med mindre nedbør i Låvens måleperiode enn i Syveruds måleperiode.



Figur 18. Jordprofil (øvre 50 cm) på planert jord ved rutefeltet i Askim. De øvre 30 cm er påfylt masse. Under matjordlaget er jorda svært massiv, med få synlige makroporer (nederste bildet). Foto: R. Pedersen, Bioforsk.

I de planerte leirjordsfeltene var andel grøftevann lavere enn i de uplanerte feltene fordi dårlig jordstruktur (Figur 20) bidrar til liten infiltrasjonsevne og mye overflateavrenning. Lodding 106/107 og Askim hadde den laveste andelen grøfteavrenning av alle feltene, rett i underkant av 50 %. Mengden overflateavrenning var over 200 mm i disse feltene. Betydningen av makroporestrømning på planert jord har vært studert i Lodding 106/107 av Øygarden et al. (1997). Med ulike teknikker (profilbeskrivelser, computed tomography og infiltrasjon av fargetracere) viste de at makroporer, særlig i grøftefyllet, er viktige transportveier. Ned til 50 cm dybde var det mye horisontale og vertikale sprekker, opptil 10 mm vide, i hele jordmassen. Mellom de store klumpene i grøtefyllet var det store sprekker og hulrom med direkte kontakt til drenerørene (Figur 19). Klumpene var så store og kompakte fordi grøfting hadde skjedd under tørre forhold. Med fargetracere kunne man følge vannstrømmen fra overflata og helt ned i grøftene (se også avsnitt 3.2 og Figur 25).

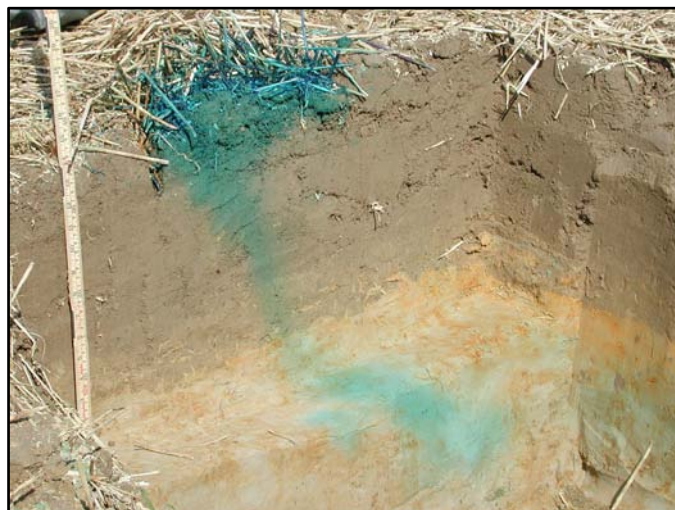
Infiltrasjonstestene viste videre at mettet vannledningsevne i matjordlaget var 23 ganger større over grøftene (0,58 cm/t) enn mellom grøftene (0,025 cm/t). I undergrunnsjorda var vannledningsevnen 3 ganger større over grøftene (0,054 cm/t mot 0,017 cm/t). Holt hadde mindre overflateavrenning (118 mm) og større andel grøftevann (65 %) enn Lodding 106/107 og Askim. Muligens var andelen grøfteavrenning større her pga. helningslengden, som er opptil 300 m - overflatevann kan ha rukket å infiltrere underveis. Det kan også tenkes at det er litt bedre jordstruktur i matjordlaget på Holt, ettersom det er høyere moldinnhold her enn i Lodding 106/107 og Askim (Tabell 2). Holt ble planert fire år før Lodding 106/107 og 11 år før Askim (Tabell 3), men tid siden planering har sannsynligvis hatt lite å si dersom det ikke stadig blir tilført organisk materiale for å bedre jordstrukturen.



Figur 19. Nedre del av jordprofil på planert leire i Lodding delfelt 106/107, med tydelige sprekker over drenerørret. Foto: L. Øygarden, Bioforsk.



Figur 20. Planert leirjord, her siltig mellomleire fra Vandsemb (øverst), har ofte dårlig struktur i overflata; store kompakte klumper som bidrar til redusert infiltrasjonsevne og stor risiko for overflateavrenning. Til sammenlikning kan uplanert leirjord, her siltig mellomleire fra Skuterudfeltet i Ås (nederst) ha god struktur i overflata; mer porøse klumper som lett smuldrer til finere gryn. Foto: S.H. Kværnø, Bioforsk.



Figur 21. Vann med blå fargetracer har infiltrert i siltjorda på Vandsemb, og strømmer mot et drenerør. Foto: R.M. Skjevdal.

På Vandsemb, som drenerer en flat siltslette i tillegg til den planerte ravinen, var det i middel 79 % grøftevann. Mengden overflateavrenning var her 54 mm, bare morenefeltene Bye og Apelsvoll hadde mindre overflateavrenning. Dermed er dette feltet mer likt de uplanerte enn de planerte feltene med hensyn til vannets strømningsveier. Ravinen i Vandsemb-feltet ble planert på 1950-tallet, og det har blitt tilført husdyrgjødsel, som kan ha forbedret jordegenskapene.

I forbindelse med studier av jorderosjon er det også en del felter der det bare har vært målt overflateavrenning, og ikke grøfteavrenning. Innenfor nedbørfeltet Lodding ble det målt overflateavrenning i fem andre felter i tillegg til delfelt 106/107 i perioden 1987-92 (Øygarden 2000 - Tabell 7). Overflateavrenningen var i gjennomsnitt meget lav i fire av disse feltene (delfelt 101, 102, 103, 104), mellom 38 og 77 mm. I det femte delfeltet (108) var overflateavrenningen 200 mm, omtrent likt som i delfelt 106/107 (221 mm). Interessant nok var felt 108 ikke bakkeplanert, mens 106/107 og de andre fire var planert i større eller mindre grad. I felt 108 var det imidlertid et søkk der vannet lett samlet seg.

Lundekvam (1997) oppgir overflateavrenning ved ulike behandlinger på de to planerte feltene Hellerud (Romerike) og Bjørnebekk (Ås) og det uplanerte feltet Øsaker (Sarpsborg i Østfold). I middel for alle år og behandlinger var overflateavrenning på Bjørnebekk ca 300 mm, og på Hellerud ca 200 med mer (Tabell 7), dvs. på nivå med de planerte feltene Lodding 106/107 og Askim. På Øsaker var overflateavrenningen 143 med mer (Tabell 7), dvs. på nivå med Syverud.

3.2 Jordtap

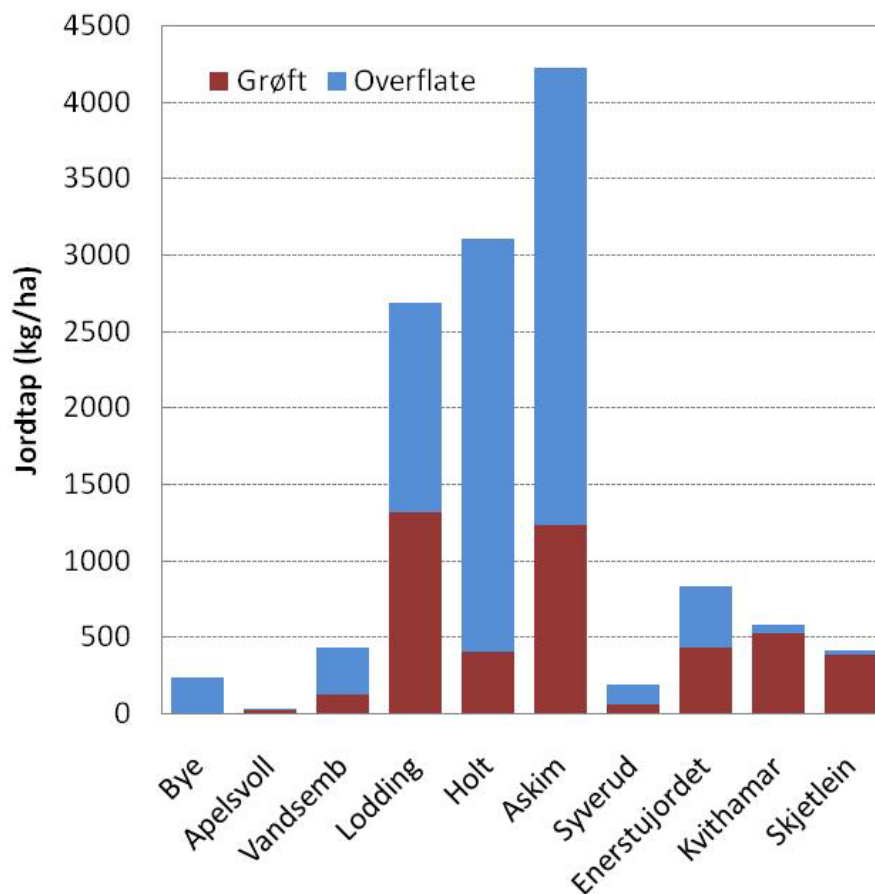
Totalt jordtap (Tabell 8) varierte i måleperiodene fra ca 30 kg/ha på Apelsvoll til ca 4000 kg/ha i Askim. Foruten Apelsvoll hadde også Bye, Vandsemb, Syverud og Skjetlein jordtap mindre enn 500 kg/ha, som vil kunne klassifiseres som lite dersom man bruker erosjonsrisikoklassene som Institutt for Skog og Landskap opererer med. Kvithamar og Enerstujordet hadde jordtap tilsvarende erosjonsklassen "middels" (500 - 2000 kg/ha). De planerte feltene Lodding 106/107, Holt og Askim hadde jordtap tilsvarende klassen "stor" (2000 - 8000 kg/ha), og jordtapene i disse feltene var større enn grenseverdien for akseptabelt jordtap på 1500 kg/ha, foreslått av Morgan (1995).

På alle felt skjedde jordtap både via overflate- og grøfteavrenning (Tabell 8, Figur 22). For de fleste av feltene var andel jordtap gjennom grøftene mellom 20 og 50 %. Ytterpunktene er morenefeltet Bye med bare 5 % til grøftene, og Trøndelagsfeltene med over 90 % til grøftene.

På Kvithamar og Skjetlein skjedde mesteparten av jordtapet gjennom grøftene, og SS-konsentrasjonene var høyere i grøftevann enn i overflatevann, i motsetning til på alle de andre feltene unntatt Lodding 106/107 (Tabell 8, Figur 22). Kvithamar hadde tre ganger så mye overflateavrenning som Skjetlein, men SS-konsentrasjonene var omtrent de samme. I grøftevannet var konsentrasjonene litt høyere på Kvithamar. En viktig årsak til forskjeller mellom de to feltene kan være at det på Skjetlein var eng de siste tre årene, mens det på Kvithamar var åker alle årene. Det kan ha vært med på å redusere gjennomsnittstapene og gi enda større andel til grøftene her enn på Kvithamar. Andre forklaringer kan være ulikheter i jordsmonn, topografi og værforhold i måleperiodene. At jordtap gjennom grøftene er relativt store på disse to feltene kan delvis skyldes at det ble nygrøftet i 1989 på begge felter. Målinger startet bare et års tid etterpå, og trolig kan transport av partikler gjennom grøftefyllet da være betydelig.

Tabell 8. Gjennomsnittlig årlig jordtap og -konsentrasjoner, og fordeling (%) på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

	Tap (kg SS/ha)			Fordeling (%)		Konsentrasjoner (mg SS/l)		
	Overflate	Grøft	Total	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Total
Bye	232	13	245	95	5	1545	8,6	145
Apelsvoll	6,1	28	34	18	82	23	11	12
Vandsemb	304	132	435	70	30	564	63	167
Lodding 106/107	1373	1319	2692	51	49	622	662	641
Holt	2697	411	3108	87	13	2286	183	909
Askim	2990	1236	4226	71	29	1159	513	847
Syverud	131	62	192	68	32	104	19	43
Enerstujordet	398	438	835	48	52	555	102	167
Kvithamar	51	532	583	9	91	34	116	96
Skjetlein	22	394	416	5	95	38	81	76



Figur 22. Jordtap fordelt på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

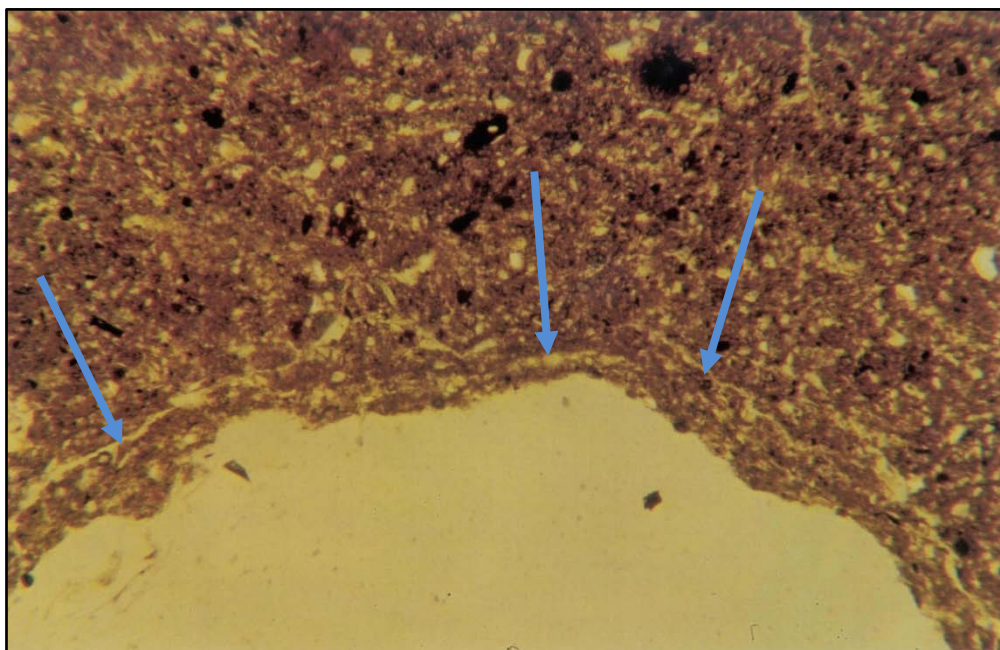
Tabell 9. Gjennomsnittlig årlig jordtap og -konsentrasjoner via overflate- og grøfteavrenning i ti felter med ufullstendige data. Datagrunnlag fra Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Pengerud et al. (2006) og Uhlen (1989).

Felt	Tap (kg SS/ha)		Konsentrasjon (mg SS/l)	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Bjørnebekk	2751	-	959	-
Hellerud	1210	-	634	-
Øsaker	792	-	552	-
Lodding 101	533	-	694	-
Lodding 102	387	-	569	-
Lodding 103	731	-	1334	-
Lodding 104	108	-	282	-
Lodding 108	1892	-	948	-
Vinningland	-	56	-	8,4
Låven/UMB	-	-	-	-

Myhr et al. (1996) peker på intern erosjon i makroporer som årsak til at mesteparten av jordtapet skjer gjennom grøftene på Kvithamar. Hvorvidt leirnedvasking er en naturlig prosess på ugrøftet jord i disse feltene er noe uklart, ifølge jordsmonnkartet er jorda på Skjetlein karakterisert ved leirnedvasking (WRB-enheter Luvic Stagnosol og Epistagnic Albeluvisol), mens den ikke er det på Kvithamar (Mollic Gleysol). De jordprofilene som Haraldsen (1991) og Haraldsen et al. (1994) har undersøkt i feltene er klassifisert som jordsmonn uten leirnedvasking både på Skjetlein (Orthic Gleysols og Gleyed Dystric Brunisols i Canadian System of Soil Classification) og Kvithamar (Typic Cryaquepts og Cryaquepts i Soil Taxonomy). I alle tilfelle må grøftingen ha modifisert jordsmonnets egenskaper og gjort det mer utsatt for partikkeltransport gjennom jorda ettersom opptørkingen kan gi oppsprekking (jf prismestruktur som omtalt i forrige avsnitt), og bedre kårer for biologisk aktivitet og dannelse av markganger. Vi har allerede nevnt at morfologiske undersøkelser og infiltrasjonsforsøk på Skjetlein har vist at makroporer er viktige strømningsveier for vannet, i samme undersøkelse ble det også funnet klare indikasjoner på transport av partikler gjennom disse makroporene (Haraldsen et al., in prep). På veggene i markganger og på aggregatoverflater ble det observert leirfilmer, helt ned til 120 cm dybde. Filtermaterialet rundt grøftene var også dekket av sedimenter (Haraldsen et al., in prep). På Skjetlein er det observert betydelig sedimentavleiring i tidligere generasjoner av grøfter (Haraldsen, pers.medd.). Risiko for løsrivelse av partikler øker når jordas strukturstabilitet (aggregatstabilitet, skjærfasthet) er lav. Vi kjenner ikke til tall som sier noe om dette på Kvithamar og Skjetlein. En viss eroderbarhet kan forventes ut fra høyt siltinnhold i jorda, men høyt leir- og moldinnhold virker stabiliserende. Vintersesongen i disse kystfeltene kan antas å være ustabil, med mange fryse-tine-perioder. Porevann som fryser utvider seg, og gir en sprengvirkning som kan føre til sprekkdannelse og fraksjonering av jorda (Figur 24). Det fraksjonerte materialet kan lett rives løs av strømmende vann. Mange fryse-tine-perioder reduserer aggregatstabiliteten, i et laboratorieforsøk viste Kværnø og Øygarden (2006) en reduksjon i aggregatstabilitet på 25 % på uplanert siltig mellomleire etter seks fryse-tineperioder. Videre er jordfuktigheten på de to feltene høy pga mye nedbør, og det øker sjansene for vannstrømning og transport i makroporer fordi jordmatriks normalt må vannmettes før makroporene blir vannførende.



Figur 23. Fine partikler (mørkt område midt i bildet) avsatt i flere lag i bunnen av en pore i uplanert leirjord på Skjetlein. Foto: Haraldsen et al. (2001).



Figur 24. Tverrsnitt av pore (lyst område) med sprekker i poreveggene (lyse striper), fra Skjetlein. Sprekkenes er dannet ved frysing og tining, og poreveggene kan lett eroderes når pora blir fylt med strømmende vann. Foto: Haraldsen et al. (2001).

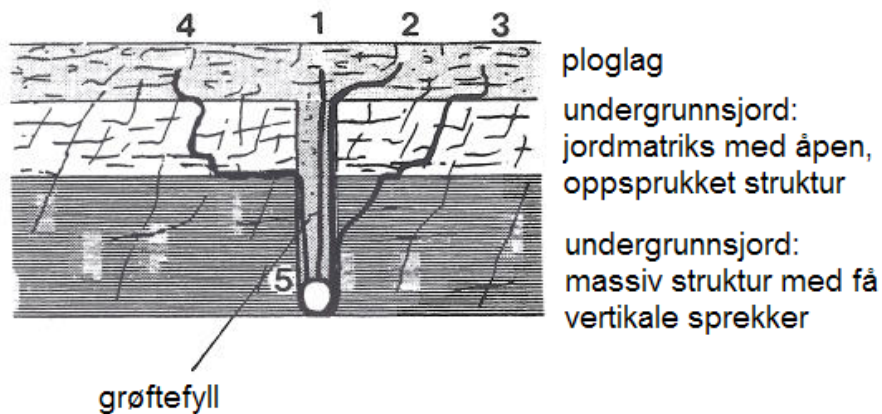
Totalt jordtap på Syverud var 192 kg/ha. SS-konsentrasjonene var høyere i overflatevann enn i grøftevann, og andel jordtap via grøftene var bare 32 % (Tabell 8), til sammenlikning med Trøndelagsfeltenes 90 %. På jordsmonnkartet framgår at jorda her kan tilhøre WRB-enheten Epistagnic Albeluvisol (Siltic), som kjennetegnes ved høyt siltinnhold og leirnedvasking gjennom sprekkesoner. At partikkeltransporten til grøftene likevel er ubetydelig kan muligens forklares ved at jorda her ikke er så siltrik som jordsmonnkartet tilsier, det er en lettleire med god struktur og høy aggregatstabilitet: aggregatstabiliteten på denne jorda har vært målt til 86 % i gjennomsnitt for høst- og vårpløying (Lundekvam og Skøien, 1998). Til sammenlikning var aggregatstabilitet på en planert siltig lettleire på Ås (Bjørnebekk) bare 28 % (Lundekvam og Skøien, 1998). Jordtap med overflateavrenning er viktigere enn jordtap med grøfteavrenning på Syverud, kanskje som følge av at rutene har ganske stor helning (13 %) som ikke flater ut mot målestasjonen. Det er også relativt lang tid siden rutene ble grøftet.

Det andre feltet på Ås, Enerstujordet, hadde de største jordtapene (835 kg/ha) av samtlige uplanerte felter. Her var andel av partikler til grøftevann høyere enn på Syverud, 52 %. Tap og SS-konsentrasjoner i grøftevann var også høyere enn på Syverud, på samme nivå som i Trøndelagsfeltene. På Enerstujordet er det ifølge jordsmonnkartet en blanding av mange jordtyper, mest utbredt er WRB-enhetene Epistagnic Albeluvisols (Siltic), som på Syverud, og Luvic Stagnosols (Siltic), som også karakteriseres ved leirnedvasking, men som har tettere og dårligere struktur. Feltet ble grøftet lenge før målinger ble igangsatt, likevel er tap til grøftene betydelige, 438 kg/ha. SS-konsentrasjonene i overflatevannet er imidlertid fem ganger høyere enn i grøftevannet, fem ganger større enn i overflatevann på Syverud, og 15 ganger større enn i Trøndelagsfeltene. På Enerstujordet går det et søkk ned mot målestasjonen, og trolig kan det ha vært en del konsentrert overflateavrenning og erosjon i dette søkket.

Tilsvarende jordtyper som i feltene i Ås og Trøndelag finner vi i en del områder der det har vært registrert SS-konsentrasjoner i stikkprøver og/eller blandprøver av grøftevann: Skuterudfeltet i Ås, deler av Haldenvassdraget i Marker og Huggenes (Vestre Vansjø) i Rygge. Eggestad (2006) fant SS-konsentrasjoner i grøftevann i marker mellom 10 og 2200 mg/l høsten 2004 og 2005. Konsentrasjonene var større i hellende enn i flatt terreng. Han fant også at partiklene hadde høyere moldinnhold enn det man kan forvente at matjordlaget på disse arealene har, noe som sannsynliggjør at mesteparten av partiklene stammer fra matjordlaget. I Huggenes, der grøftene drenerer et areal med både leirjord og siltig sand, fant Øgaard (2009) at SS-konsentrasjonen i fire 14-dagers blandprøveperioder tatt ut på sommeren, lå mellom 2,7 og 12 mg/l. Bechmann og Deelstra (2005) undersøkte i 2001-02 avrenning i kummer og utløp i ulike deler av Skuterudfeltet, de fleste stedene ble det tatt samleprøver av både overflate- og grøftevann, men noen punkter hadde utelukkende grøftevann. I disse varierte SS-konsentrasjonene fra 8 til 69 mg/l i perioder med lite vannføring, og mellom 15 og 414 mg/l i perioder med mye vannføring.

På de planerte feltene på øvre Romerike og i Askim var det mindre total avrenning enn i Trøndelagsfeltene, og mindre andel grøfteavrenning, men jordtapene var mye større. Tap med overflatevann lå mellom 1000 og 3000 kg/ha i Lodding 106/107, Holt og Askim, og middelkonsentrasjonene mellom ca 600 og 2300 mg/l. Planert jord har ofte dårlig struktur med liten infiltrasjonsevne og lav aggregatstabilitet fordi matjordlaget i skjæringene består av eksponert undergrunnsjord med lavt innhold av organisk materiale, i fyllingene av en blanding av matjord og undergrunnsjord fra skjæringene. For eksempel har aggregatstabilitet i Lodding 106/107 vært målt til rundt 20 % (Øygarden, 2000), som er mye lavere enn på det uplanerte feltet Syverud: 86 % (Lundekvam og Skøien, 1998). Selv om infiltrasjonsevnen er dårlig og mengden overflateavrenning var større enn på uplanert jord, var også jordtap til grøftene betydelig. Av alle felter hadde Lodding

106/107 og Askim de største tapene til grøftevann, over 1200 kg/ha, som utgjør henholdsvis 50 og 29 % av totaltapene. SS-konsentrasjonene i grøftevann i Lodding 106/107 og Askim lå på henholdsvis 513 og 662 mg/l. Som nevnt har Øygarden et al. (1997) påvist at makroporer, særlig i grøftefyllet, er viktige strømningsveier for vann, og dermed også partikler, i Lodding 106/107. Disse undersøkelsene tydet også på at partikler i grøftevann ikke bare kunne skyldes intern erosjon i grøftefyllet, ettersom jordtap til grøftene var små så lenge det var plantedecke, og SS-konsentrasjonene i grøftevann ble ti ganger større umiddelbart etter høstpløying. Figur 25 er hentet fra Øygarden et al. (1997), og viser ulike strømningsveier for vann og partikler observert i Lodding 106/107.



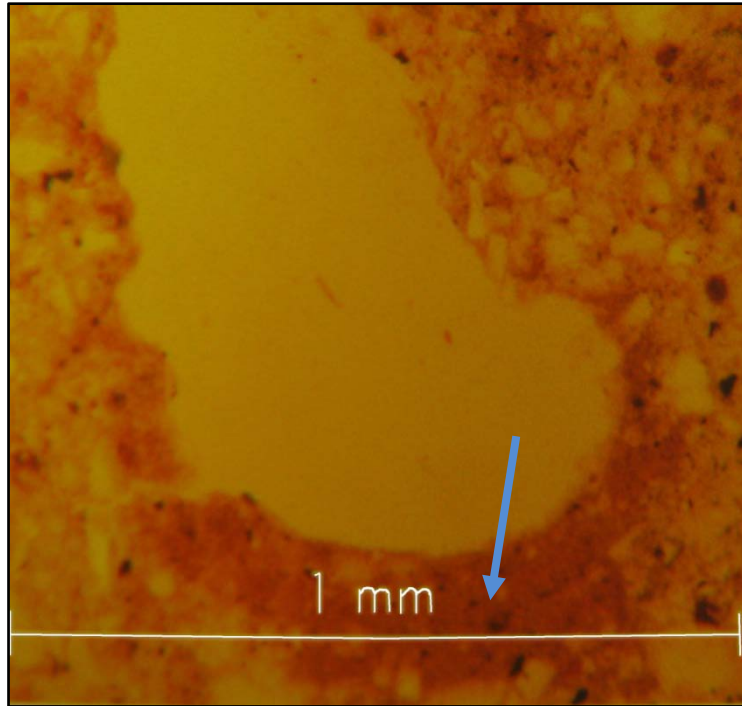
Figur 25. Mulige strømningsveier for vann og partikler til grøftesystemet. I 1) til 4) skjer løsrivelse av partikler i ploglaget, mens i 5) er det jord rundt dreneràene som løsrives. Transportveiene for partikler i ploglaget er 1) direkte inn i grøftefyll og ned til drenerà, 2) langs overgangen mellom jord og grøftefyll, 3) gjennom vertikale sprekker inn i grøftefyll og 4) gjennom vertikale sprekker ned til 50 cm dybde og horisontalt inn i grøftefyll. Fra Øygarden et al. (1997).

På Holt var jordtap gjennom grøftene (411 kg/ha) mindre enn i Lodding 106/107 og Askim, og utgjorde bare 13 % av totaltapet. Holt ble grøftet i 1974, ti år før måleperiodens start, mens i de to andre feltene ble målinger satt i gang året etter grøfting. Dermed kan grøftefyllet på Holt ha rukket å stabilisere seg og en del av makroporesystemet har kanskje blitt stengt av sedimenterte partikler. Lengde på måleperiodene kan også spille inn. Jordtap gjennom grøftene dominerte i 1987-89 på Holt og Askim (Lundekvam 1997). For Lodding 106/107 utgjorde disse årene halvparten av måleperioden, mens på Holt utgjorde de bare en fjerdedel. Grøfteavstanden kan også ha betydning: Hauge et al. (2007) viste at konsentrasjonen av partikler i grøftevann (middel for tre jordarbeidingsystemer) var 2,4 ganger høyere ved 4 m grøfteavstand enn ved 8 m grøfteavstand på Askim i perioden 1987-05. Resultatene for Askim gjennomsnittstall for grøfteavstander på 4 og 8 m, og i Lodding 106/107 er grøfteavstanden 4 m. Vi har ikke informasjon om grøfteavstanden på Holt, men ut fra tilskuddsordninger kan man anta ca 8 m.

