



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

**VOL.: 2, NR.: 101, 2016**

## Lysimeterforsøk på Særheim 2013

Tap av næringsstoffer ved bruk av husdyr- og mineralgjødning



MARIANNE BECHMANN, RIKARD PEDERSEN, INGA GREIPSLAND OG GEIR PAULSEN  
NIBIO Miljø og naturressurser

## TITTEL/TITLE

Lysimeterforsøk på Særheim 2013. Tap av næringsstoffer ved bruk av husdyr- og mineralgjødning.

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Marianne Bechmann, Rikard Pedersen, Inga Greipsland og Geir Paulsen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
19.10.2016	2/101/2016	Åpen	8877	2016/1848
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01697-7		2464-1162	17	5

## OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

## STIKKORD/KEYWORDS:

Næringsstoffavrenning, fosfor, nitrogen, Jæren, Særheim, lysimeter, husdyrgjødning, mineralgjødning

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Næringsstoffavrenning

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Særheim lysimeteranlegg ble etablert i 1991/92 og det ble gjennomført målinger frem til og med 1997. I 2013 ble forsøket gjenopprettet og med uttak av jordprøver. Rutene ble gjødslet (mineral- og husdyrgjødsel) og det ble tatt ut vannprøver fra juli til november. Resultater fra jordprøvene viste at jordens fosfortall har gått ned på rutene med de høyest fosfortall (fra P-AL 27 til 20) etter 22 år uten gjødsling. Vannprøvene viste meget lave konsentrasjoner av partikler og fosfor sammenlignet med andre målinger i området. Prøvetakingsmetoden kan ha betydning for de lave partikkelkonsentrasjonene. Meget lave P-AL-tall på morenejorden og mulig fosforbinding i undergrunnsjorden kan være årsak til de lave fosforkonsentrasjonene.

GODKJENT /APPROVED

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JANNES STOLTE



MARIANNE BECHMANN



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# INNHOOLD

1	INNLEDNING .....	4
2	METODE.....	5
2.1	Anlegget.....	5
2.2	Jordbeskrivelse.....	6
2.2.1	Jordanalyser 1991.....	6
2.2.2	Jordanalyser 2013.....	7
2.3	Forsøksplan 2013 .....	8
2.4	Analyser .....	9
2.5	Beregning av tap .....	9
3	RESULTATER OG DISKUSJON .....	10
3.1	Nedbør og avrenning .....	10
3.2	Gjennomsnittlige konsentrasjoner og tap .....	11
3.2.1	Suspendert stoff .....	11
3.2.2	Total Fosfor .....	12
3.3	Forholdet mellom Tot-P og SS.....	14
3.4	Avling og næringsstoffbalanse .....	15
4	KONKLUSJON .....	16
	LITTERATUREFERANSER .....	17
	VEDLEGG .....	18

# 1 INNLEDNING

Jordbruket på Sør-Vestlandet kjennetegnes av høy husdyrtetthet og stor utbredelse av lett-permeable jordarter med lav vannlagringsevne. Overvåking i Timebekken og i Skas-Heigre bekken gjennom JOVA programmet (Hauken m.fl. 2016) har vist at tapene av fosfor og nitrogen er betydelige fra jordbruksområder i denne regionen. Lysimeterforsøk kan bli brukt for å sammenligne betydning av driftsformer eller gjødslingstyrke og -type og kan gi verdifull innsikt i tapsprosesser for nitrogen og fosfor.

Lysimeteranlegget på Særheim ble bygget i 1990/91 og var i drift til 1997. I den perioden ble bruk og effekt av hhv. husdyrgjødsel og mineralgjødsel sammenlignet i eng. Resultatene fra da viste at jordarten er en faktor som har stor innflytelse på både avlingsmengde og utvaskingsrisiko (Riley m.fl. 1999). Samlet tap av nitrogen og fosfor var noe høyere ved bruk av husdyrgjødsel alene enn ved bruk av mineralgjødsel alene.

Fra 1997 til 2013 ble arealet slått, men ikke gjødslet.

I 2013 ble anlegget satt i drift igjen og jorda ble harvet opp, kalket, gjødslet, sådd og høstet. Hensikten var å gjenta forsøket fra 1992-1997 og se på bruk av hhv. husdyrgjødsel og mineralgjødsel sammenlignet i eng, og vurdere tap av fosfor fra de ulike systemene. I denne rapporten presenteres resultater fra undersøkelsene i 2013.