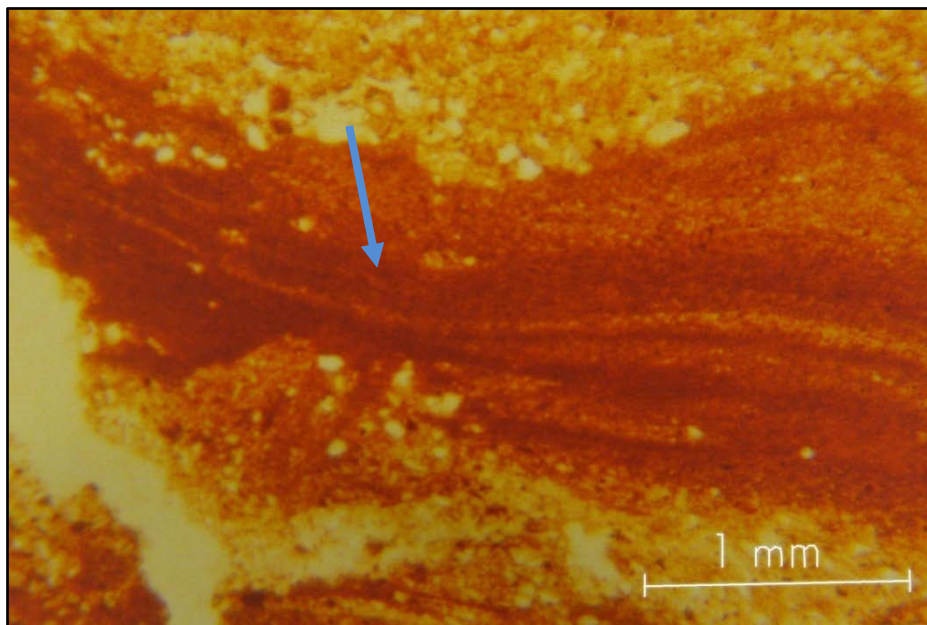
Vandsemb hadde mindre jordtap enn de andre planerte feltene, 304 og 132 kg/ha i henholdsvis overflate- og grøftevann (Tabell 8, Figur 22). Andelen jordtap til grøftene var 30 %. SS-konsentrasjonen i overflatevann var sammenliknbar med i Lodding 106/107 (ca 600 mg/l), mens SS-konsentrasjonen i grøftevann var ti ganger lavere på Vandsemb enn i Lodding 106/107. De lave tapene kan skyldes en kombinasjon av at store deler av feltet er en flat siltslette, og at vårpløying og fangvekst i stedet for høstpløying flere av årene kan ha hatt positiv effekt. På Vandsemb kan det ha skjedd en gradvis forbedring av jordegenskapene over lengre tid siden Vandsemb ble planert allerede på 1950-tallet, mens de andre feltene ble planert mellom 1974 og 1986. Dessuten har det vært tilført betydelige mengder husdyrgjødsel med sikte på å forbedre jordstrukturen. På Vandsemb har det vært gjennomført morfologiske undersøkelser av både siltjorda (Sveistrup et al. 2005) og den planerte leira (Sveistrup et al. 2001), med spesiell vekt på makroporer. I siltjorda ble det påvist matte leirfilmer i sjiktene under ploglaget, og disse ble tilskrevet intern erosjon i ploglaget, forårsaket av jordarbeiding. Undergrunnsjorda hadde opprinnelig vertikale sprekker (prismestruktur), men disse sprekkeene var i stor grad tette pga. de nedvaskede partiklene fra ploglaget. Det var også mye bioporer i de øvre 60 cm, og mange av disse var fylt med partikler. På leirjorda ble det også funnet leirfilmer og partikkelfylte porer og hulrom i dypere lag (Figur 26 og Figur 27), og mikroskopistudier viste at leira stammet fra ploglaget. Leirfilmene var tykkere i porer i grøftefyllet enn i uforstyrret jord. Grøtefyllet hadde også flere kanaler og større biologisk aktivitet. Leirfilmer ble også funnet på skogsjord og på beitemark som ble tilplantet med skog for 40 år siden.

Morenefeltene Bye og Apelsvoll hadde små jordtap, totalt 245 kg/ha på Bye og 34 kg/ha på Apelsvoll. Tap til grøftene var praktisk talt neglisjerbart i de to feltene, mindre enn 30 kg/ha og SS-konsentrasjoner rundt 10 mg/l (Tabell 8). Det lave leirinnholdet i jorda på Bye og Apelsvoll gjør at den ikke krymper og sprekker opp, og volumet av makroporer som kan transportere partikler blir begrenset. Av det totale jordtapet gikk kun 5 % gjennom grøftene på Bye, mens på Apelsvoll var denne andelen hele 82 %. Det skyldes svært lave jordtap via overflateavrenning på Apelsvoll (6,1 kg/ha, SS-konsentrasjon = 23 mg/l), mens jordtap via overflateavrenning var 38 ganger større på Bye enn på Apelsvoll. SS-konsentrasjonen i overflatevann på Bye var over 1500 mg/l, på nivå med de planerte feltene Lodding 106/107 og Askim (Tabell 8). Større helningslengde (200 m) og helningsgrad (11 %) på Bye enn på Apelsvoll (60 m og < 5 %) kan være en forklaring på at Bye hadde større jordtap, da avrenningen får større fart og kan rive med seg mer jord. Det er også ulik måleperiode i feltene, på Bye starter serien i 1995, mens på Apelsvoll mangler data for perioden høst 1994 - vår 2001. Som vi skal se i kapittel 4, var det særlig store jordtap på Bye i 1997 og i snøsmeltingen 2001, og ingen av disse årene er med for Apelsvoll. Dermed er forskjellene på Bye og Apelsvoll kanskje mindre enn det som framgår av Tabell 8. Videre var det i alle år høstpløyd på Bye, mens på Apelsvoll har vi beregnet en middelvei for systemer der vårpløying og -harving har vært mest brukt. Høstpløying medfører som kjent større erosjonsrisiko enn jordarbeiding om våren.

Et annet felt det er naturlig å sammenlikne Bye og Apelsvoll med er JOVA-feltet Vinningland i Rogaland (Pengerud et al. 2006). Dette er også morenejord, jordarten er siltig mellomandsand. Klimaet er imidlertid et helt annet, med store nedbørmengder og milde vintre, vanligvis med frostfri jord. Her er det målt partikler i grøftevann, mens overflateavrenning ikke er registrert. Pengerud et al. (2006) opplyser at overflateavrenning er usannsynlig i dette feltet. I middel for perioden 1998-06 var jordtap til grøfter 56 kg/ha her (Tabell 9). Dette er to-tre ganger mer enn mengdene i grøftevann fra Bye og Apelsvoll, men SS-konsentrasjonen er på samme nivå: 8 mg/l i Vinningland, 9 og 11 mg/l på Bye og Apelsvoll.



Figur 26. Fine partikler (mørkt område langs bunnen av lyst område) er avsatt i bunnen av en pore i planert leirjord på Vandsemb. Foto: T. Sveistrup, Bioforsk/ V. Marcelino, University of Ghent.



Figur 27. En nesten horisontal pore på planert leirjord på Vandsemb er tettet igjen av flere lag med sedimenter (mørkt område horisontalt midt i bildet). Foto: T. Sveistrup, Bioforsk/ V. Marcelino, University of Ghent.

I feltene der det bare har vært målt SS i overflateavrenning, lå jordtapene mellom 108 og 2751 kg/ha og SS-konsentrasjonene mellom 282 og 1334 mg/l (Øygarden 2000, Lundekvam 1997 - Tabell 9). Jordtapene var høyest i de planerte feltene Bjørnebekk og Hellerud (middel over ulike behandlinger i begge felt). Både i SS-mengde og SS-konsentrasjon var Bjørnebekk (2751 kg/ha og 959 mg/l) sammenliknbar med tidligere omtalte Askim (2990 kg/ha og 1159 mg/l), og Hellerud (1210 kg/ha og 634 mg/l) med Lodding 106/107 (1333 kg/ha og 638 mg/l). Også det uplanerte feltet Lodding 108 hadde relativt store jordtap, 1892 kg/ha. Her var det som nevnt i forrige avsnitt mye overflateavrenning. De andre Lodding-delfeltene hadde jordtap mellom 108 og 731 kg/ha. I delfelt 103 var det bare 55 mm overflateavrenning, men høy SS-konsentrasjon (1334 mg/l) ga likevel relativt høye tap (731 kg/ha). Det uplanerte Øsaker-feltet hadde, i middel over ulike behandlinger, omtrent samme SS-konsentrasjon som på Enerstujordet, ca 550 mg SS/l. Høyere SS-tap (792 kg/ha mot Enerstujordets 398 kg/ha) skyldes da at det var dobbelt så mye overflateavrenning på Øsaker.

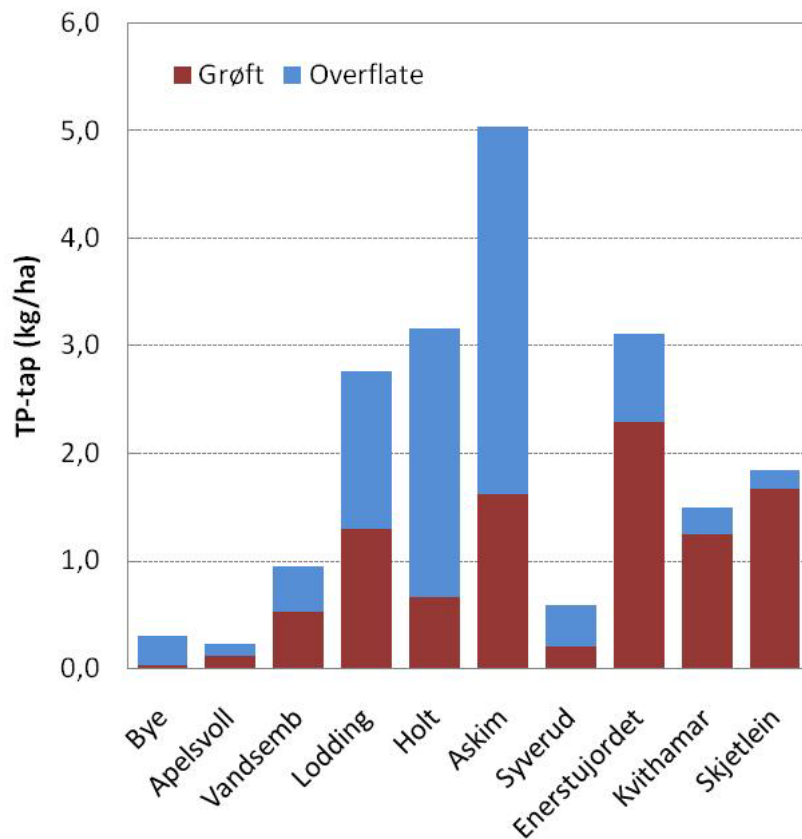
3.3 Fosfortap

Totale P-tap (Tabell 10) lå mellom 0,24 og 5,0 kg/ha, lavest for Bye og høyest for Askim. P-tapene skjedde via både overflate- og grøftevann. Midlere årlig P-konsentrasjon i overflatevannet fra feltene varierte mellom 0,17 og 2,1 mg/l, i grøftevannet mellom 0,023 og 0,68 mg/l (Tabell 10).

Med hensyn til fordeling av P-tap på grøfte- og overflatevann fordeler feltene seg slik: De planerte feltene, Lodding 106/107, Holt og Askim, hadde store P-tap, mest via overflatevann. Enerstujordet, Kvithamar og Skjetlein hadde også store P-tap, men mest gjennom grøftene. Bye, Syverud, Apelsvoll og Vandsemb hadde små P-tap, mest via overflatevann på Bye og Syverud, lik fordeling på Apelsvoll, og mest gjennom grøftene på Vandsemb.

Tabell 10. Gjennomsnittlig årlig fosfortap og -konsentrasjoner, og fordeling (%) på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

	Tap (kg TP/ha)			Fordeling (%)		Konsentrasjoner (mg TP/l)		
	Overflate	Grøft	Total	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Total
Bye	0,27	0,035	0,31	89	11	1,8	0,023	0,18
Apelsvoll	0,12	0,12	0,24	50	50	0,46	0,046	0,083
Vandsemb	0,42	0,53	0,95	44	56	0,78	0,26	0,36
Lodding 106/107	1,5	1,3	2,8	53	47	0,70	0,65	0,68
Holt	2,5	0,67	3,2	79	21	2,1	0,30	0,93
Askim	3,4	1,6	5,0	68	32	1,3	0,68	1,0
Syverud	0,39	0,21	0,60	65	35	0,31	0,06	0,13
Enerstujordet	0,82	2,3	3,1	26	74	1,1	0,54	0,62
Kvithamar	0,25	1,3	1,5	17	83	0,17	0,27	0,25
Skjetlein	0,17	1,7	1,8	9	91	0,29	0,35	0,34



Figur 28. Fosfortap fordelt på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

Tabell 11. Gjennomsnittlig årlig fosfortap og -konsentrasjoner via overflate- og grøfteavrenning i ti felter med ufullstendige data. Datagrunnlag fra Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Pengerud et al. (2006) og Uhlen (1989).

Felt	Tap (kg TP/ha)		Konsentrasjon (mg TP/l)	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Bjørnebekk	3,4	-	1,2	-
Hellerud	2,2	-	1,1	-
Øsaker	0,95	-	0,66	-
Lodding 101	0,71	-	0,92	-
Lodding 102	0,56	-	0,82	-
Lodding 103	0,86	-	1,6	-
Lodding 104	-	-	-	-
Lodding 108	1,7	-	0,87	-
Vinningland	-	0,34	0,051	-
Låven/UMB	3,3	0,069	2,1	0,031

De høye P-tapene fra de planerte feltene Lodding 106/107, Holt og Askim (Tabell 10) har sammenheng med at disse feltene også hadde store jordtap. På disse feltene var andelen P-tap til grøftene 21 % på Holt, 32 % i Askim og 47 % i Lodding 106/107. I Lodding 106/107 og Askim samsvarer dette noenlunde med andelen partikler til grøftevann, men for Holt var andelen P i grøftene noe høyere enn andelen partikler. Holt og Askim hadde de høyeste P-konsentrasjonene i både grøfte- og overflatevann. P-konsentrasjonene var betydelig høyere i overflatevannet, som for partikler. Lodding 106/107 hadde litt lavere P-konsentrasjoner enn Lodding 106/107 og Askim, og konsentrasjonene var ganske like i grøfte- og overflatevann, igjen som for partikler. Vandsemb hadde stort sett lavere P-tap og P-konsentrasjoner enn de andre planerte feltene, som har sammenheng med at også jordtapene var lavere. Andelen av P som ble tapt gjennom grøftene var 56 %.

P-tap på Enerstujordet (3,1 kg/ha) var på nivå med tapene på Holt, og høyere enn i Lodding 106/107, selv om Enerstujordet hadde mindre jordtap. Andelen av P-tap via grøftevann var 74 %, høyere enn andelen av jordtapet (52 %). P-konsentrasjonene var 1,1 og 0,54 mg/l i henholdsvis overflate- og grøftevann. Ifølge Lundekvam (1997) var det over lang tid intensiv drift på Enerstujordet, med tilførsler av husdyrgjødsel som overskred det som er tilrådelig. P-innholdet i jorda var dermed høyt (P-AL = 13 ifølge Lundekvam (1997)), slik at mindre mengder partikler kan ha bidratt med relativt større mengde partikulært P enn på de planerte feltene. Dessuten kan det også ha vært en del tap av løst P. Her var det også eng noen av åra, og da tapes P hovedsakelig i løst form.

Syverud hadde mye lavere P-tap enn Enerstujordet: 0,60 kg/ha. P-konsentrasjoner i overflatevann lå på 0,31 mg/l, i grøftevann på 0,06 mg/l. Forskjellen mellom Enerstujordet og Syverud kan forklares med lave jordtap på Syverud, kombinert med lavere P-mengder i jorda (P-AL = 6,4 ifølge Lundekvam (1997)). Andelen P til grøftene var bare 26 % på Syverud, som samsvarer med andel av jordtap på 32 %.

Som nevnt for jordtap fins også noe datamateriale (stikkprøver) for P i grøftevann fra Skuterudfeltet i Ås, Haldenvassdraget i Marker og Vestre-Vansjø i Rygge. Bechmann og Deelstra (2005) fant TP-konsentrasjoner på opp til 0,188 mg/l i grøftevann ved lav vannføring og 0,055-0,370 mg/l ved høy vannføring for arealer som ikke ble høstpløyd i Skuterudfeltet i Ås. Eggestad (2006) fant TP-konsentrasjoner i grøftevann på mellom 0,03 og 2,5 mg/l, de fleste mellom 0,2 og 1,0 mg/l, i oktober 2004 og november 2005. Øgaard (2009) fant at etter en nedbørsepisode på 15 mm høsten 2008 lå TP-konsentrasjonene mellom 0,02 og 0,26 mg/l i grøfteutløpene. En prøve av overflateavrenning fra et potetareal hadde en TP-konsentrasjon på 0,29 mg/l, ikke langt unna grøftene med høyest konsentrasjoner. Andel løst P var større i overflateavrenning enn i grøftevann. P-AL i feltet var meget høyt (20- 28 mg P/100 mg jord). I blandprøveperiodene var derimot TP-konsentrasjonene i grøftevann relativt lave, i middel 0,037 mg/l, som er under miljømålet i forhold til å oppnå god økologisk status i vassdragene i området, 0,05 mg P/l.

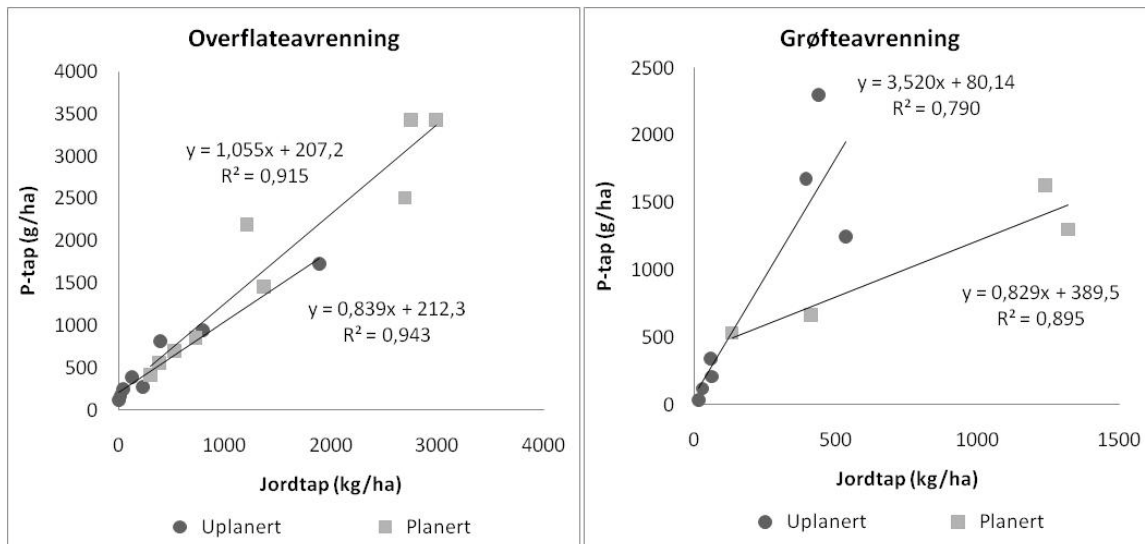
Kvithamar og Skjetlein hadde P-tap på henholdsvis 1,5 og 1,8 kg/ha. Som for partikler skjedde mesteparten av P-tapene gjennom grøftene (83 og 91 %), og det var høyere konsentrasjoner i grøftevann enn i overflatevann. Andelen P transportert via overflateavrenning var dobbelt så stor som andelen jordtap via overflateavrenning. Det kan hende at en del løst P har blitt tapt via overflateavrenning, enten P som har frosset ut fra plantemateriale (mest aktuelt i engårene på Skjetlein), eller P som stammer fra husdyrgjødsel. Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998) nevner ikke noe om at husdyrgjødsel har rent av på overflata kort tid etter spredning. I såfall må

det stamme fra de øverste cm av jorda, der det sannsynligvis har skjedd en anriking med P pga husdyrgjødselspredning. Endel av dette P kan være i løst form.

Bye og Apelsvoll hadde henholdsvis 0,31 og 0,24 kg/ha P-tap, hvorav henholdsvis 11 og 50 % av tapet skjedde via grøftene. Andel jordtap til grøftene var som nevnt 5 % på Bye og 82 % på Apelsvoll. De to feltene hadde lavest P-konsentrasjoner i grøftevann blant samtlige studerte felter. På Bye var det høy konsentrasjon i overflatevannet, som har sammenheng med svært høy konsentrasjon av partikler. Vi har nevnt feltet Vinningland, som hadde samme SS-konsentrasjon i grøftevann som Bye og Apelsvoll. Dette feltet hadde også tilsvarende P-konsentrasjon i grøftevann (Tabell 11): 0,05 mg/l sammenliknet med Bye og Apelsvolls 0,023 og 0,046 mg/l.

I feltene der det bare er målt overflateavrenning fulgte P-tapene i stor grad jordtapene (Lundekvam 1997, Øygarden 2000): De planerte feltene Bjørnebekk og Hellerud (Tabell 11) var sammenliknbare med de planerte feltene Lodding 106/107, Holt og Askim: 3,4 kg P/ha og 1,2 mg P/l på Bjørnebekk, 2,2 kg P/ha og 1,1 mg P/l på Hellerud. Uplanerte Øsaker hadde 0,95 kg P/ha og 0,66 mg P/l. Øsaker hadde samme SS-konsentrasjon som Enerstujordet, mens P-konsentrasjonen på Enerstujordet var nesten dobbelt så høy (1,1 mg/l), og det hengernok sammen med høyere P-innhold i jorda på Enerstujordet pga den intensive drifta der. Lodding 108 med sine store jordtap hadde også relativt store P-tap (1,7 kg/ha og 0,87 mg/l). P-tap og P-konsentrasjoner i Lodding 101, 102 og 103 lå mellom 0,56 og 0,86 kg/ha og 0,82 - 1,6 mg/l, med høyest P-konsentrasjon i Lodding 103, der også SS-konsentrasjonene var høyest.

Som vi har sett for de fleste av feltene her, og som bekreftes av en rekke studier (f.eks. Bechmann et al., 2008), er P-tap som regel nært knyttet til jordtap, mye av P i jord er partikkelbundet. Figur 29 viser sammenhengen mellom SS og total-P (TP) i overflate- og grøftevann for de ti feltene der det er målt både grøfte- og overflateavrenning, samt for grøftevann fra Vinningland og overflatevann fra Bjørnebekk, Hellerud, Øsaker og fire delfelter i Lodding hovedfelt. Det er skilt mellom planerte og uplanerte felter, men Vandsemb inngår i begge gruppene. Vi ser at sammenhengen er god for overflatevann, og det er liten forskjell i regresjonskoeffisienter for planerte og uplanerte felter. Sammenhengen er noe dårligere for grøftevann, særlig for uplanerte felter. På de planerte feltene gir en økning i jordtap i grøftevann relativt mindre økning i P-tap enn på de uplanerte feltene. En forklaring kan være at de uplanerte feltene kan ha høyere P-innhold i jorda, og dermed bringer partiklene med seg mer P. Forskjellene mellom enkeltfelter framkommer tydeligere ved å se på TP/SS-forholdet i Tabell 12. Her framgår at dette jevnt over er høyere på de uplanerte feltene enn de planerte, særlig i grøftevann. Apelsvoll, Lodding 106/107, Kvithamar og Skjetlein har høyere TP/SS-forhold i overflatevann enn i grøftevann. Særlig Apelsvoll har svært høyt TP/SS-forhold i overflatevann, som kan skyldes utfrysing av P fra planterester. I Tabell 2 ser vi at P-AL i matjordlaget er en del høyere for de uplanerte feltene Bye, Enerstujordet, Skjetlein og Kvithamar enn for de planerte feltene Vandsemb, Holt og Askim. De planerte feltene har imidlertid høyere P-AL i undergrunnsjorda. Ved planering forflyttes jordmasser fra kul til forsenkning, og toppjorda kan havne i bunnen eller være blandet med undergrunnsjorda. Disse tingene tyder på at nedvasking av jord og P fra matjordlaget er en viktigere prosess enn intern erosjon dypere i jordprofilen, som understøttes av analyser av moldinnhold i suspendert materiale fra grøfteutløp i Østfold (Eggstad 2006) og av undersøkelser til Øygarden et al. (1997) og Øygarden (2000). Løst P spiller sannsynligvis en viss rolle her også, og bidrar til at sammenhengen ikke blir så god. Det kan stamme fra planterester, husdyrgjødsel eller det er løst ut fra partikler under avrenningsepisoden eller etter vannprøvetaking.



Figur 29. Sammenheng mellom jord- og P-tap i overflatevann (til venstre) og grøftevann (til høyre). Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Pengerud et al. (2006), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

Tabell 12. Forholdet mellom TP (g/ha) og SS (kg/ha) i grøfte- og overflatevann. TP/SS > 2 er uthevet med rød farge. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Pengerud et al. (2006), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

	Overflate	Grøft
Bye	1,2	2,6
Apelsvoll	20	4,3
Vinningland	-	6,1
Holt	0,9	1,6
Askim	1,1	1,3
Bjørnebekk	1,2	-
Hellerud	1,8	-
Lodding 106/107	1,1	1,0
Lodding 101	1,3	-
Lodding 102	1,4	-
Lodding 103	1,2	-
Vandsemb	1,4	4,1
Lodding 108	0,9	-
Øsaker	1,2	-
Syverud	3,0	3,4
Enerstujordet	2,1	5,3
Kvithamar	4,9	2,3
Skjetlein	7,8	4,3

Tabell 13. Tap og andel (%) av ulike P-fraksjoner i grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Korsæth (pers.medd.), Oskarsen et al. (1996), Uhlen (1989) og Øgaard (2009).

Felt	P-fraksjon	Overflatevann		Grøftevann	
		Tap (kg/ha)	Andel (%)	Tap (kg/ha)	Andel (%)
Bye	TP	0,27		0,014	
	PO ₄ -P	0,014	5	0,035	41
	Annet P	0,26	95	0,021	59
Apelsvoll	TP	0,12		0,12	
	PO ₄ -P	0,08	64	0,06	49
	Annet P	0,04	36	0,06	51
Vandsemb	TP	0,42		0,53	
	PO ₄ -P	0,14	33	0,27	50
	Annet P	0,28	67	0,26	50
Kvithamar	TP	0,25		1,3	
	PO ₄ -P	0,067	27	0,10	8
	Løst P	0,10	40	0,15	12
	Partikulært P	0,15	60	1,1	88
Låven	TP	3,3		0,069	
	PO ₄ -P	0,49	15	0,025	36
	Annet P	2,8	85	0,044	64
Huggenes	TP	-		0,037 mg/l	
	PO ₄ -P	-	-	0,0055 mg/l	14
	Annet P	-	-	0,031 mg/l	86

Det er lite data som viser hvor mye P som er i løst eller partikkelbundet form i grøfte- og overflatevann. P kan tapes i løst eller partikkelbundet form, og det er snakk om både organiske og uorganiske P-fraksjoner i begge tilfeller. Ortofosfat (PO₄-P) er den P-fraksjonen som er oppgitt i tillegg til TP for de aktuelle feltene her, dvs Bye, Apelsvoll, Vandsemb og Kvithamar, samt Låven/UMB i Uhlen (1989) og Huggenes i Øgaard (2009). PO₄-P kan forekomme i både løst og kolloidal form, men det ser ut til at det er løst PO₄-P som er målt. Kvithamar har i tillegg til løst PO₄-P oppgitt totalt løst P, og mengden partikulært P kan da beregnes som differansen mellom TP og løst P. Gjennomsnittsverdier over år og ulike behandlinger er presentert i Tabell 13. I de ulike feltene varierte andel PO₄-P mellom 5 og 64 % i overflatevann, og mellom 8 og 50 % i grøftevann. På Kvithamar var det i overflatevann (gjennomsnitt for alle behandlinger) 40 % løst P og 60 % partikulært P. Løst P kan stamme fra husdyrgjødsel og planterester, eller det har blitt løst ut fra partikler. I grøftevann var det 12 % løst P og 88 % partikulært P. PO₄-P utgjorde 27 % av TP i overflatevann, og kun 8 % i grøftevann. PO₄-P, som oppgis å være i løst form, utgjorde 67 % av totalt løst P i både grøfte- og overflatevann. På Apelsvoll var 64 % av TP i overflatevann PO₄-P (i middel for alle dyrkingssystemer), og i grøftevann 49 %. På Bye var andelen PO₄-P 5 % i overflatevann og 41 % i grøftevann. På Vandsemb utgjorde PO₄-P 33 % i overflatevann, og 50 % i grøftevann. På Låven/UMB i Ås var andelen PO₄-P i overflatevann 15 % (Uhlen 1989), mens andelen i grøftevann (36 %) var på nivå med Apelsvoll, som også er morenejord med ulike dyrkingssystemer. I Huggenes (Øgaard 2009) andelen PO₄-P på 14 % i middel for fire blandprøveperioder.

3.4 Nitrogentap

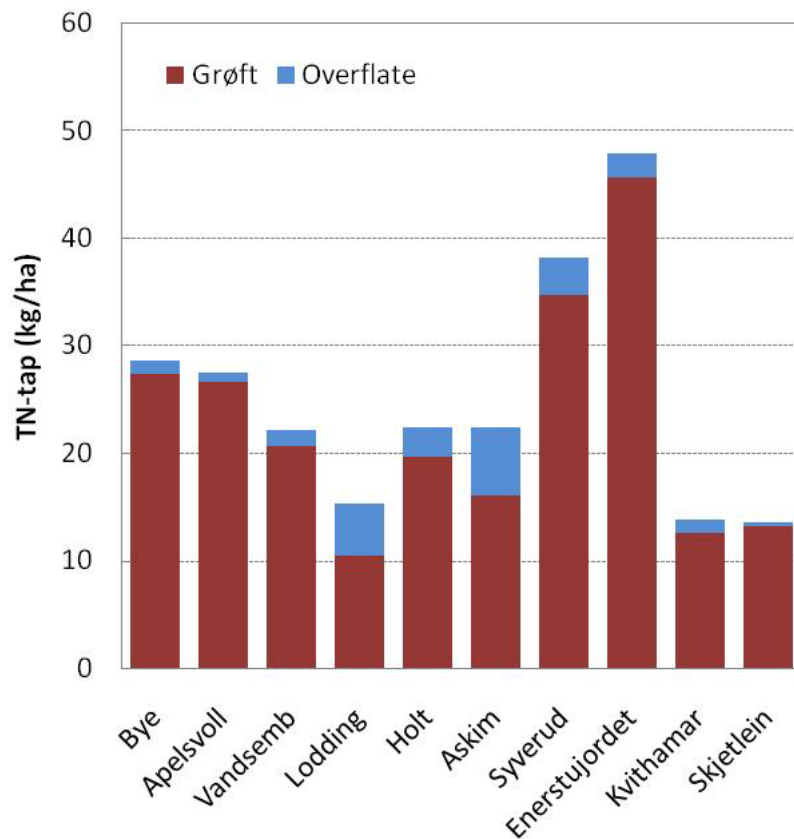
Totale N-tap varierte mellom 14 og 48 kg/ha (Tabell 14). Konsentrasjoner i overflatevann varierte fra 0,74 til 8,2 mg/l, mens konsentrasjoner i grøftevann varierte mellom 2,7 og 18 mg/l. Med hensyn til fordeling av N-tap på grøfte- og overflatevann fordeler feltene seg slik: N-tap gjennom grøftene dominerte i alle felt. I alle de uplanerte feltene, samt det delvis planerte feltet Vandsemb, ble mer enn 90 % av N tapt gjennom grøftene, uavhengig av om totale N-tap var små eller store. På de planerte feltene, der N-tapene var forholdsvis små, var andelen N via grøftene mellom 68 og 88 %.

Tapene var høyest på Syverud og Enerstujordet i Ås (38 og 48 kg/ha). Her gikk henholdsvis 91 og 95 % av N-tapet gjennom grøftene. N-konsentrasjonene i grøftevann var 11 mg/l. Det er ikke kjent hvor store mengder N som har blitt tilført på de to feltene på Ås, bortsett fra at det på Enerstujordet har vært intensiv drift med stor tilførsel av husdyrgjødsel (Lundekvam 1997). Til sammenlikning kan vi se på et annet felt i Ås med N-tap i samme størrelsesorden: Skuterudfeltet. For perioden 1994-03 var N-tap her 45 kg/ha. I en undersøkelse av avlings- og gjødslingsdata i Skuterudfeltet viste Øgaard et al. (2006) at det ofte planlegges for høyere avlinger enn det som oppnås, særlig for hvete, med høyt N-overskudd som resultat.

Nest etter Ås-feltene er det morenefeltene i innlandet som hadde høyest N-tap, 29 kg/ha på Bye og 28 kg/ha på Apelsvoll. I Byefeltet har det stort sett vært dyrket vårkorn med tilførsel av mineralgjødsel, og tall fra JOVA-databasen viser at gjødslingen overskred plantenes behov i måleperioden. Bye hadde høyest N-konsentrasjoner av samtlige felt, i både grøfte- og overflatevann: 18 mg/l i grøftevann og 8,2 mg/l i overflatevann. Apelsvoll hadde i middel noe lavere N-konsentrasjoner, 3,2 og 10 mg/l i henholdsvis overflate- og grøftevann. Noe av forskjellen kan forklares ved at flere av dyrkingssystemene på Apelsvoll har redusert gjødsling, husdyrgjødsel, og andre vekster enn på Bye. På Bye og Apelsvoll kan det antas at lite N tapes som gass ved denitrifikasjon (omdanning av N til lystgass og nitrogengass), da jordfuktigheten vil være relativt lav pga lavt leirinnhold og lite nedbør. N-tap til grøftene utgjorde 96 og 97 % av totale N-tap på henholdsvis Bye og Apelsvoll.

Tabell 14. Gjennomsnittlig årlig nitrogentap og -konsentrasjoner, og fordeling (%) på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

	Tap (kg TN/ha)			Fordeling (%)		Konsentrasjoner (mg TN/l)		
	Overflate	Grøft	Total	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Total
Bye	1,2	27	29	4	96	8,2	18	17
Apelsvoll	0,83	27	28	3	97	3,2	10	9,4
Vandsemb	1,5	21	23	7	93	2,8	10	8,5
Lodding 106/107	4,9	11	15	32	68	2,4	5,3	3,8
Holt	2,8	20	23	12	88	2,4	8,8	6,6
Askim	6,4	16	23	28	72	2,5	6,7	4,5
Syverud	3,5	35	38	9	91	2,8	11	8,5
Enerstujordet	2,3	46	48	5	95	3,3	11	9,6
Kvithamar	1,3	13	14	9	91	0,86	2,8	2,3
Skjetlein	0,43	13	14	3	97	0,74	2,7	2,5



Figur 30. Nitrogentap fordelt på grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997, 2001), Oskarsen et al. (1996) og Haraldsen (1998).

Tabell 15. Gjennomsnittlig årlig nitrogentap og -konsentrasjoner via overflate- og grøfteavrenning i ti felter med ufullstendige data. Datagrunnlag fra Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Pengerud et al. (2006) og Uhlen (1989).

Felt	Tap (kg TN/ha)		Konsentrasjon (mg TN/l)	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Bjørnebekk	12	-	4,1	-
Hellerud	5,1	-	2,7	-
Øsaker	5,0	-	3,5	-
Lodding 101	2,3	-	3,0	-
Lodding 102	3,7	-	5,4	-
Lodding 103	0,35	-	0,64	-
Lodding 104	-	-	-	-
Lodding 108	7,1	-	3,6	-
Vinningland	-	35	-	5,3
Låven/UMB	-	-	-	-

De planerte feltene hadde lavere N-tap (15 - 23 kg/ha) enn feltene på Ås og morenefeltene. Det kan delvis skyldes større denitrifikasjon pga høyere leir- og siltinnhold og dermed høyere vanninnhold og kapillær vanntransport. I Lodding 106/107 og Askim var andelen N til grøftene mindre enn i andre felter, henholdsvis 68 og 72 %. Årsaken til det er at det også var lavere andel grøftevann i disse feltene pga dårlig struktur og liten permeabilitet. En større andel av vannet renner av på overflata uten å være i kontakt med jordmatriks der mesteparten av de løste/mobile N-forbindelsene fins. Ved nedbør kort tid etter gjødsling eller spredning av husdyrgjødsel kan det imidlertid være stor risiko for at løst N tapes ved overflateavrenning på de planerte feltene. N i overflatevannet kan dessuten være partikkelbundet, men vi vet lite om hvor mye dette utgjør. Holt hadde større andel N-tap gjennom grøftene enn Lodding 106/107 og Askim, og også høyere N-konsentrasjoner i grøftevannet. Dette kan dels forklares ved at en større andel av vannet gikk gjennom grøftene her.

På Vandsemb var totalt N-tap på samme nivå som i de andre planerte feltene, men andelen som ble tapt gjennom grøftene var 93 %, altså en større andel. Tall fra JOVA-databasen viser at det i måleperioden var tilført et stort overskudd av N i form av mineralgjødsel og husdyrgjødsel. At N-tapet likevel var relativt lavt kan henge sammen med denitrifikasjon og evt. ammoniakkta (volatilisering) fra husdyrgjødsel. Feltet har jordartene siltig mellomleire og silt, som begge har stor vannlagringsevne og kapillærtransport, slik at potensialet for denitrifikasjon blir stort.

Trøndelagsfeltene hadde lavest N-tap av alle felter, 14 kg/ha på både Skjetlein og Kvithamar. For Skjetlein oppgir Haraldsen (1998) at det i kornperioden ble tilført mer N enn planteopptaket, mens det i engperioden ble tilført mindre enn opptaket. I middel for hele perioden og alle behandlinger var det da et N-overskuddet på 11 kg/ha (ikke korrigert for ammoniakkta fra husdyrgjødsel), som er mindre enn N-tapet. Mineralisering og N-fiksering i kløver i engårene må ha bidratt en del dersom man antar at noe N er fjernet ved denitrifikasjon. På Kvithamar var planteopptaket av N til dels mye lavere enn tilførsel gjennom gjødsel (Myhr et al. 1996). Likevel er tapene relativt lave. N-balansen ligger på 15 til 60 kg/ha (Myhr et al. 1996), og en god del av dette er antakelig ammoniakkta på ruter med husdyrgjødsel, og denitrifikasjon på alle rutene. Denitrifikasjon kan være en viktig prosess her, ettersom det er mye nedbør og høyere leirinnhold her enn i de andre uplanerte feltene. Andel N til grøftene var for Skjetlein og Kvithamar over 90 %, som for de fleste andre feltene.

N-tap i feltene der bare overflateavrenning er målt varierte fra 0,35 kg/ha i Lodding 103 til hele 12 kg/ha på Bjørnebekk (Tabell 15). N-konsentrasjonene i disse feltene var på henholdsvis 0,64 og 4,1 mg/l. Også det planerte feltet Hellerud og det uplanerte feltet Lodding 108 hadde høye N-tap og N-konsentrasjoner i overflateavrenning: 5,1 kg/ha og 2,7 mg/l på Hellerud, 7,1 kg/ha og 3,6 mg/l i Lodding 108. Disse hadde også store jord- og P-tap. Øsaker hadde en N-konsentrasjon i overflatevann på 3,5 mg/l, tilsvarende på Syverud og Enerstujordet på Ås. Mye overflateavrenning ga et N-tap på 5,0 kg/ha. Lodding 101 og 102 hadde N-tap og N-konsentrasjoner på henholdsvis 2,3 kg/ha og 3,0 mg/l, og 3,7 kg/ha og 5,4 mg/l.

Hvilke N-fraksjoner som tapes er det lite informasjon om i de ulike feltene. Det er kun oppgitt slike data for Bye, Apelsvoll, Vandsemb, Kvithamar og til dels Låven. Gjennomsnittsverdier over år og behandlinger er presentert i Tabell 16. N kan tapes i løst form, som nitrat (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) eller organiske forbindelser, og i partikkelbundet form. For Vandsemb og Bye er det bare oppgitt $\text{NO}_3\text{-N}$, for Apelsvoll, Kvithamar og Låven også $\text{NH}_4\text{-N}$. Annet N omfatter sannsynligvis både løst og partikkelbundet organisk N. Tabellen viser at i grøfteavrenning ble N primært tapt som $\text{NO}_3\text{-N}$ (57 - 92 %), mens det i overflateavrenning oftest var mer av $\text{NH}_4\text{-N}$ og andre (organiske) N-fraksjoner (til sammen 54 - 71 %).

Morenefeltene Bye og Apelsvoll hadde størst andel $\text{NO}_3\text{-N}$ i grøftevann av alle feltene, henholdsvis 92 og 87 %. I overflatevann var andel $\text{NO}_3\text{-N}$ henholdsvis 46 og 44 % i disse feltene. På Apelsvoll var det oppgitt verdier for $\text{NH}_4\text{-N}$ også, denne lå på 21 % av TN i overflatevann og 0,28 % i grøftevann. Det betyr at andre N-fraksjoner utgjorde mer av TN enn det $\text{NH}_4\text{-N}$ gjorde. På Vandsemb var andelen $\text{NO}_3\text{-N}$ litt mindre i både grøfte- og overflatevann enn på morenefeltene, henholdsvis 71 og 37 %. Kanskje har dette sammenheng med denitrifikasjon, der $\text{NO}_3\text{-N}$ omdannes til N-gasser. Som vi har vært inne på har jorda på Vandsemb sannsynligvis relativt høyt potensial for denitrifikasjon. Det gjelder også for Kvithamar, og vi ser av tabellen at $\text{NO}_3\text{-N}$ utgjorde bare 57 % av TN i grøftevann og 29 % i overflatevann. Her utgjorde $\text{NH}_4\text{-N}$ 18 % av TN i overflatevann og 3 % i grøftevann. Som for Apelsvoll var det dermed mer av andre N-fraksjoner enn av $\text{NH}_4\text{-N}$. På Låven/UMB på Ås var TN ikke oppgitt, men vi ser at mengde $\text{NO}_3\text{-N}$ var 170 ganger større enn mengde $\text{NH}_4\text{-N}$ i grøftevann, mens i overflatevann var det dobbelt så mye $\text{NH}_4\text{-N}$ som $\text{NO}_3\text{-N}$.

Tabell 16. Tap og andel (%) av ulike N-fraksjon i grøfte- og overflatevann. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Korsæth (pers.medd.), Oskarsen et al. (1996) og Uhlen (1989).

Felt	N-fraksjon	Overflatevann		Grøftevann	
		Tap (kg/ha)	Andel (%)	Tap (kg/ha)	Andel (%)
Bye	TN	1,2		25	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,57	46	27	92
	Annet N	0,66	54	2,1	8
Apelsvoll	TN	0,83		27	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,37	44	23	87
	$\text{NH}_4\text{-N}$	0,18	21	0,075	0,28
	Annet N	0,28	34	3,5	13
Vandsemb	TN	1,6		21	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,58	37	15	71
	Annet N	1,0	63	6,0	29
Kvithamar	TN	1,3		13	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,37	29	7,2	57
	$\text{NH}_4\text{-N}$	0,23	18	0,35	3
	Annet N	0,68	53	5,1	40
Låven	TN	-	-	-	-
	$\text{NO}_3\text{-N}$	0,93	-	18	-
	$\text{NH}_4\text{-N}$	1,8	-	0,10	-

3.5 Variasjon mellom år

Til nå har vi framstilt gjennomsnittsverdier over flere år for de aktuelle feltene.

Gjennomsnittsverdier gir bare et grovt estimat for hvordan vann og næringsstoffer fordeler seg på grøfte- og overflateavrenning. Slike data må brukes med varsomhet, ettersom slike gjennomsnittsverdier potensielt kan gi et meget skjevt bilde av de faktiske forholdene. Det kreves også innsikt i variasjonen mellom år og gjennom året for å kunne bruke slike data på en forsvarlig måte. I dette kapitlet ser vi på årlige verdier og gjennomsnittlige månedsverdier for avrenning, jord og næringsstofftap i felter der slike data er tilgjengelige.

Informasjon om årlige verdier for avrenning, jord- og næringsstofftap har vi for sju av de 10 feltene: Bye, Apelsvoll (perioden 2001-09), Vandsemb, Lodding 106/107, Holt, Enerstujordet og Skjetlein. På Askim har vi årlige verdier for avrenning og jordtap, på Syverud og Kvithamar kun avrenning. Med disse dataene kan vi si noe om hvordan fordeling på grøfte- og overflatevann varierer mellom år i måleperiodene. Igjen ser vi på gjennomsnitt uten å skille mellom ulike drift/behandling. Statistiske mål på variasjonen, i form av minimum og maksimum, median, aritmetisk middel, standardavvik og CV, er presentert i vedlegg 2.

Variasjonskoeffisienten, CV (standardavviket \times 100/middelverdien), sier noe om hvor stor variasjonen er. Vi klassifiserer her CV i klassene liten (0 - 15 %), middels (15 - 50 %), stor (50 - 100 %) og svært stor (> 100 %). I Tabell 17 er det en oversikt over CV for grøfte- og overflateavrenning og tap av jord, P og N til grøfte- og overflatevann.

Tabell 17. Variasjonskoeffisienter (CV) for mengde grøfte- og overflatevann og tap av jord, P og N via grøfter og overflatevann. Fargekoding tilsvarende klassifisering av CV i klassene middels (grønn), stor (oransje) og svært stor (rød). Ingen av feltene hadde CV i klassen "liten variasjon" for avrenning og tap. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Korsæth (pers.medd.), Øygarden (2000), Lundekvam (1997) og Haraldsen (1998, pers.medd.).

Felt	Avrenning		Jordtap		P-tap		N-tap	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Bye	124	41	213	233	198	103	135	46
Apelsvoll	94	16	98	55	115	28	107	33
Vandsemb	96	39	267	92	173	51	113	38
Lodding 106/107	22	73	67	98	55	85	39	76
Holt	44	53	96	96	85	99	56	51
Enerstujordet	103	34	155	66	83	60	94	38
Skjetlein	40	23	97	39	47	31	59	55

Mest påfallende er de høye verdiene for CV på Bye: variasjonen mellom år var svært stor, med unntak av vann og N til grøftene, som viste middels variasjon. Årsaken til de høye CV-verdiene er at det i løpet av den 14 år lange måleserien på Bye forekom flere "ekstreme" hendelser (Figur 31): Jevnt over har det vært lite overflateavrenning på Bye, men i de agrohydrologiske årene 1996-97, 1998-99, 2000-01 og 2007-08 var mengden overflateavrenning større enn ellers. I tre av disse årene var også tap og konsentrasjoner av jord, P og N større enn ellers. Mest ekstremt var året 2000-01, avrenningen var bortimot dobbelt så stor som i middel for de andre årene, og jordtapene var på

nivå med det vi i foregående avsnitt har sett på de planerte leirjordsfeltene. Grunnlagsdataene viser at mesteparten av tapene skjedde i forbindelse med snøsmelting våren 2001. Selnes (2001) forklarer dette med at store nedbørsmengder høsten 2000 førte til at jorda ble vannmettet og frøs med et unormalt stort vanninnhold. Ved snøsmelting må telen ha vært så kompakt at smeltevann ikke kunne infiltrere, og det ble svært mye overflateavrenning som etter hvert rev med seg det tinte jordlaget. Våren 1997, 1998 og 2008 var det også store tap med overflateavrenning forbundet med snøsmelting. På forsommeren 1997 og i juli 2008 var det store jord- og P-tap som antakelig kan skyldes intense regnskyll. Også i juli 2004 var det høye konsentrasjoner av partikler og P i overflatevann, noe som ikke gjenspeiles i tapene for 2004-05 pga lite avrenning. Disse tilfellene viser at det er svært viktig å ha lange måleserier dersom man ønsker et bilde av både normalsituasjonen og frekvensen av ekstreme hendelser. Ekstremhendelser med overflateavrenning i forbindelse med snøsmelting og/eller intense regnskyll om sommeren ser altså ut til å forekomme 30 % av tida under gjeldende drift og værforhold på Bye. Året 1995-96 utmerker seg også, først og fremst med lave N-tap. Dette året var det en kald vinter med lite nedbør, og det utviklet seg dyp tele. Andel overflateavrenning og tap av både SS, P og N med overflatevann var høyere enn gjennomsnittet dette året fordi den dype telen hindret transport gjennom jorda til grøftene.

På Apelsvoll var årlige data bare tilgjengelig for perioden 2001-09. I denne perioden var variasjonen middels til svært stor (i middel for alle behandlinger), aller størst for P-tap og N-tap via overflateavrenning. I fire av årene skjedde 99 % av avrenningen gjennom grøftene, mens i de andre fire årene var andelen grøfteavrenning nede i 83 - 89 %. Andelen jord-, P og N-tap fulgte samme mønster. I perioden 2001-03 var det ikke målt tap av jord, P eller N via overflateavrenning. SS-konsentrasjonene var noenlunde lik i grøfte- og overflatevann i fire av de seks årene da det var målt tap via overflateavrenning. P-konsentrasjonene var derimot alltid høyest i overflatevann, så her var ingen direkte sammenheng mellom jord- og P-tap. Det må bety at en god del P ble tapt i løst form, som antydnet i forrige kapittel (Tabell 13), der andel PO_4 -P var 64 % i overflatevann. I 2005-06 var SS-konsentrasjonen mange ganger høyere i overflatevann enn i grøftevann, og P-konsentrasjonene var også høye. Dette året var imidlertid både jord- og P-tap lavere enn gjennomsnittet. P-konsentrasjonen i grøfte- og overflatevann var aller høyest i 2004-05, et år med relativt lite avrenning, men forholdsmessig mye overflateavrenning. N-tap og N-konsentrasjoner var høyest i 2002-03 og 2005-06, men det ene året var det ikke målt N i overflatevann, mens det andre året var N-konsentrasjonen hele 7,8 mg/l. Som vi har sett er det jevnt over ubetydelige jordtap på Apelsvoll, og mesteparten tapet skjer gjennom grøftene. På Apelsvoll er det imidlertid også dokumentert at betydelig jordtap via overflateavrenning tidvis forekommer: Rett etter såing i 1995 kom det en nedbørsepisode på finsmuldret jord, og både jord, halmstubb, frø og settepoteter fløt avgårde (Eltun, pers.med). Denne ene episoden medførte at gjennomsnittlig årlig jordtap i overflatevann rapportert for perioden 1990-97 (Eltun et al. 2002) var ti ganger større enn rapportert for perioden 1990-94 (Eltun et al. 1996).

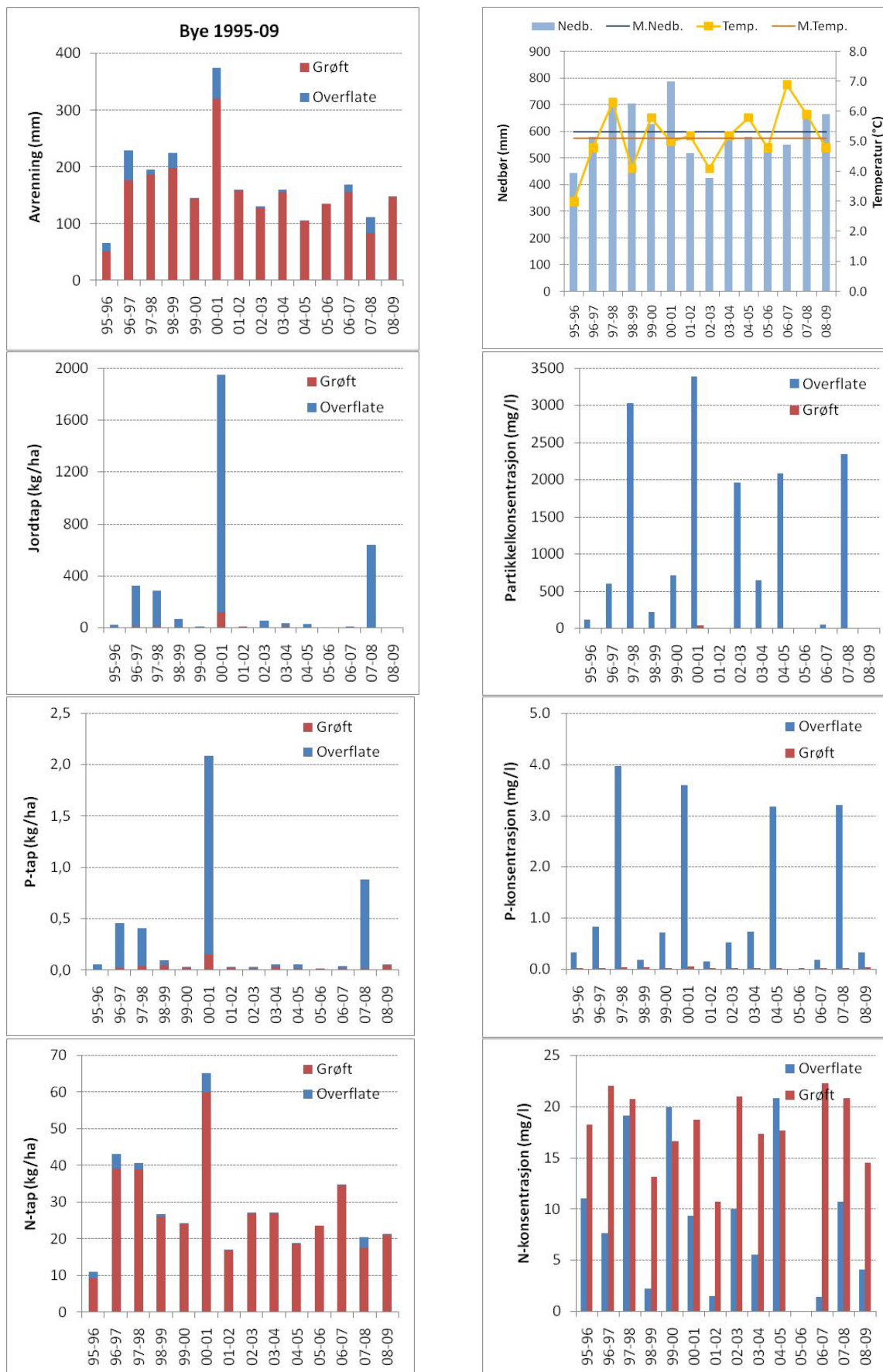
Variasjonen på de planerte feltene Lodding 106/107 og Holt var fra middels til stor. I Lodding 106/107 ser vi at tapene hovedsakelig skjedde gjennom grøftene, med unntak av året 1990 da overflateavrenning dominerte (Figur 34). På Holt var tap av SS og P til grøftene viktigere i 1986-1989 (Figur 35). De første vintrene var snøvintre ifølge Lundekvam (1997), han påpeker at det var lite tele vintrene 1987 og 1988, og derfor var det lite overflateavrenning, og mesteparten av jordtapet skjedde om høsten disse to årene. Dette forklarer at mengder og andel av jord- og P-tap til grøftene var høyest disse årene, andelene var 59 % i 1987 og 89 % i 1988. Det samme ser vi for Lodding 106/107. Ekstra store jord- og P-tap på Holt i perioden 1990-92 skyldes ifølge Lundekvam (1997) at vintrene var milde med mye nedbør. Maksimale tap av jord og P skjedde i 1990 på Holt, og da primært med overflateavrenning. Dette året hadde også den største andelen N-tap med

overflateavrenning, hele 62 %. Dette korresponderer med året 1990 i Lodding 106/107. I 1990 skal det ha vært mange fryse-tine-episoder i løpet av vinteren, som førte til stadig større vanninnhold og mer kompakt tele i jorda (Øygarden, pers.medd.), noe som fører til liten infiltrasjonskapasitet og stor risiko for overflateavrenning. Holt var høstpløyd i hele måleperioden, men fra 1993 sluttet man helt å høstpløye i søkket i Holtfeltet, som gjenspeiles i lave tap de siste to årene. N-tap var ekstra store i fire av årene (1987, 1992, 1994 og 1995), årsaker til det var tørke om sommeren i 1992 og 1994, og dermed dårlig plantevekst og lite N-opptak, og mye nedbør rett etter våronna i juni 1995, med stor utvasking av N som følge (Lundekvam 1997). Denne episoden finner vi også igjen på Apelsvoll, som nevnt over. De store N-tapene i 1987 kan ha sammenheng med stormflo på Sørøstlandet i oktober 1987 (Øygarden, pers.medd.).