## 2 METODE

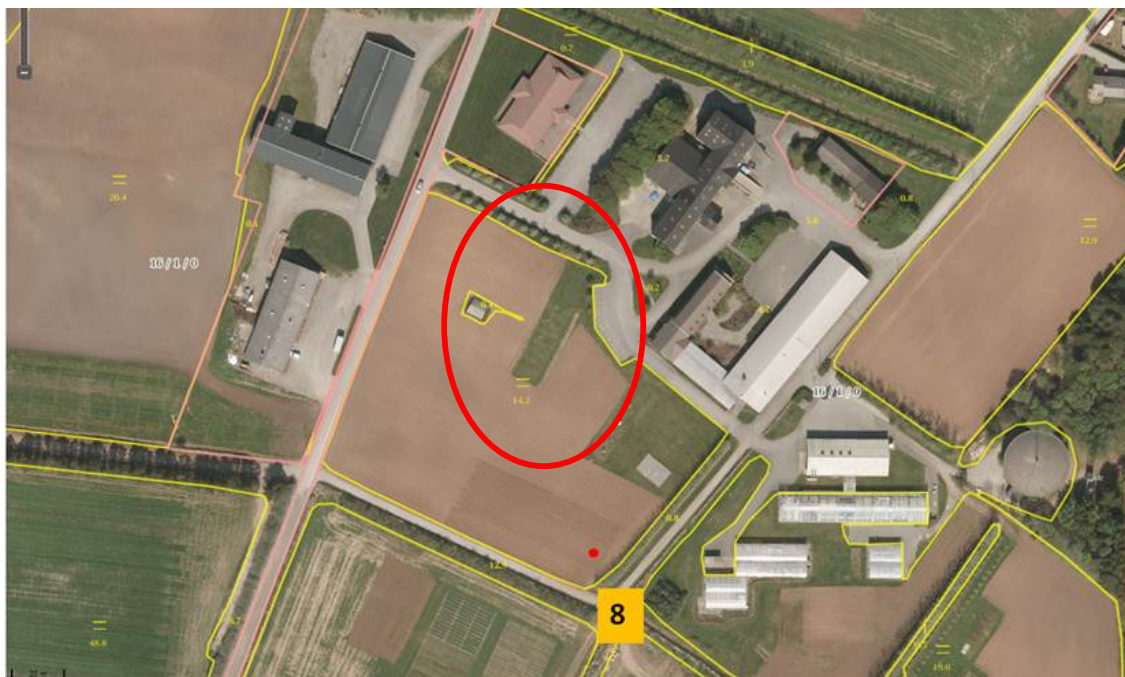
### 2.1 Anlegget

Lysimeteranlegget ble anlagt vinteren 1990/91 (figur 1) og arbeidet er beskrevet i Riley, m.fl. (1999) og gjengitt videre her. Jorden ble da fjernet ned til en 1 m dybde fra et areal på 10 x 32 m og matjord og undergrunnsjord ble skilt. Arealet ble så delt i 8 10 x 4 ruter (40 m<sup>2</sup>), adskilt i bunn og på alle sider med et dobbelt lag med plastfolie. Et 75 m drensør av plast ble lagt i midten av hver rute for å samle sigevann. Dette ble samlet i store plastrør som sto i et halvveis nedgravd hus i hellende terreng et stykke unna feltet. Jorden som var blitt fjernet ble fylt tilbake sjiktvis i seks av anleggets celler mens de to siste ble fylt av sandjord. Overflaten på rutene ble formet med en svak helling mot den ene siden av feltet og en 4 m plastrenne ble plassert i hver rute for å samle eventuell overflateavrenning. Dette vannet ble målt separat fra sigevannet. Det var to ruter med sandjord (S) og 6 ruter med morenejord (M):

S. Sandjord (mellomsand) på rute 1 og 8, svært høgt P-Al

M. Morenejord (siltig mellomsand) på rute 2-7, lavt P-Al

Anlegget var i drift fra 1992 til 1997 og det ble deretter lagt ned og har siden vært gressplen som kun har blitt slått, ikke gjødslet. Våren 2013 ble feltet fornyet grunnet ny interesse for forsøksfeltet. I prosessen ble vegetasjonen fjernet med bruk av glyfosat og jernsulfat og såbed ble opparbeidet med rotorharv. Det ble tatt ut jordprøver som ble analysert for blant annet pH, P-AL og glødetap. Hele feltet ble kalket med 400 kg/daa granulert dolomittkalk.



Figur 1. Plassering av anlegget er vist midt på bildet.

## 2.2 Jordbeskrivelse

### 2.2.1 Jordanalyser 1991

Analysene og delvis tekst i dette avsnittet er hentet fra Riley m.fl. (1999).

Jordteksturen ble høsten 1991 bestemt ned til 80 cm på to steder i hver rute, middelverdier av kornstørrelsefordeling er vist i tabell 1. Sandjorden kan betegnes som mellomsand og morenejorden kan betegnes som siltig mellomsand. Jordens kjemiske tilstand ble analysert rutevis i tre dybder og middelverdi per jordtype er vist i tabell 2. Sandjorden hadde en svært høyt P-AL verdi i topsjiktet (27 mg/100g), mens morenejorden var fosforfattig med en gjennomsnittlig P-AL på 4,8 mg/100g. Forsommeren 1992 ble det tatt ut uforstyrret sylinderprøver fra alle ruter til bestemmelse av jorden porestørrelsefordeling, vannlagringsevne, og ledningsevne for vann og luft. Det ble tatt sjiktvis prøver med 10 cm intervall ned til 60 cm på sandjorden og ned til 40 cm på morenejorden (uttak 40-60 cm ble hindret av stein). Jordartene hadde tilnærmet likt porevolum og nesten samme vannlagringsevne i det øvre sjikt, men sandjorden var mye mer tørkesvak i undergrunnen enn morenejorden, og hadde betydelig høyere luftpermeabilitet og vannledningsevne (tabell 3). Sandjorden har derfor stor utvaskingsrisiko.