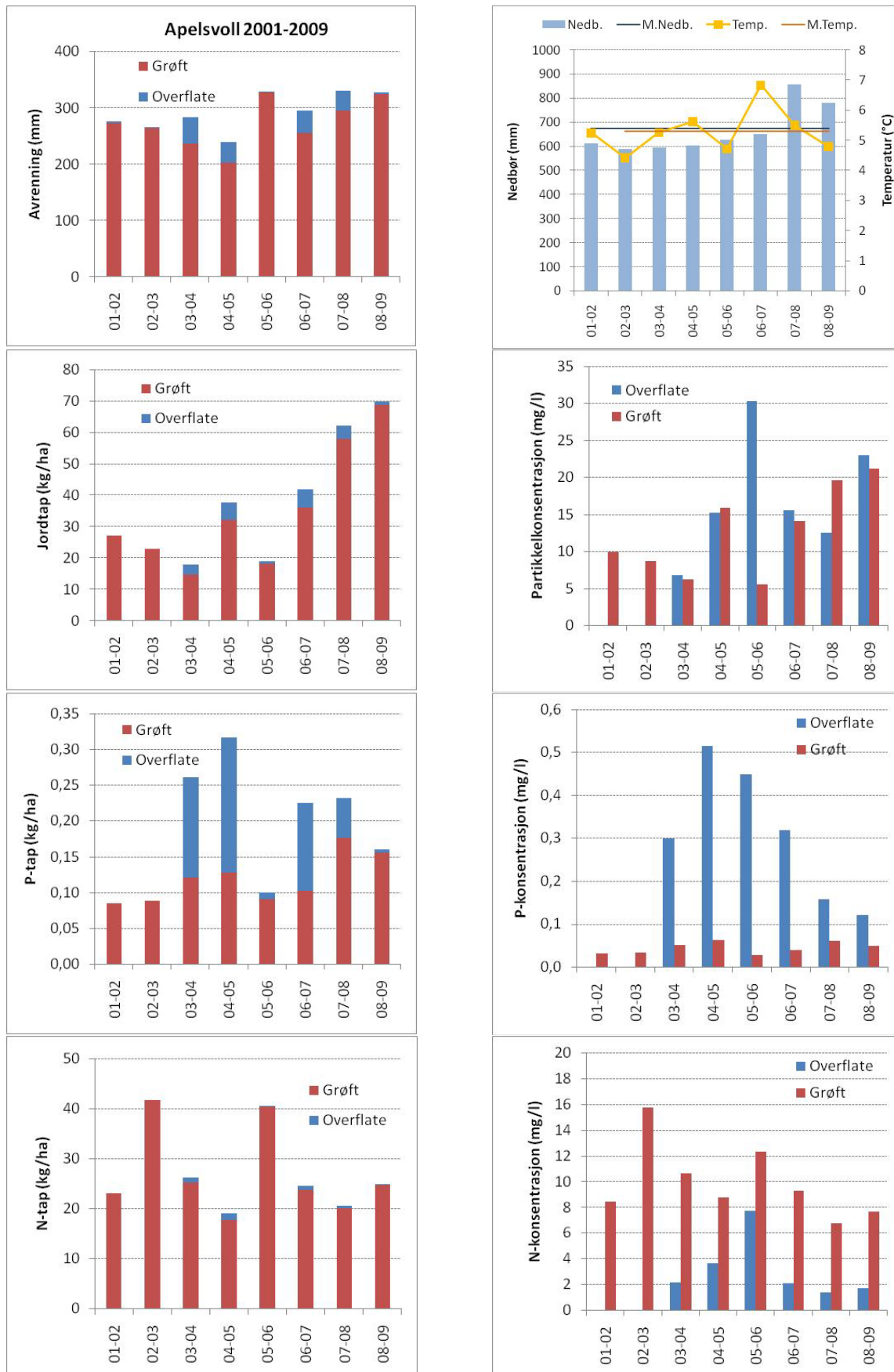
På Vandsemb var variasjonen for det meste stor til svært stor, for vann og N i grøftene var variasjonen middels. Avrenningen var spesielt stor i 1998-99, da utgjorde overflateavrenning hele 44 %, og i 2000-01, da andelen overflateavrenning var mindre enn i gjennomsnitt (Figur 33). 1998-99 utmerket seg med over 3000 kg/ha jordtap, hvorav det aller meste (97 %) kom med overflateavrenning, mens jordtapet de andre årene lå under 500 kg/ha. Tilsvarende var det store tap av N og P dette året, og andelen til overflatevann var større enn normalt, henholdsvis 76 og 17 %. Som observert på Holt var det høye N-konsentrasjoner i grøfte- og overflatevann i 1995-96, også her pga mye nedbør i juni.

Variasjonen på Enerstujordet var middels til svært stor, middels for vann og N i grøftene og stor til svært stor for vann og N i overflateavrenning og SS og P i både grøfte- og overflatevann. Som nevnt tidligere var det særlig intensiv drift de første par årene på Enerstujordet, og det gjenspeiles i høye P- og N-tap i 1986 og 1987 - over 5 kg P/ha og over 70 kg N/ha (Figur 36). I 1986 var andelen overflateavrenning den høyeste observerte, 45 % sammenliknet med et gjennomsnitt på 14 %. Konsentrasjonene av SS, P og N var høyere i grøftevann enn i overflatevann, særlig for N var forskjellen stor. I 1987 var andelen overflateavrenning den laveste observerte (4 %), mens konsentrasjoner av SS, P og N var meget høye i overflateavrenning. Som for Holt bidro antakelig stormflo høsten 1987 til store N-tap. Utover dette utmerket særlig 1990 seg (jf Lodding 106/107 og Holt), med store tap og konsentrasjoner av SS og P via overflateavrenning. Dette året var andelen SS via overflateavrenning hele 85 %, mot under 35 % i gjennomsnitt for de andre årene.

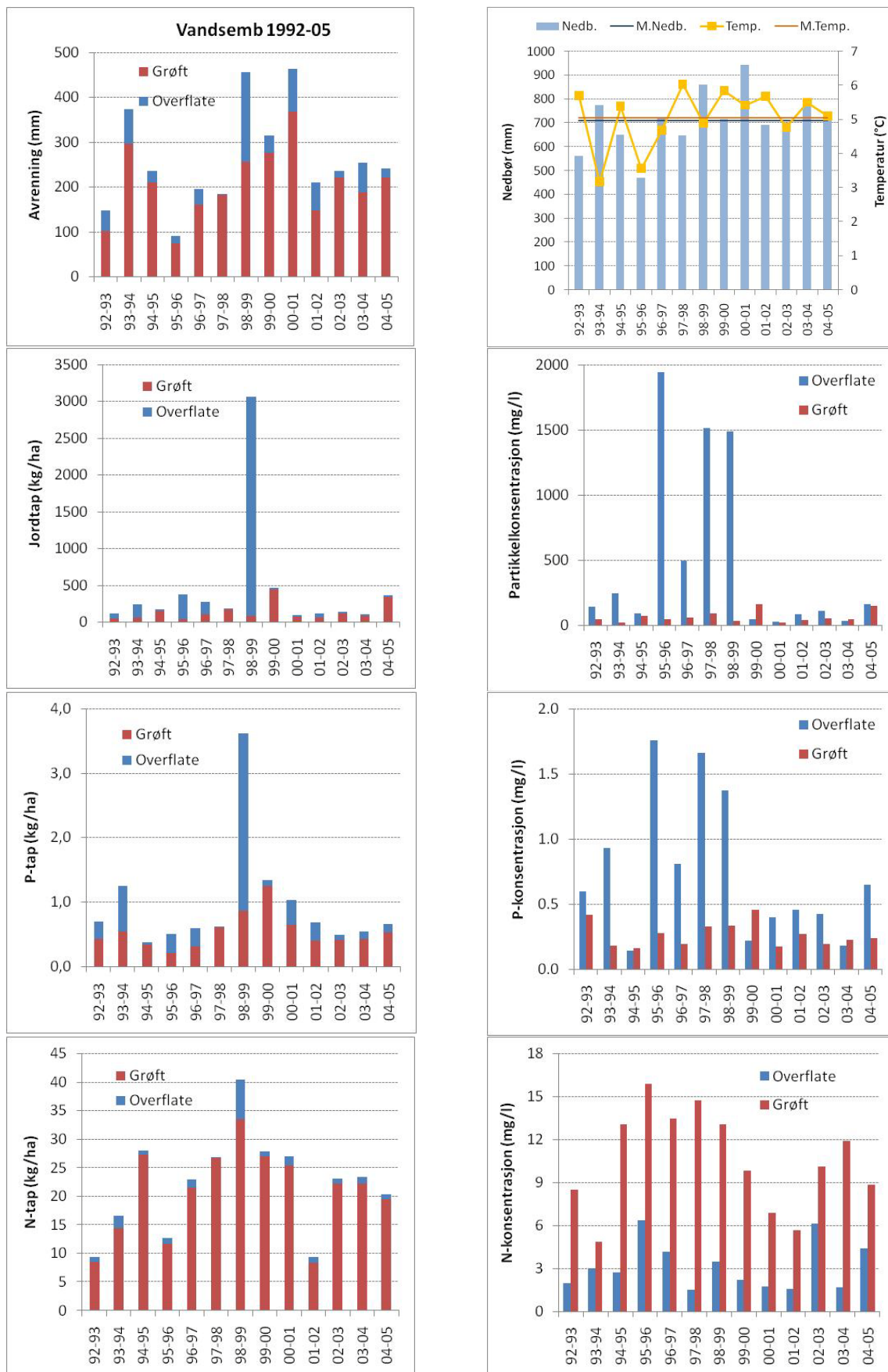
På Skjetlein var variasjonen mellom år middels til stor. De første årene var det korn, og jordtapene med overflateavrenning var større enn i de siste tre årene (Figur 37), da det var eng. P-konsentrasjonene var større i overflateavrenning i engårene, og det kan ha sammenheng med utfrysing av P fra plantematerialet. Større N-tap i kornårene skyldes overskudd av N i jorda disse årene (Haraldsen 1998).



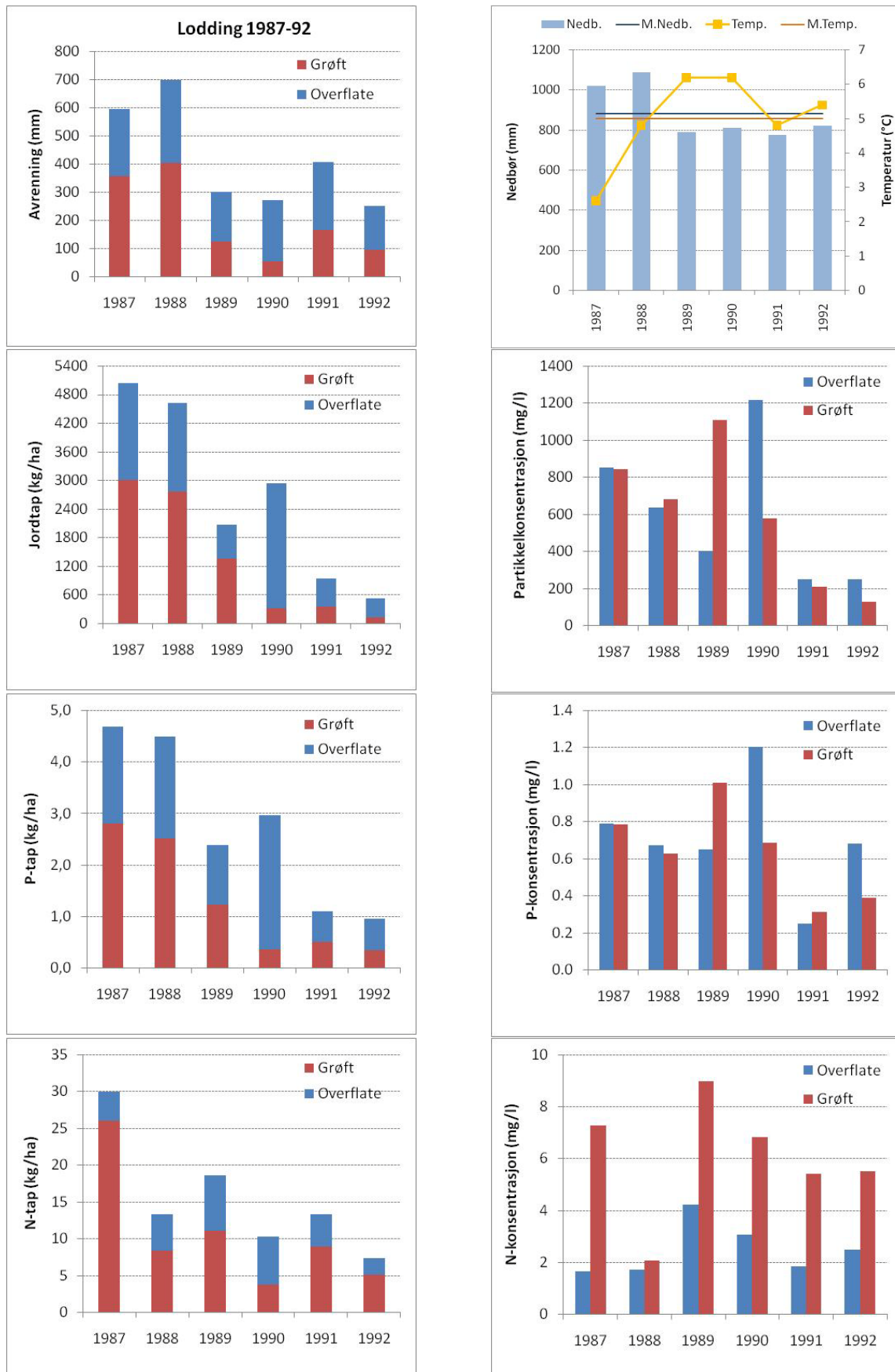
Figur 31. Årlig (agrohydrologisk år, 1.mai - 30. april) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftvann på Bye (JOVA-databasen).



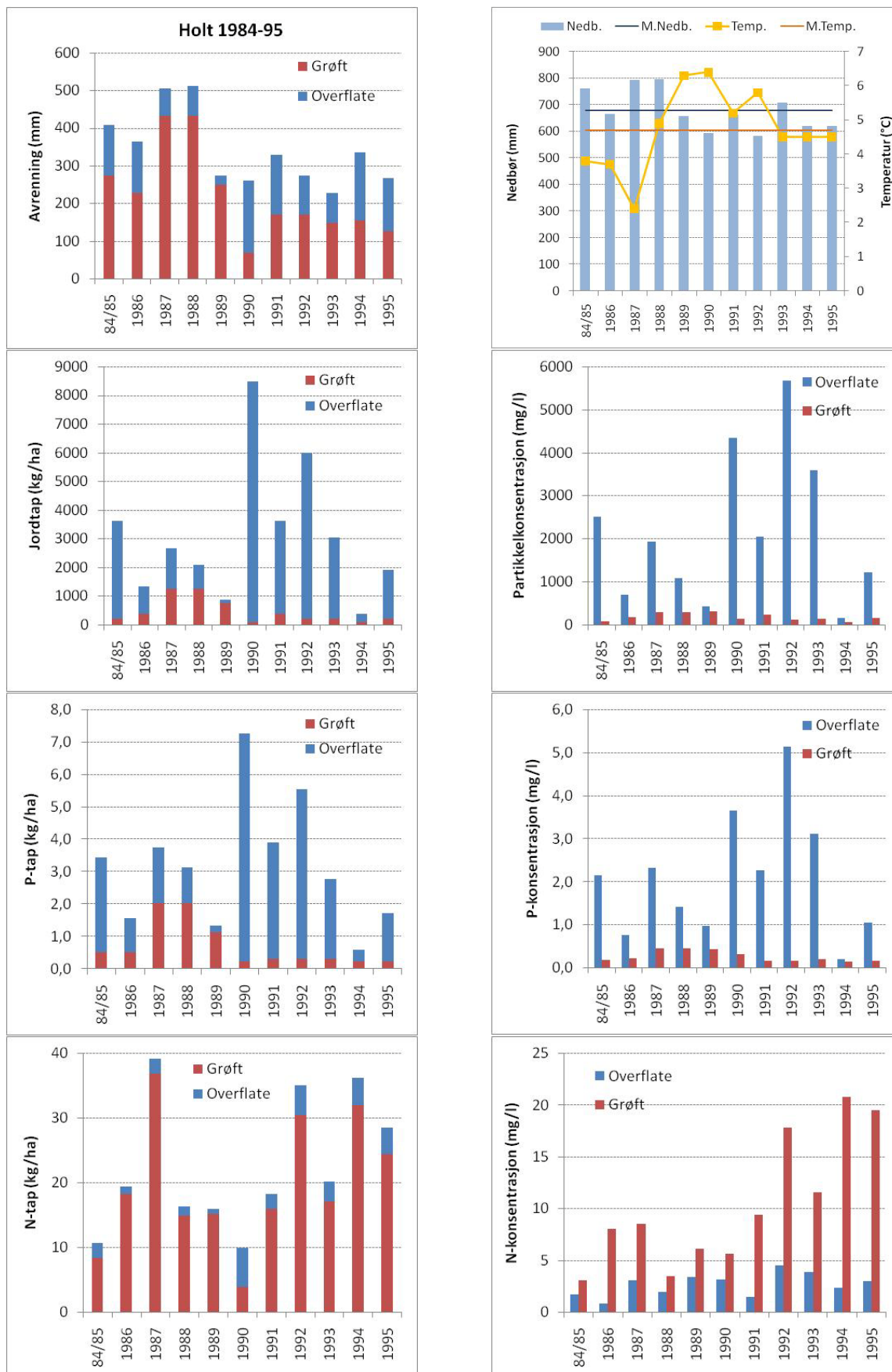
Figur 32. Årlig (agrohydrologisk år, 1.mai - 30. april) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftevann på Apelsvoll (Korsæth pers.medd.).



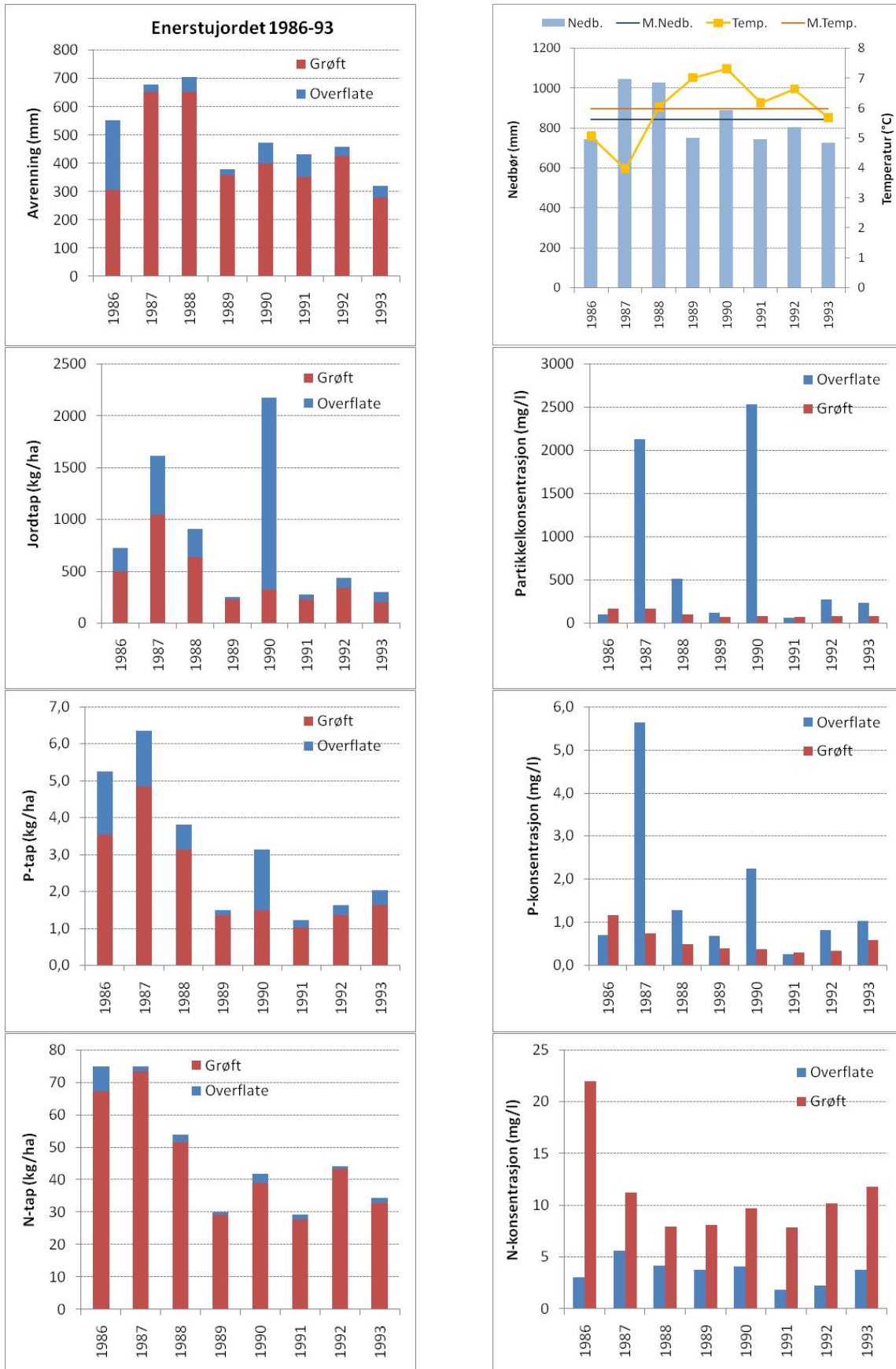
Figur 33. Årlig (agrohydrologisk år, 1.mai - 30. april) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftevann på Vandsemb (JOVA-databasen).



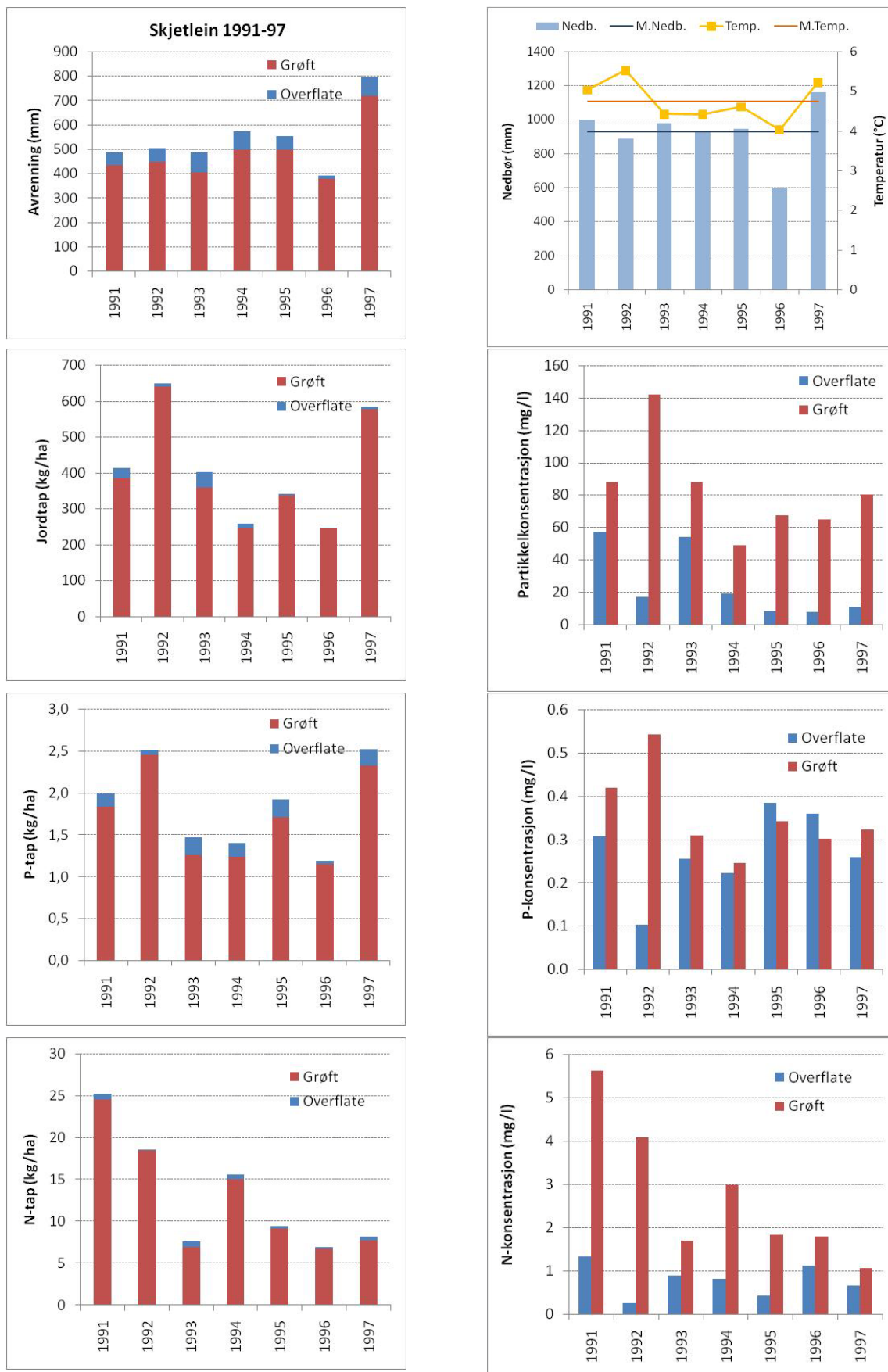
Figur 34. Årlig (kalenderår, 1. januar - 31. desember) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftevann i Lodding 106/107 (Øygarden 2000).



Figur 35. Årlig (kalenderår, 1. januar - 31. desember) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftvann på Holt (Lundekvam 1997).



Figur 36. Årlig (kalenderår, 1. januar - 31. desember) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftevann på Enerstujordet (Lundekvam 1997).



Figur 37. Årlig (kalenderår, 1. januar - 31. desember) avrenning, nedbør, lufttemperatur og tap og konsentrasjoner av jord, P og N i overflate- og grøftevann på Skjetlein (Haraldsen pers.medd.).

Detaljerte studier av hvordan avrenning og tap varierer gjennom året er ikke prioritert i denne rapporten, men vi vil gi en grov oppsummering basert på middelverdier for hele måleperioder i noen felter der månedlige verdier er publisert eller tilgjengelig: Bye, Apelsvoll, Vandsemb og til dels Askim og Kvithamar. Månedlig avrenning, jordtap og SS-konsentrasjoner er vist i Figur 38, og månedlig tap og konsentrasjoner av N og P i Figur 39. På Askim gjelder dataene på høstpløyde ruter, på de andre er det gjennomsnitt av ulik drift.

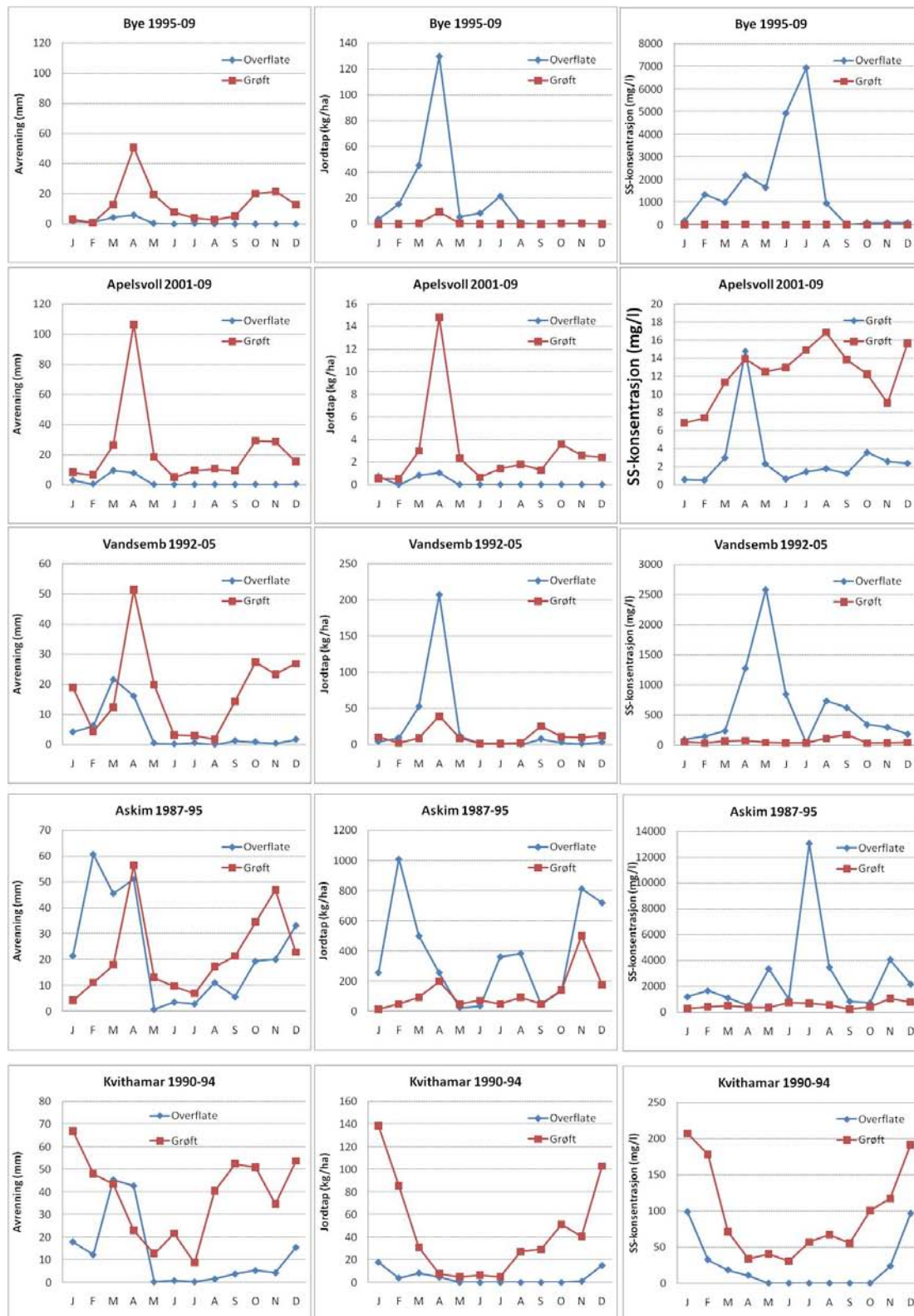
I gjennomsnitt for måleperiodene hadde den samlede avrenningen generelt en topp om våren og en topp om høsten i disse feltene. I alle feltene var avrenningen størst i forbindelse med snøsmelting om vinteren og våren, særlig ved "hovedsmeltingen" i mars-april. Kvithamar skiller seg litt ut ved at avrenningstoppen var allerede i januar. Overflateavrenningen i alle felter nådde toppen i snøsmeltingsperioden om våren fordi tele hemmer infiltrasjon av nedbør og smeltevann, samt at det er relativt mye vann med høy intensitet. På Vandsemb, Askim og Kvithamar var overflateavrenningen større enn grøfteavrenningen i noen av vinter- og vårmånedene. I Askim og i den planerte delen av Vandsemb har jorda i utgangspunktet liten infiltrasjonskapasitet pga dårlig jordstruktur, og med tele i jorda blir den ytterligere redusert. Kvithamar har, som vi har sett, sannsynligvis høy infiltrasjonskapasitet pga sterk makroporeutvikling, men muligens er vinteren såpass ustabil her at makroporene fylles med vann ved gjentatt snøsmelting og nedbør i tineperioder, og dette vannet fryser i perioder med frost. Selv om det da kanskje ikke er så dyp tele, kan telen være kompakt og lite gjennomtrengelig for vann. I morenefeltene var det i middel alltid mindre overflateavrenning en grøfteavrenning hele året. Det skyldes delvis at denne morenejordas infiltrasjonskapasitet kan være relativt høy, og dessuten er temperatur og snødekke mer stabilt gjennom vinteren slik at telen ikke blir så kompakt.

I sommermånedene var det lite avrenning, særlig overflateavrenning, i alle felter, ettersom det er plantedekke som tar opp og transpirerer mye av nedbøren som infiltrerer. Askim utmerket seg med forholdsvis mye overflateavrenning også om sommeren, det kan nok tilskrives regnskyll som var så intense at infiltrasjonskapasiteten ble overskredet, eventuelt på jord som var så tørr at den ble vannavstøtende.

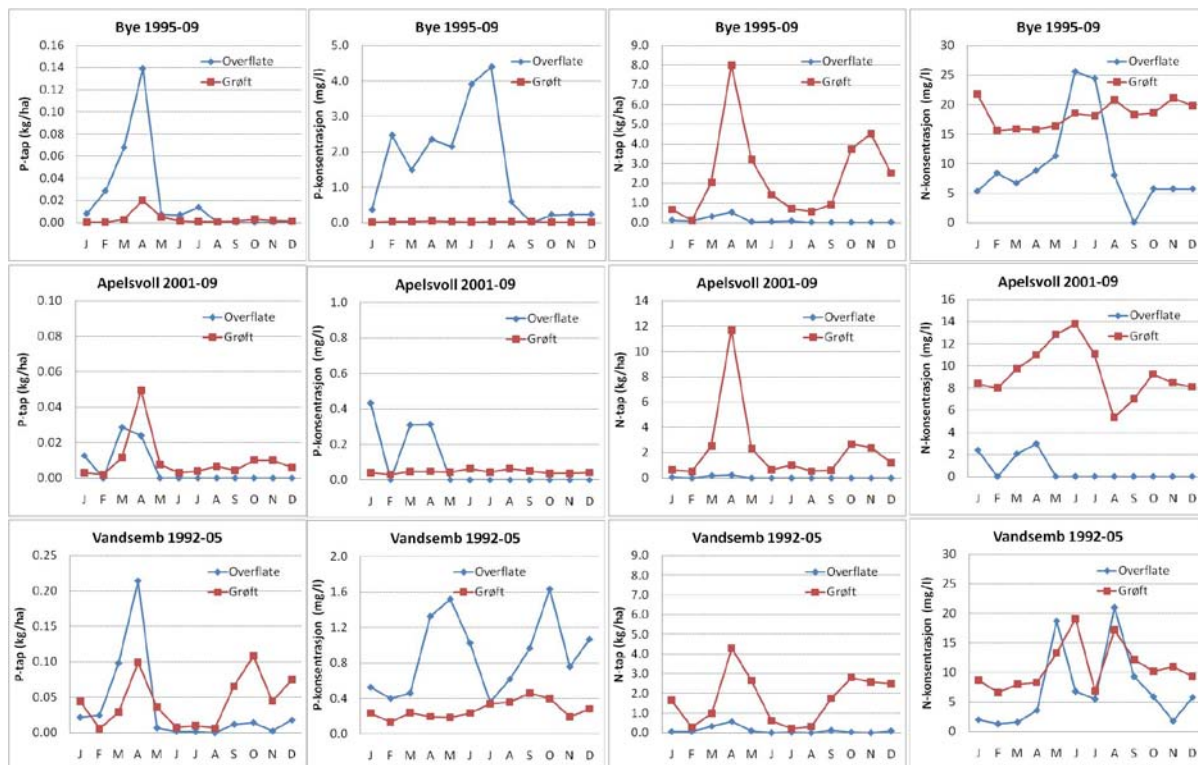
Avrenningen økte fra juli-august, og grøfteavrenningen nådde en ny topp i oktober-november. Dette er nedbørrike måneder, og jorda er ikke lenger under plantedekke som tar opp infiltrert vann og hindrer transport av overflatevann. Overflateavrenningen var likevel lavere enn i vinter- og vårsesongen, siden det ikke er tele. På Bye og Apelsvoll var overflateavrenningen minimal utover hele høsten og vinteren. I Askim økte overflateavrenningen fra måned til måned, ettersom infiltrasjonskapasiteten blir stadig dårligere når regn og overflatevann bryter ned aggregater og jorda slemmes igjen av partikler.

Jordtapene fulgte noenlunde samme mønster som avrenningen. April var hovedmåned for jordtap på Bye, Apelsvoll og Vandsemb, og en ny, men betydelig mindre topp så ut til å forekomme i september-oktober. På Bye og Vandsemb dominerte jordtap via overflateavrenning om våren, og via grøftene om høsten, mens på Apelsvoll var jordtap via grøftene viktigst både vinter og vår. Bye hadde også ganske store jordtap via overflatevann om sommeren, det kan kanskje tilskrives intense regnskyll på jord med lite utviklet plantedekke eller på tørr, nærmest vannavstøtende jord. Askim hadde meget høye jordtap med overflateavrenning om vinteren og våren, juli-august og sen høst. Tap via grøftene var størst i april, etter at tele, snøsmelting og overflateavrenning begynte å gi seg, og i november. Det var høyst variabelt når SS-konsentrasjonene nådde toppen. I overflatevann på Apelsvoll og Vandsemb var det i april-mai, på Bye og i Askim i juli. På Kvithamar dominerte tap via

grøftene hele året. Jordtap og SS-konsentrasjoner var absolutt høyest i desember-januar på Kvithamar, både i grøfte- og overflateavrenning.



Figur 38. Månedlig avrenning, jordtap og SS-konsentrasjoner i grøfte- og overflatevann i feltene Bye, Apelsvoll og Vandsemb. Datagrunnlag fra JOVA-databasen, Korsæth (pers.medd.), Lundekvam (1997) og Oskarsen et al. (1996).



Figur 39. Månedlig N-tap, N-konsentrasjoner, P-tap og P-konsentrasjoner i grøfte- og overflatevann i feltene Bye, Apelsvoll og Vandsemb. Datagrunnlag fra JOVA-databasen og Korsæth (pers.medd.).

Månedlig N- og P-tap er bare tilgjengelig for Bye, Apelsvoll og Vandsemb. På Bye og Vandsemb fulgte månedlige P-tap helt klart månedlige jordtap. Slik var det delvis også på Apelsvoll, men her var det forholdsmessig større P-tap enn jordtap via overflatevann sammenliknet med grøftevann. Som vi har vært inne på tidligere, tyder datamaterialet på at det er mye løst P i overflatevann her, som igjen knyttes til utfrysing av P i systemer med gras, kløver og fangvekst. N-tapene fulgte i stor grad avrenningen - om vinteren reduseres N-utvaskingen pga tele, om sommeren pga planteopptak. Før våronna og etter høsting er N utsatt for utvasking fordi det verken er tele eller plantedekke, og dermed får vi maksimale tap i grøftene i april og oktober/november. Det var lite N i overflatevann på Bye, Apelsvoll og Vandsemb, men alle feltene hadde en liten topp i april. Dette kan delvis være partikulært N som rives løs fra tint jordlag før telen har gått i dypere lag, løst N som kommer opp fra det tinte laget, og evt løst N fra fangvekst og eng. Det siste er aktuelt på Vandsemb, der var det fangvekst noen av årene, og på Apelsvoll, der det er ruter med fangvekst eller eng.

3.6 Effekter av jordarbeiding, vekst og gjødsling

I dette avsnittet ser vi igjen på gjennomsnittsverdier for hele måleperioden, men skiller mellom drift/behandlinger.

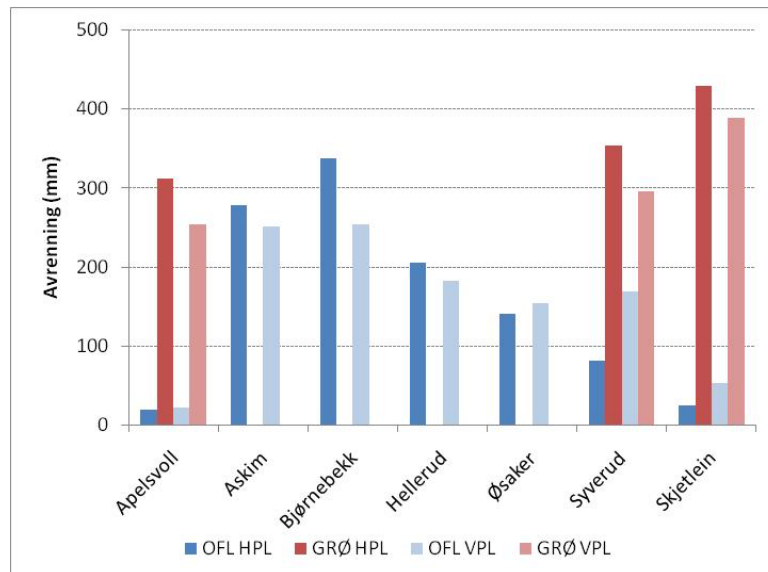
3.6.1 Jordarbeiding

Effekter av tidspunkt for jordarbeiding er direkte studert på de fem rutefeltene Apelsvoll, Askim, Syverud, Kvithamar og Skjetlein. På noen av småfeltene har jordarbeiding vekslet fra år til år, samt at man på Holt sluttet å høstpløye søkket de siste par årene av måleperioden. Her tar vi med resultater også for tre felter der det bare er målt overflateavrenning: Øsaker (uplanert stiv leire), Bjørnebekk (planert siltig lettleire) og Hellerud (planert mellomleire).

Effekter av jordarbeiding på avrenning er vist i Tabell 18 og Figur 40. På de uplanerte feltene Syverud og Skjetlein, og i mindre grad Apelsvoll og Øsaker, ser vi at mengden overflateavrenning økte ved jordarbeiding om våren sammenliknet med jordarbeiding om høsten. Andelen grøfteavrenning ble følgelig redusert. På de planerte feltene Askim, Bjørnebekk og Hellerud var derimot mengden overflatevann mindre ved jordarbeiding om våren enn ved høstpløying. Lundekvams (1997, 2007a) forklaring på forskjellen mellom Bjørnebekk og Syverud mht virkning av høstpløying på overflateavrenning er som følger: På planert jord (Bjørnebekk), som har lav aggregatstabilitet, vil høstpløying føre til større risiko for at aggregatene bryter sammen, slik at jorda slemmes igjen og infiltrasjonskapasiteten reduseres. Hvis jorda i stedet ligger i stubb, er aggregatene bedre beskyttet og infiltrasjonskapasiteten opprettholdes. På den uplanerte jorda (Syverud), der aggregatene er mer stabile, er ikke jorda like utsatt for gjenslemming, og den positive effekten av høstpløying på jordas porøsitet og infiltrasjonskapasitet overgår den negative effekten av høstpløying på aggregatstabiliteten. Lundekvam nevner at forskjellen mellom planert og uplanert jord var mer framtrødende i år med grunn tele om vinteren: På høstpløyd uplanert jord kan vann infiltrere i den porøse pløgsla, og det må fryse godt under ploglaget før jorda blir tett. Jord som ikke pløyes om høsten tettes derimot fort, selv ved grunn tele. Den planerte jorda blir tett uansett, pga gjenslemming. I år med dypere tele var forskjellene mellom Bjørnebekk og Syverud mindre, antakelig fordi dyp tele også gjør den uplanerte jorda tett selv når den er høstpløyd.

Tabell 18. Effekter av tidspunkt for jordarbeiding på avrenning (mm), og forholdstall mellom avrenning ved jordarbeiding høst og vår. Andel grøfteavrenning i % i parentes. Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Korsæth (pers.medd.), Lundekvam (1997) og Haraldsen (1998).

	Jordarbeiding høst		Jordarbeiding vår		Forholdstall høst/vår	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Apelsvoll	20	312 (94 %)	23	254 (92 %)	1,14	0,82
Askim	278	-	251	-	0,90	-
Bjørnebekk	338	-	254	-	0,75	-
Hellerud	205	-	183	-	0,89	-
Øsaker	141	-	154	-	1,09	-
Syverud	83	353 (81 %)	169	296 (64 %)	2,05	0,84
Skjetlein	26	429 (94 %)	53	388 (88 %)	2,08	0,90



Figur 40. Overflateavrenning (OFL) og grøfteavrenning (GRØ) ved høstpløying (HPL) og vårpløying/vårharving (VPL). Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Korsæth (pers.medd.), Lundekvam (1997) og Haraldsen (1998).

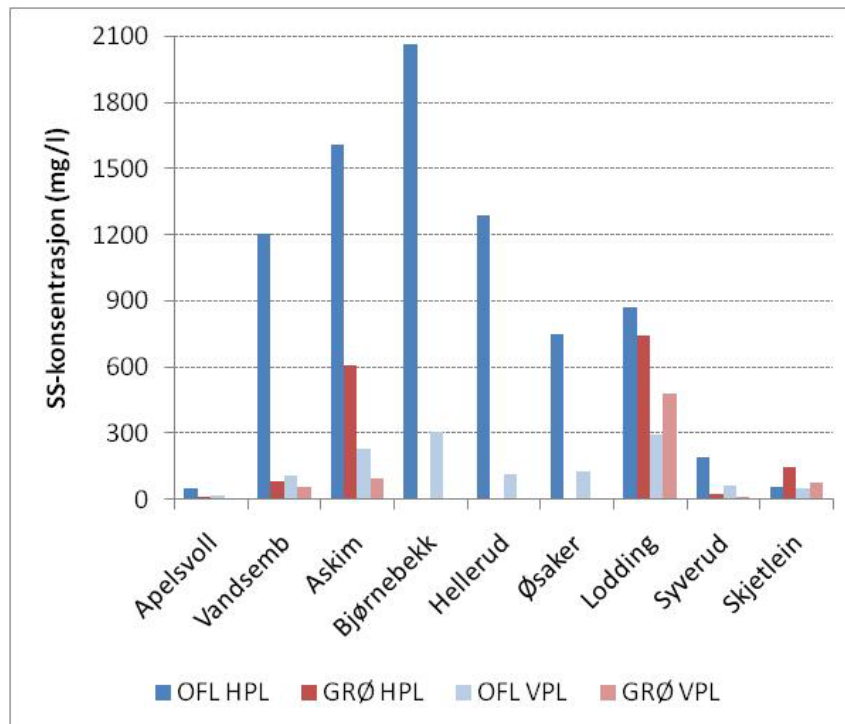
Jordarbeiding om våren ga lavere jordtap og SS-konsentrasjon i både grøfte- og overflatevann på alle feltene (Tabell 19). Gjennomsnittsverdier for tap og konsentrasjoner ved jordarbeiding høst og vår er framstilt i Figur 41.

På de planerte feltene var det store reduksjoner i jordtap og SS-konsentrasjoner i overflatevann. I Askim, som hadde størst jordtap av alle feltene, var reduksjonen i tap på hele 87 %. Reduksjonen var tilsvarende for SS-konsentrasjonen. Effekten på grøftevann er ikke kjent for Askim i måleperioden som presenteres her. Hauge et al. (2007) har gjort noen beregninger på data fra Askim for perioden 1987-05, og kommet fram til en nedgang i SS-konsentrasjoner i grøftevann på 47 % ved høstharving og 84 % ved vårharving relativt til høstpløying. På de planerte feltene Hellerud og Bjørnebekk, samt det uplanerte feltet Øsaker, var det, som i Askim, store jordtap via overflatevann (tap til grøftene er ukjent). Jordtapene var i størrelsesorden 1200 til 5200 kg/ha ved høstpløying. Reduksjonen ved jordarbeiding om våren var tilsvarende som for Askim.

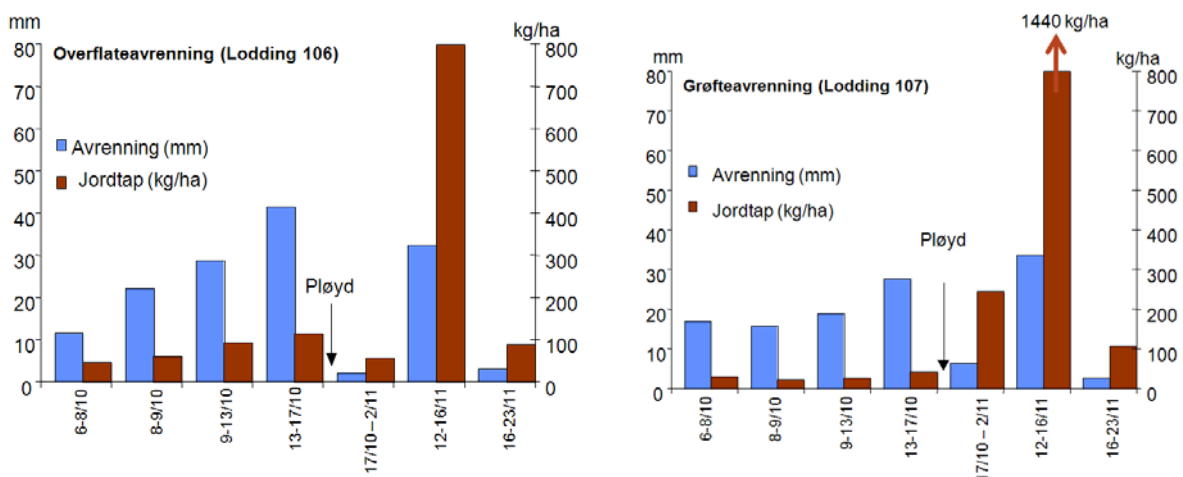
I Lodding 106/107 og Vandsemb må vi se på forskjeller i SS-konsentrasjoner, ettersom jordarbeiding har variert fra år til år og tapene dermed vil være avhengig av avrenning og værforhold de enkelte årene. I Lodding 106/107 var det tre år med høstpløying og tre år uten (hvorav ett år med stubb med undersådd kløver, ett år med ingen jordarbeiding og ett år med eng). I forhold til middel for tre år med høstpløying var konsentrasjonene i overflatevann og grøftevann henholdsvis 66 % og 36 % lavere i middel for år uten høstpløying. Et godt eksempel på effekten av pløying på erosjon er dokumentert for Lodding 106/107 høsten 1987 (Øygarden 1989, 2000): Før pløying var SS-konsentrasjonen rundt 0,30 mg/l i overflatevann og 0,25 mg/l i grøftevann, mens etter pløying var SS-konsentrasjonen omlag 2500 mg/l i overflatevann og 4000 mg/l i grøftevann. Effekt på SS-tapene er illustrert i Figur 42. På Vandsemb var det fire år med høstpløying og ni år med jordarbeiding om våren (hvorav fem år med fangvekst). Ved jordarbeiding om våren var SS-konsentrasjonene hele 91 % lavere i overflatevann og 35 % lavere i grøftevann enn i år med høstpløying.

Tabell 19. Effekter av tidspunkt for jordarbeiding på SS-tap og SS-konsentrasjon, og forholdstall ved jordarbeiding høst og vår. Andel tap via grøfter i % i parentes. Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Hauge et al. (2007), Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).

Felt	Jordarbeiding høst		Jordarbeiding vår		Forholdstall høst/vår	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
	Tap (kg SS/ha)		Tap (kg SS/ha)			
Apelsvoll	10	35 (78 %)	3,8	15 (80 %)	0,38	0,44
Vandsemb	877	162 (16 %)	49	118 (71 %)	0,06	0,73
Askim	4480	-	579	-	0,13	-
Bjørnebekk	6985	-	780	-	0,11	-
Hellerud	2643	-	215	-	0,08	-
Øsaker	1058	-	197	-	0,19	-
Lodding 106/107	2173	2028 (48 %)	573	610 (52 %)	0,26	0,30
Syverud	159	86 (35 %)	102	38 (27 %)	0,64	0,44
Kvithamar	67	635 (90 %)	45	299 (87 %)	0,66	0,47
Skjetlein	38	619 (94 %)	20	389 (95 %)	0,52	0,63
	Konsentrasjon (mg SS/l)		Konsentrasjon (mg SS/l)			
Apelsvoll	50	11	17	6,0	0,33	0,54
Vandsemb	1209	84	108	55	0,09	0,65
Askim	1614	608	231	98	0,14	0,16
Bjørnebekk	2067	-	307	-	0,15	-
Hellerud	1289	-	117	-	0,09	-
Øsaker	750	-	128	-	0,17	-
Lodding 106/107	874	747	298	480	0,34	0,64
Syverud	192	24	61	13	0,31	0,53
Kvithamar	-	-	-	-	-	-
Skjetlein	58	148	49	77	0,84	0,52



Figur 41. Jordtap i overflateavrenning (OFL) og grøfteavrenning (GRØ) ved høstpløying (HPL) og jordarbeiding om våren (VPL). Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).



Figur 42. Effekt av høstpløying på avrenning og jordtap i det planerte feltet Lodding 106/107 (Øygarden 2000). Feltet ble pløyd 17. oktober.

På Hellerud og Øsaker ble det i perioden 2002 - 2007 gjort målinger av jord- og næringsstofftap i overflatevann ved ulike jordarbeiding til høstkorn: høstpløying, høstharving og direktesåing, samt et ledd med høstpløyd vårkorn (Grønsten et al. 2007). På Hellerud var jordtapene 1000 kg/ha størst for høstkorn og vårkorn med høstpløying, 350 kg/ha for høstkorn med høstharving og kun 130 kg/ha for

direktesådd høstkorn. Også på Øsaker var jordtapene størst for høstkorn med høstpløying (1430 kg/ha), men vårkorn med høstpløying kom betydelig bedre ut, med 400 kg/ha. Jordtapene ved høstkorn med høstharving og direktesådd høstkorn var henholdsvis 300 og 170 kg/ha. I Figur 43 er disse forskjellene illustrert for en avrenningsepisode på Øsaker.



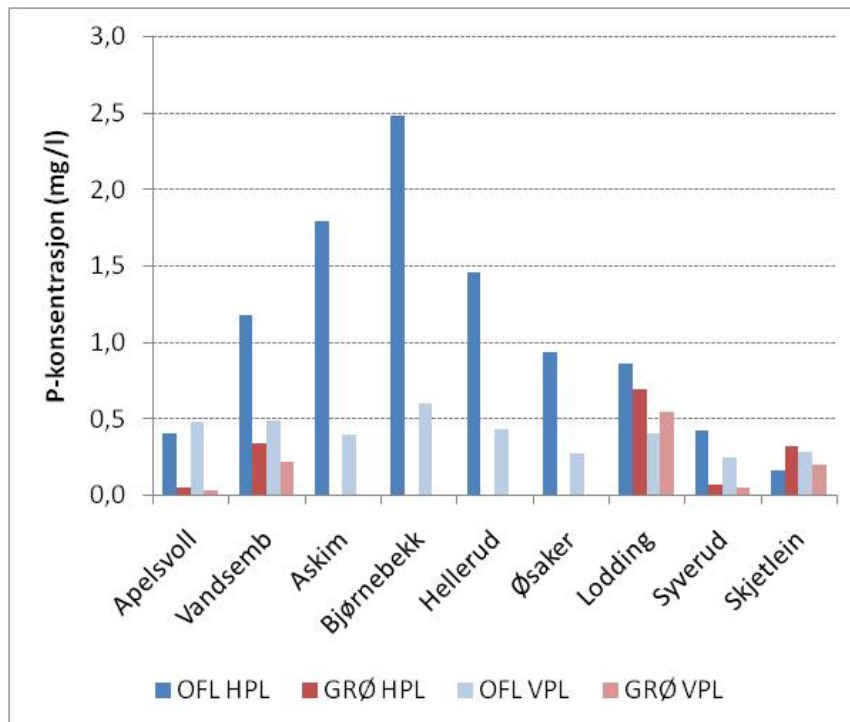
Figur 43. Valg av jordarbeiding før såing av høstkorn kan ha stor betydning for jordtapene, her illustrert ved vannprøver fra overflateavrenning på ulike ruter i rutefeltet Øsaker. Alle prøvene er fra ruter med høstkorn, men med forskjellig jordarbeiding før såing. SS-konsentrasjonen var høyest (5820 mg/l) i prøven til høyre, fra en høstpløyd rute. SS-konsentrasjonen var betydelig mindre, men fortsatt høy (1110 mg/l) i prøven til venstre, fra en høstharvet rute. Lavest SS-konsentrasjon (5 mg/l) var det fra en rute med direktesådd høstkorn. Foto: R. Skjevda.

Apelsvoll hadde også god gevinst ved jordarbeiding om våren, men her var jordtapene i utgangspunktet så små at det har liten betydning. På overflatevann var gevinsten for jordtap minst på Syverud, Kvithamar og Skjetlein, under 50 % endring, men også her var jordtapene i utgangspunktet ubetydelige. På Syverud ble SS-konsentrasjonene redusert med 69 % i overflatevann, jamført den store økningen i mengde overflatevann ved vårpløying. De to Trøndelagsfeltene hadde relativt store jordtap til grøftene, reduksjonen i jordtap var ved vårpløying 53 % på Kvithamar og 37 % på Skjetlein. På Skjetlein var konsentrasjonene i overflatevann mindre påvirket enn i grøftevann, og effekten på konsentrasjoner i grøftevann var noe bedre enn effekten på tap.

Effekter av overflatetilstand på partikkelkonsentrasjoner i grøfter i Marker kommune, Østfold, er studert av Eggstad (2006). Det ble tatt ut stikkprøver i oktober 2004 og november 2005, og resultatene viste stor variasjon i partikkelkonsentrasjoner i grøftevann, mellom 10 og 2200 mg/l. Konsentrasjonene var mindre i grøfteavrenning fra stubbåker enn fra arealer med høstpløying og lite utviklet høstkorn. Konsentrasjonene i grøftevann var også høyere fra områder med hellende terreng enn flate områder.

Tabell 20. Effekter av tidspunkt for jordarbeiding på P-tap og P-konsentrasjon, og forholdstall ved jordarbeiding høst og vår. Andel tap via grøfter i % i parentes. Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).

Felt	Jordarbeiding høst		Jordarbeiding vår		Forholdstall høst/vår	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
	Tap (kg P/ha)		Tap (kg P/ha)			
Apelsvoll	0,083	0,17 (68 %)	0,11	0,086 (44 %)	1,33	0,50
Vandsemb	0,86	0,66 (43 %)	0,22	0,48 (68 %)	0,26	0,73
Askim	5	-	1,0	-	0,20	-
Bjørnebekk	8,4	-	1,5	-	0,18	-
Hellerud	3	-	0,80	-	0,27	-
Øsaker	1,3	-	0,44	-	0,33	-
Lodding 106/107	2,1	1,9 (47 %)	0,78	0,70 (47 %)	0,36	0,37
Syverud	0,36	0,26 (42 %)	0,42	0,15 (27 %)	1,19	0,59
Kvithamar	0,25	1,4 (85 %)	0,30	0,80 (73 %)	1,20	0,57
Skjetlein	0,13	2,4 (95 %)	0,13	1,6 (92 %)	1,05	0,64
	Konsentrasjon (mg P/l)		Konsentrasjon (mg P/l)			
Apelsvoll	0,4	0,055	0,5	0,034	1,16	0,62
Vandsemb	1,2	0,34	0,49	0,22	0,42	0,65
Askim	1,8	-	0,40	-	0,22	-
Bjørnebekk	2,5	-	0,61	-	0,24	-
Hellerud	1,5	-	0,44	-	0,30	-
Øsaker	0,94	-	0,28	-	0,30	-
Lodding 106/107	0,86	0,70	0,41	0,60	0,47	0,79
Syverud	0,43	0,074	0,25	0,052	0,58	0,71
Kvithamar	-	-	-	-	-	-
Skjetlein	0,17	0,33	0,29	0,206	1,71	0,63



Figur 44. P-tap i overflateavrenning (OFL) og grøfteavrenning (GRØ) ved høstpløying (HPL) og vårpløying/vårharving (VPL). Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).

For P er effekter av jordarbeiding framstilt i Tabell 20 og Figur 44. På Apelsvoll, Syverud, Kvithamar og Skjetlein var P-tapene større ved jordarbeiding om våren enn ved høstpløying, på resten av feltene var P-tapene mindre ved jordarbeiding om våren.

Effekten av jordarbeiding på P-tap vil være nært knyttet til effekten på jordtap der P primært tapes i partikulær form. I Askim samsvarte en reduksjon i P-tap på 80 % (78 % for P-konsentrasjon) godt med reduksjon i jordtap på 87 %. Tall for grøftevann mangler. På feltene Hellerud, Øsaker og Bjørnebekk hadde man også positiv effekt på P-tap og P-konsentrasjoner, ca 70 - 80 % reduksjon. I Lodding 106/107 og på Vandsemb var det mindre utslag av jordarbeiding om våren på P-konsentrasjoner i overflatevann enn på de andre planerte feltene, 53 % reduksjon i Lodding 106/107 og 58 % på Vandsemb. Effekten på grøftevann var enda mindre enn på overflatevann, 21 % reduksjon i Lodding 106/107 og 35 % på Vandsemb. På Vandsemb var det tilført mer P i gjødsel i perioder med høstpløying. Effekten av jordarbeiding om våren på P-konsentrasjoner kan dermed være overestimert.

I forbindelse med høstkornprosjektet på Hellerud fant Grønsten et al. (2007) at P-tapene via overflateavrenning ved høstkorn med høstpløying (2,3 kg P/ha) var 2, 4 og 7 ganger høyere enn ved henholdsvis vårkorn med høstpløying, høstkorn med høstharving og direktesådd høstkorn. På Øsaker var tilsvarende forholdstall 5, 7 og 9 ganger høyere P-tap ved ved høstkorn med høstpløying (3,5 kg/ha).

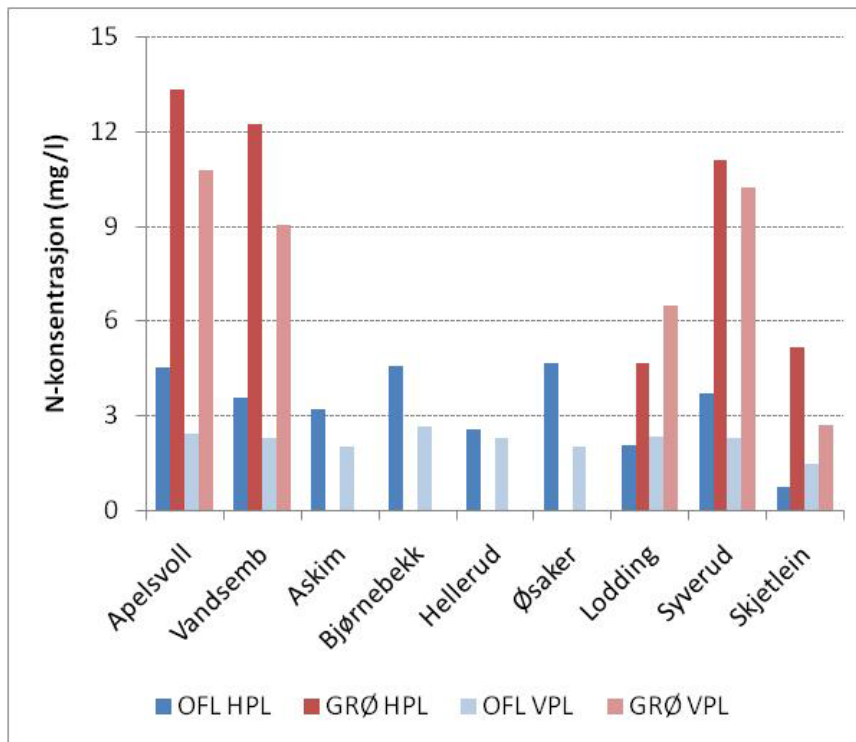
På Apelsvoll, Syverud, Skjetlein og Kvithamar var det en økning i P-tap med overflatevann. På Syverud skyldes det mer overflateavrenning, og vi ser at P-konsentrasjonen har blitt redusert pga

fortynning. Nettoeffekten på Syverud var lavere P-tap og P-konsentrasjoner i både grøfte- og overflatevann, men forskjellene var små. Skjetlein og Apelsvoll hadde høyere P-konsentrasjon i overflatevann ved vårpløying enn ved høstpløying, selv om tap og konsentrasjoner av partikler var lavere ved vårpløying. Økningen kan ha sammenheng med at det var fangvekst på de vårpløyde leddene på Skjetlein og på Apelsvoll. En god del P (og N) kan frys ut fra fangvekster om vinteren.

Tidspunkt for jordarbeiding påvirker også N-tapene. Jordarbeiding stimulerer mineralisering ved at beskyttede lagre av N og karbon blir eksponert når makroaggregatene ødelegges. Jordarbeiding tidlig på høsten har mest negativ effekt, ettersom temperaturen og dermed den mikrobielle aktiviteten er høyere enn senere på høsten og om våren. I tillegg til økt mineralisering peker Lundekvam (1997) på større permeabilitet og mer grøfteavrenning om høsten enn om våren.

Tabell 21. Effekter av tidspunkt for jordarbeiding på N-tap og N-konsentrasjon, og forholdstall ved jordarbeiding høst og vår. Andel tap via grøfter i % i parentes. Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).

Felt	Jordarbeiding høst		Jordarbeiding vår		Forholdstall høst/vår	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
	Tap (kg N/ha)		Tap (kg N/ha)			
Apelsvoll	0,90	42 (98 %)	0,55	27 (98 %)	0,62	0,66
Vandsemb	2,6	23 (90 %)	1,1	19 (95 %)	0,41	0,83
Askim	8,8	-	4,9	-	0,56	-
Bjørnebekk	16	-	6,8	-	0,44	-
Hellerud	5,3	-	4,2	-	0,79	-
Øsaker	6,6	-	3,1	-	0,47	-
Lodding 106/107	5,1	13 (71 %)	3,3	7,0 (68 %)	0,64	0,55
Syverud	3,1	39 (93 %)	3,9	30 (89 %)	1,26	0,77
Kvithamar	1,4	13 (90 %)	1,3	8,8 (88 %)	0,89	0,68
Skjetlein	0,46	20 (98 %)	0,56	14 (96 %)	1,20	0,68
	Konsentrasjon (mg N/l)		Konsentrasjon (mg N/l)			
Apelsvoll	4,5	13	2,4	11	0,54	0,81
Vandsemb	3,6	12	2,3	9,1	0,65	0,74
Askim	3,2	-	2,0	-	0,63	-
Bjørnebekk	4,6	-	2,7	-	0,58	-
Hellerud	2,6	-	2,3	-	0,89	-
Øsaker	4,7	-	2,0	-	0,43	-
Lodding 106/107	2,1	4,7	2,4	6,5	1,14	1,39
Syverud	3,7	11	2,3	10	0,62	0,92
Kvithamar	-	-	-	-	-	-
Skjetlein	0,72	5,2	1,5	2,7	2,03	0,52



Figur 45. N-tap i overflateavrenning (OFL) og grøfteavrenning (GRØ) ved høstpløying (HPL) og vårpløying/vårharving (VPL). Datagrunnlag fra Eltun og Fugleberg (1996), Eltun et al. (1996), Korsæth (pers.medd.), JOVA-databasen, Lundekvam (1997), Øygarden (2000), Oskarsen et al (1996) og Haraldsen (1998).

I Tabell 21 og Figur 45 ser vi at jordarbeiding om våren jevnt over ga lavere N-tap i både grøfte- og overflateavrenning, men på Syverud og Skjetlein var det større N-tap med overflateavrenning ved jordarbeiding om våren. På Syverud var N-konsentrasjonen i overflatevann imidlertid redusert, så her var det en fortyningseffekt. På Skjetlein var også N-konsentrasjonen, som for P-konsentrasjonen, i overflatevann større ved vårpløying. Som for P kan det skyldes at det var fangvekst på det vårpløyde leddet. Reduksjonen i N-konsentrasjon i grøftevann var relativt sett større på Skjetlein enn på Syverud, det henger delvis sammen med delt gjødsling og opptak i fangvekst på det vårpløyde leddet på Skjetlein.

På Kvithamar var N-tap og N-konsentrasjoner lavere i både grøfte- og overflatevann ved jordarbeiding om våren enn ved høstpløying, med størst effekt på grøftevannet. Sammenliknet med vårpløying var det større mengde $\text{NO}_3\text{-N}$ i både overflate- og grøftevann ved høstpløying, mens mengden $\text{NH}_4\text{-N}$ var lik og mengden andre N-fraksjoner mindre.

I Askim, der relativt mye N ble tapt med overflateavrenning sammenliknet med andre felter, ble N-tap i overflateavrenning redusert med 44 % ved vårharving. Reduksjonen i N-konsentrasjon var enda litt større. Også de andre feltene med kun overflateavrenning hadde reduserte N-tap og N-konsentrasjoner ved redusert jordarbeiding. Lodding 106/107 hadde tilsynelatende negativ effekt på N av ikke å høstpløye, N-konsentrasjonen i både overflatevann og grøftevann økte. Høye konsentrasjoner i 1989 og 1990 kan ha sammenheng med at det var kløver som fangvekst i 1989. Kløver fikserer N, og N kan dessuten fryses ut av plantene. Ved å ta ut kløveråret ble det en marginal reduksjon i N-konsentrasjon i overflatevann, mens økningen i grøftevann ble noe mindre.

Vi vet ikke noe om gjødsling fra år til år i Lodding 106/107, så det kan ikke trekkes noen klare konklusjoner for dette feltet. På Vandsemb var N-konsentrasjonene i overflate- og grøftevann henholdsvis 35 og 26 % lavere ved jordarbeiding om våren. Mengden N som var tilført på Vandsemb var i middel større i årene med høstpløying enn i år med jordarbeiding om våren, så som for P, kan effekten av jordarbeiding om våren kan være overestimert.

På Apelsvoll lar ikke effekten av jordarbeidingstidspunkt på N-tap uten videre kvantifiseres pga. samspill med vekster og gjødsling. Se derfor avsnitt 3.6.3 for oppsummering av de ulike dyrkingssystemenes effekt på N-tap. Det kan imidlertid nevnes at Korsæth et al. (2002) gjennom modellsimuleringer fant 1, 5 og 23 kg/ha økning i N-tap ved henholdsvis sen, middels og tidlig høstpløying i forhold til vårpløying på jord på Apelsvoll.

3.6.2 Vekst

Det er begrenset informasjon som kan trekkes ut av dette datamaterialet mht betydning av vekst for hvordan jord- og næringsstoffer fordeler seg på grøfte- og overflatevann. De eneste feltene der man kan si noe om dette er Apelsvoll og Skjetlein, og til en viss grad Lodding 106/107 og Vandsemb. Ifølge Lundekvam (1997) har det på Enerstujordet vært vekslet mellom eng og åpen åker i måleperioden, men han oppgir ikke når det har vært det ene eller det andre.

På Skjetlein kan man se på effekten av eng (1995-97) og korn (1991-93) ved å sammenlikne konsentrasjoner (Tabell 22). SS-konsentrasjoner i overflatevann ble i middel redusert fra 43 til 8,9 mg/l (79 % reduksjon) ved endring fra korn til eng, i grøftevann fra 106 til 71 mg/l (33 %). P-konsentrasjoner i grøftevann ble redusert fra 0,42 til 0,32 mg/l i engårene sammenliknet med kornårene, mens det var en økning fra 0,22 til 0,33 mg/l i overflatevann. Denne økningen kan skyldes utfrysing av P fra graset om vinteren, samt økt P-konsentrasjon i det øverste jordlaget etter flere års gjødsling. N-konsentrasjonene var lavere i både grøfte- og overflatevann i engårene, henholdsvis 59 og 10 % lavere. Reduksjonen i grøftevann henger sammen med at tilført N overskred plantenes behov i kornårene, mens det var et lite underskudd på N i engårene. Det spiller også inn at det var fangvekst på to av tre ruter i kornårene. Fangveksten kan ta opp N og P som ellers ville tapes om høsten, men deler av det N og P som tas opp kan fryses ut av plantematerialet igjen om vinteren, samt at fangvekst kan bidra til å øke mineraliseringen. Det må påpekes at siden eng og korn ble dyrket i ulike perioder, kan forskjeller i tap og konsentrasjoner også være en effekt av ulike vær- og avrenningsforhold.

På Vandsemb var det sådd fangvekst sammen med kornet de siste fem årene i måleperioden. Hvis vi sammenlikner år med og uten fangvekst (Tabell 22, år med høstpløying utelatt), ser vi at gjennomsnittlig konsentrasjon av partikler var omtrent lik i grøftevann (57 mg/l), mens i overflatevann var SS-konsentrasjonen 194 mg/l uten fangvekst og 52 mg/l med fangvekst. Også for P og N var konsentrasjonene lavere i år med fangvekst. P-konsentrasjonene var 46 % lavere i overflatevann og 12 % lavere i grøftevann, N-konsentrasjonene 18 og 13 % lavere i henholdsvis overflate- og grøftevann. Mengde P tilført i mineral- og husdyrgjødsel var litt høyere og mengden N litt lavere i perioden uten fangvekst. Effekten av fangvekst kan dermed være noe overestimert for P og underestimert for N.

På de tre feltene der det bare er målt overflateavrenning, Bjørnebekk, Hellerud og Øsaker, er det noen få år med eng og høstkorn. På Bjørnebekk ga høstkorn ett år ca 30 % reduksjon i SS, P og N

sammenliknet med vårkorn med høstpløying, ettersom velutviklet høstkorn tar opp N og P om høsten og tidlig om våren, og beskytter jorda mot erosjon i vintersesongen. På Øsaker var P-tap upåvirket og N-tap redusert med 37 % med høstkorn, mens jordtapet økte. Dette ble tilskrevet dårlig utvikling av plantedekket pga. sein såing. På Hellerud ga eng 96 % reduksjon i jordtap sammenliknet med vårkorn med høstpløying, P ble redusert med 68 % og N med bare 4 %. Sannsynligvis har den positive effekten av eng på tilbakeholdelse av partikulært P vært større enn en eventuell negativ effekt av utfrysing av P fra graset. Effekter på grøftevann er ukjent for disse feltene.

I Lodding 106/107 var det tre år med høstpløying, ett år med eng, ett år med stubb og ett år med stubb med undersådd kløver som fangvekst. Data for de tre sistnevnte periodene er presentert i Tabell 22, men det er for lite data til å trekke klare konklusjoner. Det er verdt å merke seg at N-konsentrasjonene i både grøfte- og overflatevann var betydelig høyere i året med stubb og kløverfangvekst enn i årene med stubb og eng.

På Apelsvoll er det ikke mulig å studere effekten av vekst uten samtidig å studere effekten av gjødsling, ettersom førvekstene ble gjødslet annerledes enn åkervekstene. Se avsnittet under for sammenfatting av resultater for Apelsvoll.

Tabell 22. Effekter av vekst og gjødsling på konsentrasjoner (mg/l) av SS, P og N i overflate-(OFL) og grøfteavrenning i ulike felter.

Felt (periode)	SS		P		N	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Skjetlein						
Korn (1991-93)	43	106	0,22	0,42	0,82	3,8
Eng (1995-97)	8,9	71	0,33	0,32	0,74	1,6
Eng mineralgjødsel	16	49	0,28	0,28	0,73	1,6
Eng gylle	7,2	78	0,42	0,34	0,59	1,3
Eng blautgjødsel	5,3	90	0,28	0,35	0,52	1,6
Vandsemb						
Vårkorn u/ fangvekst (1992-95, 1997-98)	194	52	0,69	0,24	2,6	9,8
Vårkorn + fangvekst (2000-05)	57	57	0,38	0,21	2,1	8,6
Enerstujordet*						
Mye husdyrgjødsel (1986-87)	1111	162	3,2	0,95	4,3	17
Mindre husdyrgjødsel (1988-93)	621	76	1,0	0,40	3,3	9,3
Lodding						
Stubb + kløver (1989)	404	1154	0,65	1,0	4,2	9,0
Stubb (1991)	236	206	0,25	0,31	1,8	5,4
Eng (1992)	227	129	0,68	0,39	2,5	5,5

*fordeling på grøfte- og overflatevann ikke oppgitt for 1984-85.

3.6.3 Gjødsling og kombinasjonseffekter

Det som har betydning for gjødslingseffekter på avrenning er tidspunkt for spredning, om det er mineralgjødning eller husdyrgjødning, om husdyrgjødsel er fast eller flytende og spredemetode.

På Enerstujordet var det som nevnt tilført store mengder husdyrgjødsel, særlig de første årene av måleperioden. Lundekvam (1997) viser at totale N-tap i perioden 1984-87, da det ble tilført betraktelig mer husdyrgjødsel enn senere år, var hele 55 kg/ha, mens den i 1990-93 var 38 kg/ha. P-tap ble redusert fra 4,0 til 2,0 kg/ha i perioden med mindre tilførsel av husdyrgjødsel.

Reduksjonene ser ut til å være størst i grøftevann. Det var imidlertid også mer avrenning i den første perioden. Middelkonsentrasjoner for periodene 1986-87 og 1988-93 er presentert i Tabell 22. P-konsentrasjoner i overflate- og grøftevann var høyere i den første perioden med mye husdyrgjødsel, men disse årene var det også høyere SS-konsentrasjoner. N-konsentrasjonen i grøftevann var nesten dobbelt så høy i den første perioden som i den andre perioden.

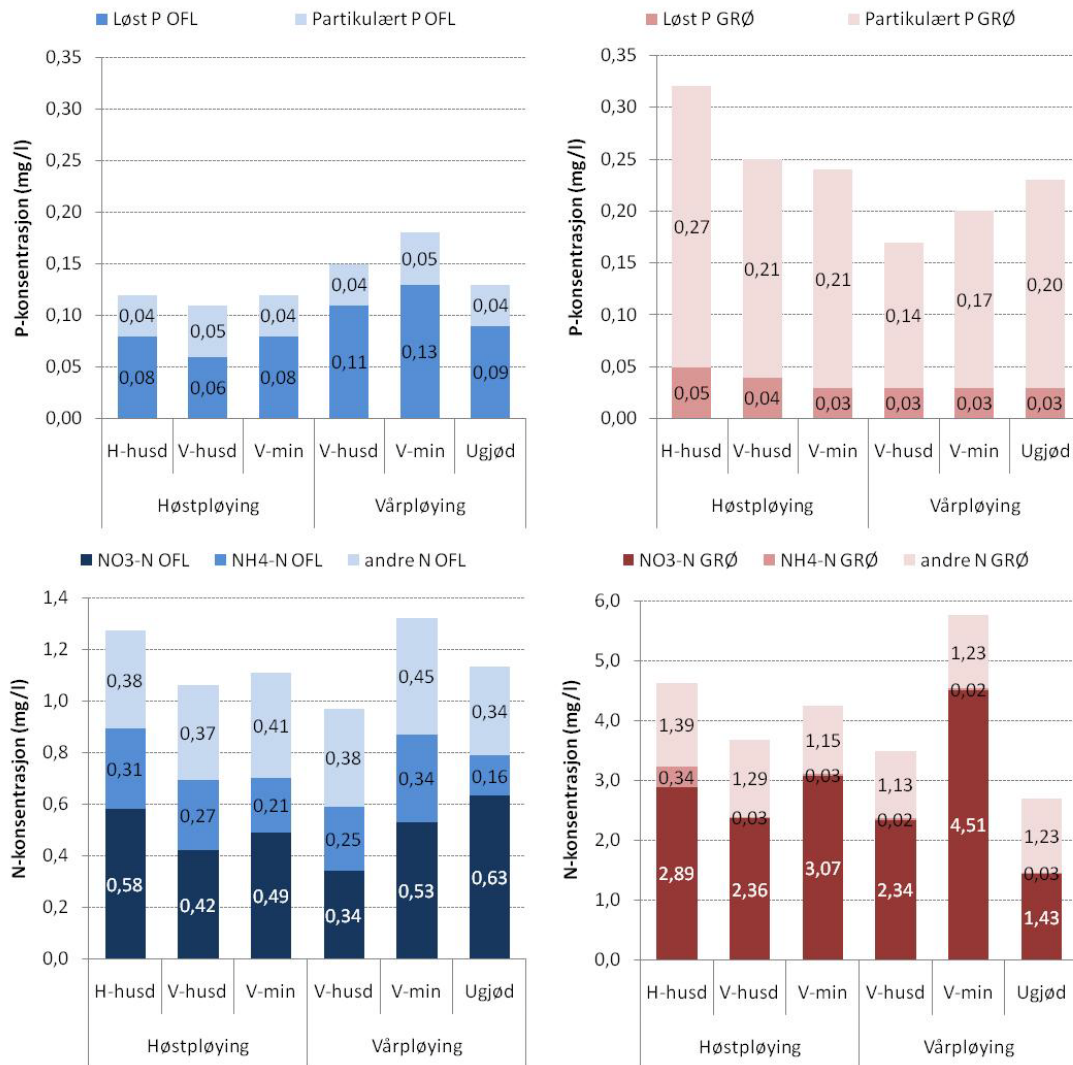
Samspill mellom værforhold og gjødsling er en annen faktor. For Holt førte uheldige værforhold i en tredjedel av måleperioden til 10 - 20 kg/ha høyere N-tap enn i år med mer heldige værforhold (Lundekvam 1997). De uheldige værforholdene besto i tørke i vekstsesongen (dårlig vekst og mindre opptak av N) og mye nedbør rett etter våronn/gjødsling (N vaskes ut før plantene får nyttiggjort seg det). Mye nedbør rett etter spredning av husdyrgjødsel vil også være uheldig, men slike hendelser er ikke nevnt for noen av feltene.

På Skjetlein tyder tallene (Tabell 22) på at bruk av husdyrgjødsel på eng i 1995-97 økte partikkeltapet i forhold til å bruke kun mineralgjødning (Haraldsen 1998). Gylle ga 40 % økning og blautgjødning hele 80 % økning. Konsentrasjonen av SS økte fra 49 mg/l i grøftevann ved bruk av mineralgjødning til 78 mg/l med gylle og 90 mg/l med blautgjødning. Om denne økningen besto i at organiske partikler fra husdyrgjødsel ble transportert direkte ned i makroporene vites ikke, men det er tenkelig. P-tapene økte med ca 30 % ved bruk av husdyrgjødsel, mest i grøftevann. P-konsentrasjoner i grøftevann økte fra 0,28 mg/l med mineralgjødning til ca 0,35 mg/l med husdyrgjødsel. Ved bruk av gylle økte P-konsentrasjonen også i overflatevannet, fra 0,28 til 0,42 mg/l. Tap og konsentrasjoner av N ble derimot redusert, både i grøfte- og overflatevann.

På Kvithamar var det ledd med 1) husdyrgjødsel spredd om høsten, med høstpløying, 2) husdyrgjødsel spredd om våren, med høstpløying, 3) husdyrgjødsel spredd om våren, med vårpløying, 4) mineralgjødning, med høstpløying, 5) mineralgjødning med vårpløying, og 6) et ledd uten gjødning, med vårpløying. Konsentrasjoner og avrenning for hvert ledd er ikke oppgitt for hele måleperioden i publikasjonene, så her kan det ikke trekkes klare konklusjoner, men hovedlinjene for N- og P-tap er som følger: 1) leddet med høstpløying og husdyrgjødsel spredd om høsten hadde størst N- og P-tap, 2) ledd med husdyrgjødsel spredd om våren hadde lavere N- og P-tap enn ledd med mineralgjødning, 3) leddet med vårpløying og husdyrgjødsel spredd om våren hadde lavest N- og P-tap gjennom grøftene enn andre ledd, men litt høyere tap via overflatevann, og 4) Det ugrøddle leddet hadde nest lavest N- og P-tap.

Konsentrasjoner av ulike P- og N-fraksjoner er oppgitt i perioden juni 1993 til oktober 1994 i Oskarsen et al. (1996). Disse dataene er gjengitt i Figur 46. I overflatevann var konsentrasjonen av partikulært P omtrent lik ved alle behandlinger. Konsentrasjonen av løst P var derimot høyere på de vårpløydte rutene, høyest ved mineralgjødning, og det tyder på at løst P stammer fra planterester. I grøftevann var det stort sett lik konsentrasjon av løst P i alle behandlinger, noe høyere konsentrasjon på ruta med høstpløying og høstspredd husdyrgjødsel. Denne behandlingen hadde også høyest konsentrasjon av partikulært P i grøftevann. De høstpløydte rutene med vårspredd

husdyrgjødsel hadde lavere konsentrasjon av både løst og partikulært P. Den ekstra mengden partikulært og løst P på behandlingen med høstspredd husdyrgjødsel kan dermed tenkes å stamme fra husdyrgjødsel, dvs at gjødsla har blitt vasket direkte ned i makroporene og inn i grøftene. Om høsten er faren for direkte avrenning av husdyrgjødsel større enn ellers pga større nedbørsmengder. Dette er antakelig også årsaken til at det høstpløyde leddet med høstspredd husdyrgjødsel hadde betydelig høyere konsentrasjon av $\text{NH}_4\text{-N}$ (0,34 mg/l, mot 0,02 - 0,03 mg/l i de andre behandlingene) i grøftevann.



Figur 46. Fordeling av ulike N- og P-fraksjoner i grøftevann (GRØ) og overflatevann (OFL) på Kvithamar ved ulike behandlinger i perioden juni 1993 - oktober 1994. H-husd = husdyrgjødsel spredd om høsten, V-husd = husdyrgjødsel spredd om våren, V-min = mineralgjødsla spredd om våren, Ugjød = ugjødsla. Tall fra Oskarsen et al. (1996).

I overflatevann var det lave konsentrasjoner av TN på alle ledd. Det høstpløyde leddet med høstspredd husdyrgjødsel og det vårpløyde leddet med mineralgjødsla hadde høyest konsentrasjoner av alle N-fraksjoner i overflatevann. Prosentvis var $\text{NO}_3\text{-N}$ viktigst i overflatevann på det ugjødsla

leddet. Konsentrasjonen av $\text{NO}_3\text{-N}$ var noe høyere på ledd med mineralgjødning enn på tilsvarende ledd med husdyrgjødsel, og prosentandelen av $\text{NO}_3\text{-N}$ var noe høyere på høstpløydde enn på vårpløydde ledd, jf større mineralisering ved høstpløying. I grøftevann var det bare det høstpløydde leddet med høstspredd husdyrgjødsel som hadde betydelig mengde og andel $\text{NH}_4\text{-N}$. Også i grøftevann var konsentrasjonen av $\text{NO}_3\text{-N}$ høyere på ledd med mineralgjødning enn på tilsvarende ledd med husdyrgjødsel. Det vårpløydde leddet med mineralgjødning hadde den høyeste konsentrasjonen av $\text{NO}_3\text{-N}$, mens det ugrøddle leddet hadde lavest konsentrasjon.

På Apelsvoll må vi se på kombinerte effekter av jordarbeiding, vekst og gjødsling i form av dyrkingssystemer. Jordtap er behandlet i avsnittet om jordarbeiding. En oppsummering av konsentrasjoner av P og N i alle systemene er vist i Tabell 23, og i Tabell 24 har vi presentert sammensetningen av P- og N-fraksjoner i de samme måleperiodene. Vi har splittet måleperioden i to (1990-94 og 2001-09) fordi dyrkingssystemene ikke var like i de to periodene. Vi gir ingen utførlig diskusjon av dette her, for mer detaljert diskusjon henviser vi til de opprinnelige publikasjonene. Hovedtrekkene er som følger:

I 1990-94 utmerket de to økologiske systemene seg med høyest P-konsentrasjoner i overflatevann. P-konsentrasjonene i overflatevann var høyere i førvekstsystemer enn i tilsvarende åkervekstsystemer, utfrysing av P er en sannsynlig årsak til det. I grøftevann var det lite forskjell, men det konvensjonelle åkersystemet hadde litt høyere P-konsentrasjoner enn de andre systemene, kanskje pga sterkere P-gjødsling her. Andelen av TP som ble tapt via grøfteavrenning varierte fra 30 - 54 %, og denne andelen var høyest i det konvensjonelle åkersystemet. $\text{PO}_4\text{-P}$ utgjorde 40 - 67 % av TP i overflatevann, andelen var høyest i de konvensjonelle og integrerte førvekstsystemene. I grøftevann utgjorde $\text{PO}_4\text{-P}$ 20 - 29 % av TP, med høyest andel i de konvensjonelle og integrerte åkervekstsystemene.

N-konsentrasjonene i overflatevann var 2,5 mg/l i de integrerte systemene, 4,5 i de økologiske og 6,5 i de konvensjonelle, ergo ser det ut til at jordarbeiding og gjødsling har vært mer avgjørende enn om det var korn/potet eller førvekster. Det konvensjonelle førvekstsystemet hadde høyest N-konsentrasjoner i både overflate- og grøftevann, en kombinasjon av nedpløying av N-rikt plantemateriale (økt mineralisering) og spredning av husdyrgjødsel om høsten (Eltun og Fugleberg 1996). I grøftevannet var konsentrasjonene ganske like for alle tre åkersystemene (9 - 12 mg/l), mens forskjellene var større mellom førvekstsystemer (6,6 - 16 mg/l). Andelen N som ble tapt via grøfteavrenning var lite påvirket av dyrkingssystem. $\text{NO}_3\text{-N}$ utgjorde 83 - 90 % av TN i grøftevann, og 21 - 59 % i overflatevann. Andel $\text{NO}_3\text{-N}$ i overflatevann var høyest i de konvensjonelle åker- og førvekstsystemene, som hadde høstpløying og mineralgjødning. De andre systemene hadde jordarbeiding om våren og/eller tilførsel av husdyrgjødsel, og dermed utgjorde $\text{NH}_4\text{-N}$ større andel av TN i overflatevann i disse systemene. I grøftevann var andel $\text{NH}_4\text{-N}$ ubetydelig.

I 2001-09 var P-konsentrasjonene i overflatevann jevnt over lavere enn i den forrige perioden, det kan delvis skyldes lavere jordtap i denne perioden, samt justeringer av driftspraksis, for eksempel gjødsling. Andelen av P som ble tapt via grøftene var betydelig høyere, 50 - 83 %, som igjen kan forklares delvis ved at jordtap gjennom grøftene var viktigere i denne perioden enn i 1990-94. P-konsentrasjonene i overflatevann var relativt like for de fleste systemene. Det ene konvensjonelle åkersystemet (Konv-A1) hadde lavest P-konsentrasjon i overflatevann. Høyere P-konsentrasjoner i overflatevann i de andre systemene kan kanskje skyldes at disse, i motsetning til Konv-A1, hadde eng og/eller fangvekst i omløpet, noe som kan medføre utfrysing av P om vinteren. I grøftevann skilte det konvensjonelle førvekstsystemet seg ut med høyest P-konsentrasjoner, etterfulgt av det konvensjonelle åkersystemet, antakelig pga. høyt gjødslingsnivå. Andelen $\text{PO}_4\text{-P}$ var høyere i både

overflatevann og grøftvann i 2001-09 enn i 1990-1994: 80 - 87 % i overflatevann og 60 - 71 % i grøftvann.

Tabell 23. Konsentrasjoner av P og N i grøfte- og overflatevann i ulike dyrkingssystemer på Apelsvoll i to måleperioder. Andeler P og N til grøftvann er beregnet fra tap. Grunnlagsdata fra Eltun et al. (1996), Eltun og Fugleberg (1996) og Korsæth (pers. medd.).

	TP			TN		
	Overflate	Grøft	Andel til grøft	Overflate	Grøft	Andel til grøft
	1990-94					
Konv-A	0,6	0,07	54	6,3	12	95
Int-A	0,5	0,04	31	2,6	11	96
Øko-A	0,8	0,05	32	4,5	9,1	94
Konv-F	0,6	0,05	40	6,5	16	95
Int-F	0,6	0,05	30	2,7	7,4	93
Øko-F	0,9	0,05	33	4,5	6,6	93
2001-09						
Konv-A1	0,21	0,048	83	2,7	14	99
Konv-A2	0,39	0,031	64	2,2	11	99
Øko-A	0,35	0,038	55	3,2	11	98
Konv-F	0,33	0,084	74	1,5	7,9	98
Øko-F1	0,25	0,027	52	2,2	8,6	98
Øko-F2	0,34	0,035	50	2,1	6,2	97

Tabell 24. Andeler av ulike P- og N-fraksjoner i grøfte- og overflatevann på Apelsvoll i to måleperioder. A = åkervekster, F = førvekster, K = konvensjonelt, I = integrert, Ø = økologisk. Grunnlagsdata fra Eltun et al. (1996), Eltun og Fugleberg (1996) og Korsæth (pers. medd.).

	% PO ₄		% NO ₃		% NH ₄	
	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
	1990-94					
Konv-A	48	29	53	85	18	0,20
Int-A	40	25	42	88	27	0,23
Øko-A	47	20	36	84	25	0,44
Konv-F	67	20	59	90	14	0,17
Int-F	66	20	25	83	31	0,54
Øko-F	45	20	21	86	31	0,56
2001-09						
Konv-A1	80	63	70	90	10	0,18
Konv-A2	88	60	29	87	32	0,24
Øko-A	86	63	52	85	19	0,21
Konv-F	87	61	37	85	28	0,43
Øko-F1	86	70	56	87	15	0,25
Øko-F2	85	71	47	82	20	0,47

De konvensjonelle åkersystemene (Konv-A1 og Konv-A2) og det økologiske åkersystemet (Øko-A) hadde de høyeste N-konsentrasjonene i både grøfte- og overflatevann. For det økologiske systemet kan lav avling og dermed lavt N-opptak i planter være en forklaring på høy N-konsentrasjon, og dessuten at det var eng i omløpet (utfrysing av N i vintersesongen). Forskjellen i N-gjødsling mellom de to konvensjonelle åkersystemene var liten, men N-konsentrasjonen var lavere i Konv-2, særlig i grøftevann. I perioden 2001-2004 (Korsæth 2008) var det lavere avling på Konv-A2, men N-tapene her var likevel lavere enn fra Konv-A1. En årsak til det kan være N-opptak i fangvekst i Konv-A2, en annen at mindre N ble frigjort ved mineralisering utenfor vekstsesongen i Konv-A2, ettersom dette systemet ble jordarbeidet om våren mens Konv-A1 ble høstpløyd. Korsæth (2008) nevner også at halmen ikke ble fjernet i Konv-A2, og det bidrar til å immobilisere N. I grøftevann utgjorde $\text{NO}_3\text{-N}$ 82 - 90 % av TN, mens andel $\text{NH}_4\text{-N}$ var under 1 %. I overflatevann var det stor variasjon mellom systemene i fordeling av de to N-fraksjonene. Andel $\text{NO}_3\text{-N}$ i overflatevann var høyest i Konv-A1, men var over 50 % også i Øko-A og Øko-F1.

4. Oppsummering og konklusjoner

Avrenning fra jordbruksarealer fordeler seg på ulike transportveier, og måles ofte dels som avrenning på overflata og dels som avrenning gjennom dreneringene. Rapporten oppsummerer resultater fra overvåking av overflate- og grøfteavrenning som har vært gjennomført fra midten på 1980-tallet og frem til nå. I rapporten er det kun tatt med resultater som var umiddelbart tilgjengelige i rapporter og andre publikasjoner, i tillegg til data som er tilgjengelige i Bioforsk database.

Nedbør varierte mellom 598 og 927 mm/år, og totalavrenning mellom 169 og 607 mm/år, med minst nedbør og avrenning i innlandsfeltene Bye og Apelsvoll ved Mjøsa, og mest i feltene Skjetlein og Kvithamar i Trøndelag. Totalavrenningen utgjorde 28 - 66 % av nedbøren. 50-90 % av avrenningen skjedde gjennom grøftene. Apelsvoll og Bye hadde størst avrenning gjennom grøftene (ca. 90 %) på grunn av små nedbørmengder og lett, moldholdig jord med relativt god infiltrasjonsevne. Det var minst andel grøfteavrenning (50-65 %) i de planerte feltene Lodding 106/107, Holt og Askim, ettersom jordstrukturen er dårlig med lav infiltrasjonskapasitet. Uplanerte felter på marine avsetninger i Trøndelag og på Østlandet hadde 70-90 % grøfteavrenning. Variasjonen mellom disse feltene var resultat av forskjeller i f.eks. helning, jordsmonn, klima og drift.

Alle feltene hadde jordtap både på overflata og gjennom grøftene. Det gjennomsnittlige jordtapet varierte mellom 30 kg SS/ha/år (Apelsvoll) og 4000 kg/ha/år (Askim). Jordtapet var i stor grad bestemt av erodibiliteten, som avhenger av jordas permeabilitet og struktur stabilitet, og var følgelig høyest på planert jord (>2000 kg SS/ha/år), lavest på uplanerte leirer og middels på uplanerte leirer med høyere siltinnhold. Topografiske forhold som helningsgrad, helningslengde og om feltet hadde søkkform spilte også inn. Andel SS-tap via grøftene (5-95 %) var ikke direkte knyttet til hvordan vannet fordelte seg. På de planerte feltene skjedde 20-50 % av jordtapet gjennom grøftene, på de ikke-planerte feltene på marine avsetninger på Østlandet 30-50 %, og over 90 % av jordtapet fra feltene i Trøndelag skjedde gjennom grøftene. Bare Trøndelagsfeltene og planerte Lodding 106/107 hadde høyere SS-konsentrasjoner i grøftevann enn i overflatevann. Betydelig jordtap gjennom grøftene i både planerte og uplanerte felter kan tilskrives transport i makroporer, særlig bioporer i Trøndelagsfeltene og sprekker i Lodding 106/107. Det var indikasjoner på at andel SS-tap via grøftene avtok med hvor lenge det var siden grøfting og med økende avstand mellom grøftene. Morenefeltene rundt Mjøsa, dvs Apelsvoll og Bye, hadde stort sett meget små jordtap, både gjennom grøfter og via overflateavrenning. På Apelsvoll skjedde ca 50 % av jordtapet via grøftene, mens på Bye var denne andelen bare 5 % fordi den lange tidsserien på Bye inkluderte flere ekstreme episoder med høye SS-konsentrasjoner i overflateavrenning.

Fosfortapene varierte mellom 0,24 og 5,0 kg TP/ha/år. Forskjellen i P-tap mellom feltene avspeilte delvis forskjellen i jordtap: det var minst P-tap fra morenejord ved Mjøsa (0,31 - 0,36 kg TP/ha/år) og størst P-tap fra planert leirjord i Askim (5 kg TP/ha/år). Andelen P-tap gjennom grøftene viste meget stor spredning for de ulike feltene og utgjorde 10-90 % av de totale P-tap. Generelt dominerte P-tap via overflatevann der også jordtap via overflatevann dominerte, og tilsvarende for grøftevann. Det var to grupper av felt med høye P-tap: De planerte feltene, med høyest P-tap via overflateavrenning (53-79 %), og uplanerte felter med husdyrgjødsel, Enerstujordet, Kvithamar og Skjetlein, med høyest P-tap gjennom grøftene (74-91 %). Feltene med lave P-tap fordelte seg også på to grupper: På Syverud i Ås og morenefeltene ved Mjøsa kom 10-36 % av P-tapene via grøftene,

mens på delvis planerte Vandsemb kom 56 % via grøftene, selv om andel jordtap via grøftene var bare 30 %. Det kan ha betydning at det på Vandsemb var brukt husdyrgjødsel.

Nitrogentapene varierte mellom 14 og 48 kg TN/ha/år, med høyest tap på uplanerte felter i Ås og morenefeltene, og lavest tap på de uplanerte feltene i Trøndelag. N-tapene var særlig knyttet til kombinasjonen av gjødslingsnivå og potensiale for gasstap ved denitrifikasjon. Det var mindre variasjon mellom feltene i hvordan N-tap fordelte seg på grøfte- og overflatevann enn det var for jord- og P-tap. På alle de uplanerte feltene og det delvis planerte Vandsembfeltet skjedde over 90 % av N-tapet gjennom grøftene. På de planerte feltene var andelen til grøftene mindre (68-88 %), fordi en større del av vannet rant av på overflata uten å være i kontakt med jordmatriks der mobilt N finnes.

Variasjonen mellom år for enkeltfelter var til dels stor mht fordeling av jord- og næringsstofftap på grøfte- og overflateavrenning. Jo flere år som var inkludert i måleserien, jo større variasjon ble målt. Det viser at det er svært viktig å ha lange måleserier når disse prosessene skal studeres. Sesongvariasjon ble også studert på et fåtall felter der månedlige data var tilgjengelig. Grøfte- og overflateavrenning nådde generelt sitt maksimum i mars-april, i forbindelse med snøsmelting, og nådde et nytt maksimum om høsten. På morenefeltene dominerte grøfteavrenning hele året, mens på tyngre planert og uplanert leirjord dominerte overflateavrenning deler av vinteren. N-tap gjennom grøftene dominerte hele året. Jord- og P-tap fordelte seg ulikt for ulike felter.

Effekter av drift var vanskelig å kvantifisere vha. det studerte datamaterialet, med unntak av forskjeller ved jordarbeiding høst og vår. Sammenliknet med høstpløying, førte jordarbeiding om våren til 1) økt overflateavrenning på uplanerte felter grunnet lavere infiltrasjonskapasitet høst og vinter, og redusert overflateavrenning på planerte felter pga. bedre beskyttelse mot nedbryting av strukturen, 2) lavere jordtap og partikkelkonsentrasjoner i alle felter, i både grøfte- og overflatevann, med størst reduksjon på planert jord, 3) stort sett lavere P-konsentrasjoner og -tap, pga. lavere jordtap, 4) stort sett lavere N-konsentrasjoner og -tap, muligens pga. mindre mineralisering om høsten, og 5) relativ effekt på tapene var som regel høyere mht. tap via overflateavrenning enn mht. tap via grøftene.

Gjennomføring av tiltak mot erosjon og næringsstofftap fra jordbruksarealer er avhengig av forståelse av strømningsveier og prosesser som fører til tap. Hovedtrenden er at på intensivt drenerte arealer skjer mesteparten av årsavrenningen gjennom drensgrøftene. I områder der mesteparten av fosfortapet skjer gjennom drensgrøftene vil et tiltak som f.eks. vegetasjonssoner ha forholdsvis liten effekt på totaltransporten av fosfor fra jordbruksarealer til vassdrag. Tilpasning av tiltakene til lokale forhold har derfor stor betydning for effekten en oppnår av tiltakene.

Den type lengre måleserier som vi her har oppsummert resultater fra, er en svært verdifull kilde til informasjon om prosesser knyttet til næringsstofftap. En svakhet ved flere av disse rute- og småfeltforsøkene er imidlertid mangelfull kvantifisering og dokumentasjon av for eksempel jordas fysiske egenskaper (vannledningsevne, fuktighetskarakteristikk, strukturstabilitet, utbredelse og kontinuitet av makroporer), samt manglende informasjon om andre ledd i vannbalansen enn nedbør, avrenning (perkolasjon til grunnvann, evapotranspirasjon) og snø- og teleforhold. Dessuten ville målinger av denitrifikasjon og tap av nitrogen- og lystgass og P- og N-fraksjoner kunne bidra til bedre å forklare resultatene. De manglende opplysninger gjør det vanskelig å kalibrere modeller for å simulere betydning av enkeltfaktorer, noe som igjen gjør det vanskelig å ekstrapolere og generalisere informasjonen fra disse feltene til andre områder og beregne effekter av tiltak. I

framtidige forskningsprosjekter og overvåkingsprogram bør man derfor fortsette med å måle tilsvarende det som her er presentert, supplert med kvantifisering av ovennevnte faktorer.

5. Referanser

- Bechmann, M., 2005. Vandsemb-feltet 2004. Jord- og vannovervåking i landbruket. Feltrapporter fra programmet i 2004. Jordforsk-rapport 84/05. 251 s.
- Bechmann, M. & Deelstra, J., 2005. Source areas of phosphorus transfer in an agricultural catchment, south-eastern Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* 56, 1651-1913.
- Bechmann, M., Deelstra, J., Stålnacke, P., Eggestad, H.O., Øygarden, L. & Pengerud, A. 2008. Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway - policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrient and sediment losses. *Environmental Science and Policy* 11, 102-114.
- Eggestad, H.O., 2006. Partikler i drensvann. Undersøkelse av grøftevann fra arealer med ulik arealtilstand og topografi. Bioforsk Rapport 1 (93). ISBN 82-17-00079-4, 978-82-17-00079-2. 18 s.
- Eltun, R. & Fugleberg, O., 1996. The Apelsvoll cropping system experiment VI. Runoff and nitrogen losses. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 229-248.
- Eltun, R., Fugleberg, O. & Nordheim, O., 1996. The Apelsvoll cropping system experiment VII. Runoff losses of soil particles, phosphorus, potassium, magnesium, calcium and sulphur. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 371-384.
- Eltun, R., Korsæth, A. & Nordheim, O., 2002. A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economical effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 155-168.
- Haraldsen, T.K., 1991. Jordprofiler på Skjetlein. Statens forskningsstasjoner i landbruk.
- Haraldsen, T.K., 1998. Avrenning og tap av næringsstoffer på Skjetlein 1990-1997. Jordforsk-rapport 25/98. 19 s.
- Haraldsen, T.K., Sveistrup, T.E. & Engelstad, F., 1994. Jordegenskaper og meitemark i leirjord ved omlegging til økologiske dyrkingssystemer i Norge. Norsk landbruksforskning supplement No. 17.
- Haraldsen, T.K., Sveistrup, T. & Marcelino, V., in prep. Influence of macroporosity and weather conditions on losses of phosphorus and particles from a drained silt loam soil in Central Norway. Manuskript.
- Hauge, A., Lundekvam, H., Eggestad, H. & Pengerud, A., 2007. Partikler i drensvann. En litteraturundersøkelse. Bioforsk RAPPORT 2 (4). 14 s.
- Korsæth, A. & Eltun, R., 2008. Synthesis of the Apelsvoll Cropping System Experiment in Norway - Nutrient Balances, Use Efficiencies and Leaching. In: *Organic Crop Production - Ambitions and Limitations* (Eds. Holger Kirchmann and Lars Bergström), p. 117-141. Springer Science+Business Media B.V., springer.com.
- Kværnø, S.H. & Øygarden, L., 2006. The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway. *Catena* 67, 175-182.

Landbruksmeteorologisk tjeneste. imt.bioforsk.no

Lundekvam, H., 1997. Spesialgranskinger av erosjon, avrenning, P-tap og N-tap i rutefelt og småfelt ved Institutt for jord- og vannfag. Jordforsk-rapport 6/97. 69 s.

Lundekvam, H., 2001. Oppsummering av resultat frå erosjonsfeltene ved IJVF for perioden 1994-2000. Internt notat ved Institutt for Plante- og Miljøvitenskap.

Lundekvam, H., 2007a. Plot studies and modelling of hydrology and erosion in southeast Norway. *Catena* 71, 200-209.

Lundekvam, H., 2007b. Oversyn over avrenningsfelt som har vore i drift ved IPM dei seinare åra. Internt notat ved Institutt for Plante- og Miljøvitenskap.

Lundekvam, H. & Skøien, S., 1998. Soil erosion in Norway. An overview of measurements for soil loss plots. *Soil Use and Management* 14, 84-89.

Meteorologisk Institutt. eKlima - gratis tilgang til Meteorologisk institutts vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner. eklima.met.no

Morgan, R.P.C., 1995. Soil erosion and conservation. Longman Group Limited, 2nd edition, s. 198. ISBN: 0-582-24492-7.

Myhr, K., Haraldsen, T.K. & Oskarsen, H., 1996. The Kvithamar field lysimeter III. Barley yield and nutrient balance. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 469-480.

Myhr, K., Oskarsen, H. & Haraldsen, T.K., 1996. The Kvithamar field lysimeter I. Objectives, methods and results of soil analyses. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 197-210.

Norsk institutt for skog og landskap. www.skogoglandskap.no

Oskarsen, H., Haraldsen, T.K., Aastveit, A.H. & Myhr, K., 1996. The Kvithamar field lysimeter II. Pipe drainage, surface runoff and nutrient leaching. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 211-228.

Pengerud, A., Deelstra, J., Eggestad, H.O. & Øygarden, L., 2006. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Vinningland 1998-2005. Bioforsk-rapport 1(183), 14 s. ISBN-13: 978-82-17-00152-2.

Riley, H. & Eltun, R., 1994. The Apelsvoll cropping system experiment II. Soil characteristics. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 8, 317-333.

Selnes, S., Pedersen, R. & Eggestad, H.O., 2008. Bye 2007. I: Pengerud, A. (red.). Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2007. Bioforsk rapport 164/2008. 371 s. ISBN 978-82-17-00445-5.

Sveistrup, T.E., Haraldsen, T.K., Langohr, R., Marcelino, V. & Kværner, J., 2001. Identification of pathways for water and particle transport through the soil by use of morphological studies at different scales, s 35-38. I: Kværnø, S. & Øygarden, L., (red.). International Symposium on Snowmelt Erosion and related Problems. 28- 30 March. Oslo, Norway. Excursion guide. Jordforsk-rapport 42/01. ISBN 82-7467-395-6.

Sveistrup, T.E., Haraldsen, T.K., Langohr, R., Marcelino, V. & Kværner, J., 2005. Impact of land use and seasonal freezing on morphological and physical properties of silty Norwegian soils. *Soil and Tillage Research* 81, 39-56.

Thaulow, H. & Solheim, A.L., 2009. Vanndirektivet – Behov for kunnskap, kompetanse og kapasitet. CIENS-rapport 1-2009. 80 s. ISBN 978-82-92935-01-9.

Uhlen, G., 1989. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimeters on a cultivated soil. Nutrient balances 1974-81. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3, 33-46.

Warrick, A.W. & Nielsen, D.R., 1980. Spatial Variability of Soil Physical Properties in the Field. I: Hillel, D. (red.). *Applications of Soil Physics*. Academic Press, New York, 319-344.

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

Øgaard, A., 2009. Delprosjekt 6. Fosfor i grøfteavrenning.
www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/51286/6_Grofteavrenning2.pdf

Øygarden, L., 1989. Utprøving av tiltak mot arealavrenning i Akershus. Handlingsplan mot landbruksforurensninger. Rapport nr. 6, Institutt for Georessurs- og Forurensningsforskning. 113 s. ISBN 82-7467-014-0.

Øygarden, L., 2000. Soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway/ Jorderosjon i små nedbørfelt i jordbruksområder i sørøst Norge. Doctor Scientiarum Theses 2000:8. Norges Landbrukshøgskole, Ås.

Øygarden, L., Kværner, J. & Jenssen, P.D., 1997. Soil erosion via preferential flow to drainage systems in clay soils. *Geoderma* 76, 65-86.

6. Vedlegg

Vedlegg 1: Oversikt over vekster, jordarbeiding og gjødsling på rutefeltene

Vedlegg 2: Samlede statistiske data for enkeltfelter, beregnet for komplette tidsserier.

Vedlegg 1: Oversikt over vekster, jordarbeiding og gjødsling på rutefeltene

Dyrkingssystemet på Apelsvoll

1990 - 94

Konv-A - Potet, høsthvete, havre, bygg, potet, vårhvete, havre, bygg. Høstpløying. Mineralgjødsel.

Int-A - Potet, høsthvete, havre, bygg, potet, vårhvete, havre, bygg. Vårharving. Mineralgjødsel, redusert mengde.

Øko-A - Bygg, gras + kløver, vårhvete, potet, bygg, gras + kløver, høsthvete, havre. Vårpløying. Husdyrgjødsel.

Konv-F - Bygg, tre år eng, fôrbete, vårhvete, havre, grønnfôr. Høstpløying. Mineralgjødsel + husdyrgjødsel.

Int-F - Bygg, tre år eng, fôrbete, vårhvete, havre, grønnfôr. Vårpløying. Mineralgjødsel + husdyrgjødsel, redusert mengde.

Øko-F - Bygg, tre år eng, fôrbete, grønnfôr, vårhvete, havre + erter. Vårpløying. Husdyrgjødsel.

2001 - 09

Konv-A1 - Referansebruk. Konvensjonell med åkervekster 1: Potet, vårhvete, havre, bygg. Høstpløying + vårharving. Mineralgjødsel.

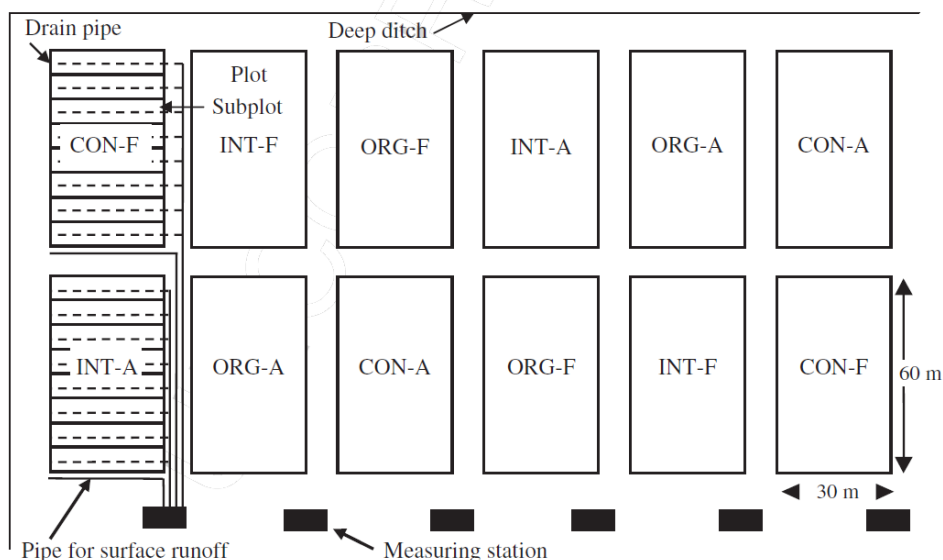
Konv-A2 - Konvensjonell med åkervekster 2: Potet, vårhvete + fangvekst (raigras), havre + fangvekst (raigras), bygg + fangvekst (raigras). Vårharving. Mineralgjødsel, redusert mengde.

Øko-A - Økologisk med åkervekster: Bygg, gras + kløver, vårhvete + fangvekst, havre + erter. Vårpløying + vårharving.

Konv-F - Konvensjonell med fôrvekster: Bygg, to år eng, vårhvete + fangvekst. Mineral- og husdyrgjødsel. Vårpløying og vårharving.

Konv-F1 - Økologisk med fôrvekster 1: Bygg, to år eng, vårhvete + fangvekst. Husdyrgjødsel. Vårpløying og vårharving.

Konv-F2 - Økologisk med fôrvekster 2: Bygg, tre år eng. Husdyrgjødsel. Vårpløying og vårharving.



Oversiktsfigur fra Korsæth og Eltun (2008).

Feltlysimeteret på Kvithamar (Myhr et al., 1996)

1990-94

- 1 - Bygg. Høstpløying. Husdyrgjødsel tilført høst.
- 2 - Bygg. Høstpløying. Husdyrgjødsel tilført vår.
- 3 - Bygg. Høstpløying. Mineralgjødsel tilført vår.
- 4 - Bygg. Vårpløying. Husdyrgjødsel tilført vår.
- 5 - Bygg. Vårpløying. Mineralgjødsel tilført vår.
- 6 - Bygg. Vårpløying. Ingen gjødsling.

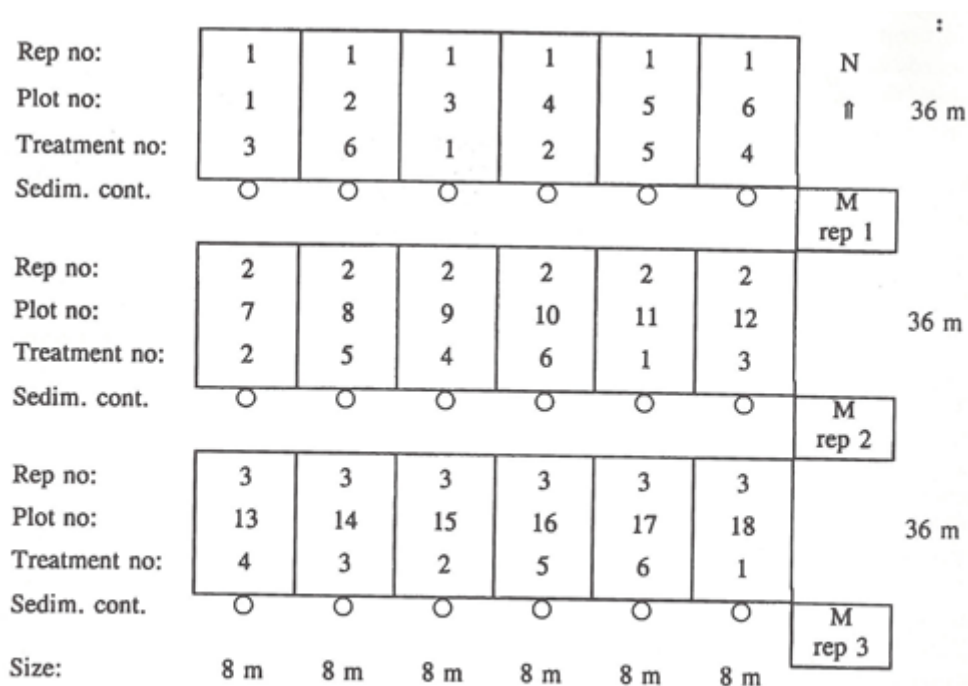


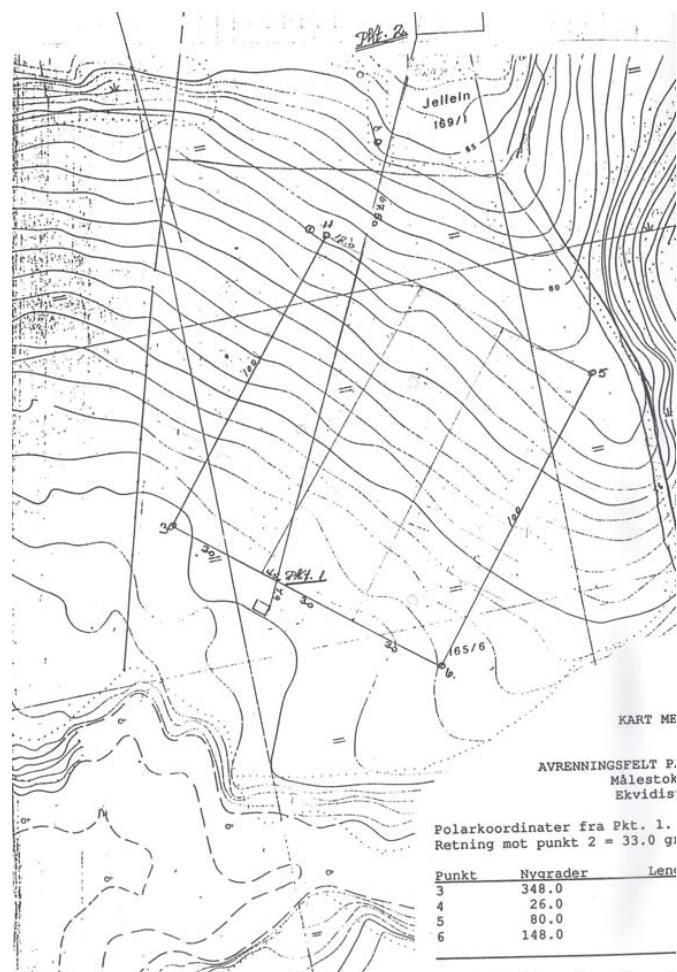
Fig. 1. Layout of The Kvithamar field lysimeter; showing the experimental grid, the sedimentation containers for erosion material and the measuring houses (M) for drainage discharge and surface runoff

Oversiktsfigur fra Myhr et al. (1996)

Ruteforsøket på Skjetlein (Haraldsen 1998)

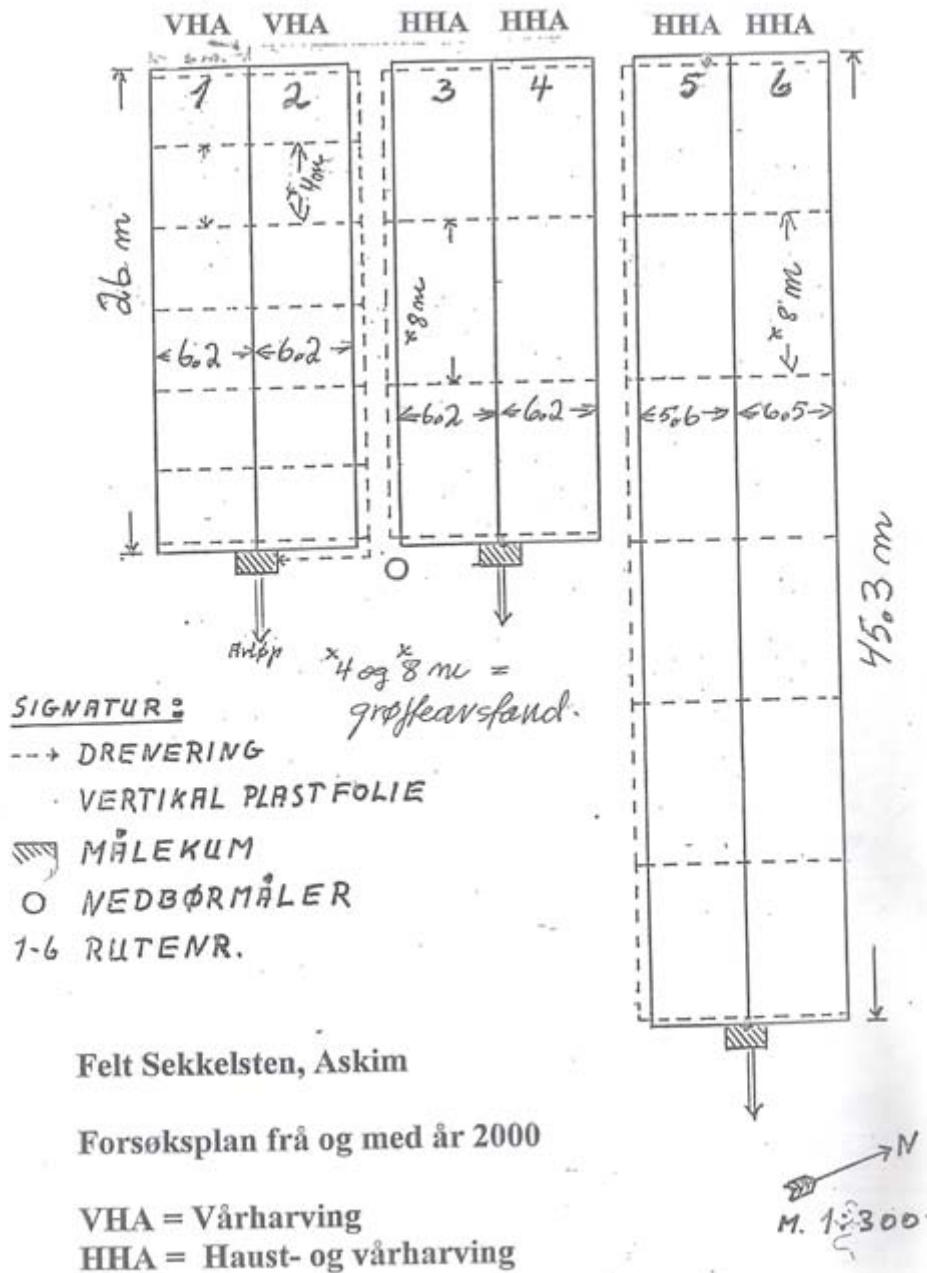
1990-97

	Rute 1	Rute 2	Rute 3
1990	Bygg.	Bygg. Høstpløying.	Bygg.
1991	Bygg. Redusert jordarbeiding.	Bygg. (Høstpløyd året før)	Bygg. Vårpløying, høstpløying.
1992	Havre. Vårpløying. (Skulle vært høstpløyd)	Havre. Redusert jordarbeiding.	Havre. (Høstpløyd året før)
1993	Bygg. Vårpløying, Høstpløying. (Skulle vært høstpløyd året før?)	Bygg. Vårpløying.	Bygg. Redusert jordarbeiding.
1994	Bygg + undersådd gras. (Høstpløyd året før)	Bygg + undersådd gras. Vårpløying.	Bygg + undersådd gras. Vårpløying.
1995	Eng. Mineralgjødsel.	Eng. Gylle.	Eng. Blautgjødsel.
1996	Eng. Mineralgjødsel.	Eng. Gylle.	Eng. Blautgjødsel.
1997	Eng. Mineralgjødsel.	Eng. Gylle.	Eng. Blautgjødsel.



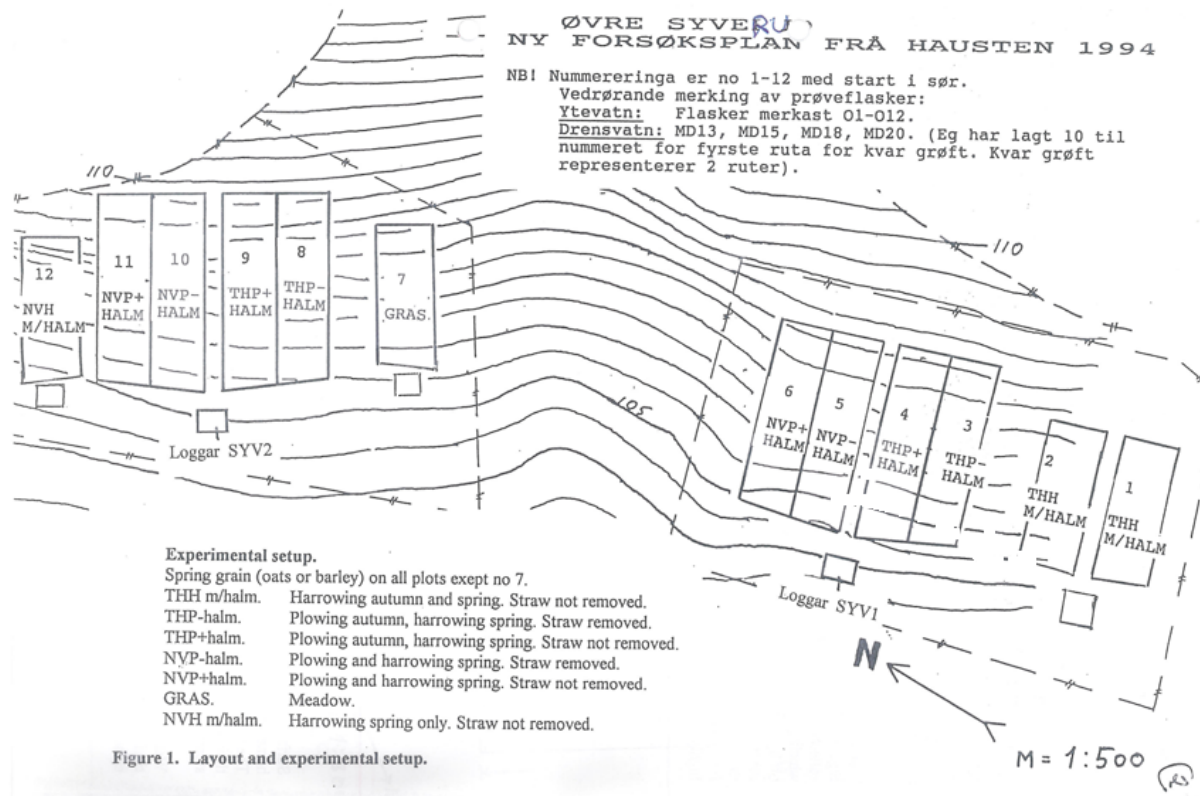
Kart fra Haraldsen (pers.medd.)

Ruteforsøket i Askim (Lundekvam 1997)



Oversiktsfigur fra Lundekvam (2007b)

Ruteforsøket på Syverud (Lundekvam 1997)



Oversiktsfigur fra Lundekvam (2007b)

Vedlegg 2: Samlede statistiske data for enkeltfelter, beregnet for komplette tidsserier.

I tabellene under er det presentert statistikk for årlig avrenning, tap og konsentrasjoner av partikler (SS), fosfor (P) og nitrogen (N), og fordeling av disse på overflate- og grøftevann. Det gjøres oppmerksom på at middelværdier for andel grøfte- og overflateavrenning her kan avvike fra de middelværdiene som er presentert i kapittel 3. Årsaken til det er at andelene som ble presentert i kapittel 3 er beregnet direkte på gjennomsnittstall for mengder og tap i hele måleperioden, ettersom dette var tall som var tilgjengelige for alle felt, mens andelene i de følgende tabellene er beregnet for hvert år, og så er det beregnet gjennomsnitt av disse. I de fleste tilfellene er forskjellen mindre enn $\pm 5\%$, det gjelder for andel avrenning og N-tap i alle felter, mens andel SS- og P-tap kan påvirkes relativt mye hvis det er stor variasjon mellom år i et felt.

Tabell V2.1. Bye småfelt i Ringsaker, Hedmark. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1995 - 2009 (data fra JOVA-basen), beregnet fra årsmiddelværdier (agrohydrologisk år, 1. mai - 30. april).

Bye		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	0	51	0	76	-	-
	Median	6,6	152	3,6	96	-	-
	Max	54	321	24	100	-	-
	Middel	15	154	8,4	92	-	-
	Stdav	19	62	9,2	9,2	-	-
	CV	124	41	110	10	-	-
SS	Min	0	1,3	0	0,6	0	2,5
	Median	26	4,5	87	13	625	3,0
	Max	1827	120	99	100	3390	37
	Middel	232	13	67	33	1083	6,0
	Stdav	494	31	39	39	1219	9,1
	CV	213	233	58	118	113	152
P	Min	0	0	0	1,7	0	0
	Median	0,034	0,025	52	48	0,62	0,017
	Max	1,9	0,15	98	100	4,0	0,048
	Middel	0,27	0,035	55	45	1,3	0,020
	Stdav	0,54	0,036	35	35	1,5	0,010
	CV	198	103	64	77	116	47
N	Min	0	9,3	0	85	0	0
	Median	0,25	25	1,1	99	8,5	18
	Max	5,1	60	15	100	21	22
	Middel	1,2	27	4,1	96	8,8	17
	Stdav	1,7	13	5,3	5,3	7,1	5,9
	CV	135	46	129	6	80	35

Tabell V2.2. Apelsvoll rutefelt på Østre Toten, Oppland. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 2001 - 2009 (data fra Korsæth, pers.medd.), beregnet fra årsmiddelverdier (agrohydrologisk år, 1. mai - 30. april).

Apelsvoll		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	1,7	203	1	83	-	-
	Median	19,6	269	6	94	-	-
	Max	47,1	328	17	99	-	-
	Middel	21,2	273	7	93	-	-
	Stdav	19,9	43	7	7	-	-
	CV	93,9	16	96	8	-	-
	80 %	37,9	313	14	99	-	-
	SS	Min	0	15	0	82	0,0
Median		2,0	30	5	95	13,9	12,0
Max		6,0	69	18	100	30,3	21,2
Middel		2,6	35	7	93	12,9	12,6
Stdav		2,5	19	7	7	10,6	5,9
CV		98	55	100	8	82,1	47,1
80 %		5,1	49	15	100	20,0	18,1
P		Min	0	0,085	0	40	0,000
	Median	0,033	0,11	17	83	0,228	0,044
	Max	0,19	0,18	60	100	0,514	0,063
	Middel	0,065	0,12	26	74	0,232	0,044
	Stdav	0,075	0,034	27	27	0,194	0,013
	CV	115	28	104	36	83,635	30,120
	80 %	0,13	0,14	54	99	0,397	0,056
	N	Min	0	18	0	93	0
Median		0,33	24	1	99	1,9	9,0
Max		1,4	42	7	100	7,8	16
Middel		0,49	27	2	98	2,4	10
Stdav		0,52	9,0	3	3	2,5	2,9
CV		107	33	117	3	106	29
80 %		0,94	34	4	100	3,1	12

Tabell V2.3. Vandsemb småfelt i Nes, Akershus. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1992 - 2005 (data fra JOVA-basen), beregnet fra årsmiddelverdier (agrohydrologisk år, 1. mai - 30. april).

Vandsemb		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	1,0	73	1	56	-	-
	Median	38	209	19	81	-	-
	Max	200	369	44	99	-	-
	Middel	54	207	19	81	-	-
	Stdav	52	80	12	12	-	-
	CV	96	39	62	15	-	-
SS	Min	15	34	4	3	25	18
	Median	30	81	27	73	142	48
	Max	2982	439	97	96	1946	159
	Middel	304	132	41	59	491	63
	Stdav	810	121	33	33	680	45
	CV	267	92	82	57	138	71
P	Min	0,017	0,20	3	24	0,14	0,16
	Median	0,28	0,42	37	63	0,60	0,24
	Max	2,8	1,3	76	97	1,8	0,45
	Middel	0,42	0,53	33	67	0,7	0,27
	Stdav	0,73	0,27	23	23	0,5	0,09
	CV	173	51	69	35	74	36
N	Min	0,015	8,4	0,056	83	1,5	4,9
	Median	1,0	22	6,1	94	2,7	10
	Max	7,0	34	17	100	6,4	16
	Middel	1,5	21	7,0	93	3,1	11
	Stdav	1,7	7,9	4,8	4,8	1,7	3,5
	CV	113	38	69	5,1	53	33

Tabell V2.4. Lodding småfelt 106/107 i Ullensaker, Akershus. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1987 - 1992 (data fra Øygarden 2000), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Lodding 106/107		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	158	54	40	20	-	-
	Median	227	144	59	41	-	-
	Max	292	404	80	60	-	-
	Middel	221	199	57	43	-	-
	Stdav	48	146	15	15	-	-
	CV	22	73	26	35	-	-
SS	Min	397	123	35	11	250	132
	Median	1291	853	52	48	521	632
	Max	2630	3010	89	65	1218	1107
	Middel	1373	1319	57	43	602	592
	Stdav	918	1291	22	22	382	373
	CV	67	98	39	53	63	63
P	Min	0,60	0,36	40	12	0,25	0,31
	Median	1,5	0,88	51	49	0,68	0,65
	Max	2,6	2,8	88	60	1,2	1,0
	Middel	1,5	1,3	56	44	0,71	0,63
	Stdav	0,81	1,1	17	17	0,31	0,26
	CV	55	85	31	39	43	41
N	Min	2,2	3,7	13	36	1,6	2,1
	Median	4,7	8,6	35	65	2,2	6,2
	Max	7,5	26	64	87	4,2	9,0
	Middel	4,9	11	36	64	2,5	6,0
	Stdav	1,9	8,0	17	17	1,0	2,3
	CV	39	77	46	26	41	39

Tabell V2.5. Holt småfelt i Ullensaker, Akershus. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1984 - 1995 (data fra Lundekvam 1997), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Holt		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	23	68	8	26	-	-
	Median	136	170	38	63	-	-
	Max	193	432	74	92	-	-
	Middel	119	223	37	63	-	-
	Stdav	52	118	20	20	-	-
	CV	44	53	52	31	-	-
	SS	Min	95	95	11	1,1	157
Median		1714	190	89	11	1934	152
Max		8381	1238	99	89	5680	305
Middel		2641	450	74	26	2150	176
Stdav		2538	432	28	28	1750	87
CV		96	96	38	109	81	50
P		Min	0,23	0,23	17	3,1	0,21
	Median	1,7	0,30	85	15	2,1	0,20
	Max	7,1	2,0	97	83	5,1	0,47
	Middel	2,5	0,71	70	30	2,1	0,27
	Stdav	2,1	0,70	27	27	1,4	0,13
	CV	85	99	39	91	69	47
	N	Min	0,76	3,8	4,8	38	0,84
Median		2,3	17	13	88	3,0	8,6
Max		6,1	37	62	95	4,5	21
Middel		2,9	20	16	84	2,6	10
Stdav		1,6	10	16	16	1,1	6,4
CV		56	51	99	19	42	61

Tabell V2.6. Askim rutefelt i Askim, Østfold. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1987 - 1995 (data fra Lundekvam 1997), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Askim		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	151	120	33	26	-	-
	Median	264	240	45	55	-	-
	Max	397	423	74	67	-	-
	Middel	257	256	50	50	-	-
	Stdav	86	103	14	14	-	-
	CV	33	40	29	29	-	-
	SS	Min	693	594	42	17	225
Median		2574	990	70	30	1067	618
Max		5198	3168	83	58	2582	749
Middel		2684	1463	64	36	1226	553
Stdav		1304	878	14	14	790	151
CV		49	60	22	40	64	27

Tabell V2.7. Enerstujordet småfelt i Ås, Akershus. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1985 - 1993 (data fra Lundekvam 1997), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Enerstujordet		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	20	280	3,9	55	-	-
	Median	47	380	10	90	-	-
	Max	247	653	45	96	-	-
	Middel	72	429	14	86	-	-
	Stdav	74	146	13	13	-	-
	CV	103	34	92	15	-	-
SS	Min	23	205	9,1	15	57	63
	Median	159	330	30	70	250	80
	Max	1864	1045	85	91	2541	163
	Middel	398	438	32	68	743	98
	Stdav	618	288	23	23	999	41
	CV	155	66	71	34	134	42
P	Min	0,14	1,0	9,1	48	0,26	0,29
	Median	0,55	1,6	19	81	0,92	0,43
	Max	1,7	4,8	52	91	5,6	1,2
	Middel	0,82	2,3	24	76	1,6	0,54
	Stdav	0,68	1,4	13	13	1,7	0,29
	CV	83	60	57	17	110	54
N	Min	0,8	28	1,7	90	1,9	7,9
	Median	1,5	41	4,3	96	3,8	10
	Max	7,5	74	10	98	5,6	22
	Middel	2,3	46	4,6	95	3,6	11
	Stdav	2,2	17	2,8	2,8	1,2	4,7
	CV	94	38	61	3	33	42

Tabell V2.8. Syverud rutefelt i Ås, Akershus. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1982 - 1995 (data fra Lundekvam 1997), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Syverud		Mengde (mm)		Andel av mengde (%)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	59	209	15	57
	Median	89	282	28	72
	Max	212	327	43	85
	Middel	106	279	27	73
	Stdav	63	44	11	11
	CV	59	16	42	15

Tabell V2.9. Kvithamar rutefelt i Stjørdal, Nord-Trøndelag. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1990 - 1994 (data fra Oskarsen et al. 1996), beregnet fra årsmiddelverdier (hydrologisk år, 1. oktober - 30. september).

Kvithamar		Mengde (mm)		Andel av mengde (%)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	61	272	9	45
	Median	100	479	17	83
	Max	339	599	55	91
	Middel	150	457	25	75
	Stdav	128	143	21	21
	CV	85	31	84	28

Tabell V2.10. Skjetlein rutefelt i Trondheim, Sør-Trøndelag. Statistikk for avrenning, tap, konsentrasjoner og andeler til grøfte- og overflatevann i perioden 1991 - 1997 (data fra Haraldsen 1998 og Haraldsen unpubl.), beregnet fra årsmiddelverdier (kalenderår).

Skjetlein		Tap (mm, kg/ha)		Andel av tap (%)		Konsentrasjon (mg/l)	
		Overflate	Grøft	Overflate	Grøft	Overflate	Grøft
Avrenning	Min	13	380	3	83	-	-
	Median	55	451	10	90	-	-
	Max	81	721	17	97	-	-
	Middel	58	486	11	89	-	-
	Stdav	23	113	4	4	-	-
	CV	40	23	38	4	-	-
	SS	Min	1,0	245	0,40	89	7,7
Median		9,5	360	1,5	99	17	80
Max		44	641	11	100	57	142
Middel		16	399	4,0	96	25	83
Stdav		15	154	3,9	3,9	21	30
CV		97	39	98	4	86	36
P		Min	0,047	1,2	2,3	86	0,10
	Median	0,17	1,7	7,9	92	0,26	0,32
	Max	0,21	2,5	14	98	0,39	0,54
	Middel	0,15	1,7	8,4	92	0,27	0,36
	Stdav	0,070	0,53	4,3	4,3	0,094	0,098
	CV	47	31	51	4,7	35	28
	N	Min	0,13	6,8	0,72	91	0,24
Median		0,49	9,2	2,7	97	0,81	1,8
Max		0,71	25	9,4	99	1,3	5,6
Middel		0,43	13	3,9	96	0,78	2,7
Stdav		0,25	6,9	2,9	2,9	0,38	1,6
CV		59	55	74	3	49	60