Tabell 1. Kornstørrelsesfordeling i ulike dybder av de to jordarter i lysimeteret (Riley m.fl., 1999).

	Grovsand 600-2000	Mellomsand 200-600	Finsand 60-200	Grovsilt 20-60	Mellomsilt 6-20	Finsilt 2-6	Leire < 2 µm
<b>Sandjord</b>							
0-20	2	52	41	1	1	1	2
20-40	2	51	42	1	1	1	2
40-60	2	60	34	1	1	1	1
60-80	2	60	35	1	0	1	1
<b>Morenejord</b>							
0-20	6	20	37	20	10	2	5
20-40	7	20	37	20	10	2	4
40-60	9	21	33	20	11	3	3
60-80	9	20	33	21	12	3	2

Tabell 2. Kjemiske analyser i ulike dybder av de to jordarter i lysimeteret.

	pH i vann	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Org. C	Tot-N	Glødetap
<b>Sandjord</b>		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	%	%	%
0-25	6,1	26,6	4,4	13,9	99,2	3,2	0,27	7,4
25-40	6,2	19,9	1,5	11,6	72,4	2,4	0,17	5,6
40-60	6,2	7,9	1,0	5,5	33,5	0,9	0,09	2,2
<b>Morenejord</b>								
0-25	6,2	4,8	13,4	8,7	83,7	1,5	0,17	5,7
25-40	6,2	4,9	10,6	9,5	84,3	1,6	0,18	5,1
40-60	6,3	4,3	10,8	8,0	69,6	1,4	0,15	2,1

Tabell 3. Middelerverdi for diverse jordfysiske egenskaper i ulike dybder av de to jordarter i lysimeteret (Riley m.fl., 1999).

	Jordtett- het	Pore- volum	Luftkapa- sitet	Lett nyttbart vann	Tyngre nyttbart vann	Ikke nyttbart vann	Luftperm	Vannled- nings- evne
<b>Sandjord</b>	g/cm <sup>2</sup>	%	%	%	%	%	µm <sup>2</sup>	cm/t
0-20	1,28	51,5	23,0	10,3	12,1	6,1	7,1	3,8
20-40	1,49	44,9	38,3	3,4	2,4	0,8	31,4	26,1
40-60	1,48	45,3	39,6	3,0	2,3	0,8	33,3	28,2
<b>Morenejord</b>								
0-20	1,27	51,9	18,5	10,6	16,8	6,0	10,8	7,1
20-30	1,34	49,6	16,5	10,5	16,8	5,8	5,8	3,7
30-40	1,60	40,7	17,6	9,3	11,0	2,9	5,1	2,8

### 2.2.2 Jordanalyser 2013

Jordens kjemiske tilstand ble i 2013 analysert rutevis i toppsjiktet (0-20 cm)(tabell 4). I rutene med sandjord var det svært høy P-AL (18 og 21 mg/100g), mens P-AL verdiene i rutene med morenejord varierte mellom 4,1 og 5,1 mg/100g. Sammenlignet med prøvene fra ruter uten gjødsling i 1991 har P-AL verdiene i sandjorden gått ned med mellom 6 og 9 enheter, mens P-AL verdiene i morenejorden nesten ikke har endret seg.

Det var en betydelig nedgang i både Ca-AL (ca. 50 %) og Mg-AL (>50 %) i begge jordarter fra 1991 til 2013. Det var også nedgang i K-AL i sandjorden (30 %), men ikke i morenejorden. pH og moldinnholdet gikk også ned i perioden uten gjødsling. Nedgangen i pH var på 0,4 enheter i både sandjorden og morenejorden. Nedgangen i moldinnhold var 2,1 prosent-enheter i sandjorden og mellom 0,9 og 0,1 prosent-enheter i morenejorden.

Tabell 4. Jordanalyseresultater fra de ulike rutene (0-20 cm).

Rute (behandling)		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Volumvekt</b>	kg/L	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
<b>pH</b>		5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,9	5,7
<b>P-AL</b>	mg/100g	21	4,2	4,8	5,1	5,1	4,3	4,1	18
<b>K-AL</b>	mg/100g	2,9	16	17	15	12	14	16	3
<b>Mg-AL</b>	mg/100g	4,6	4,5	4,8	4,1	3,2	4,2	5	4,3
<b>Ca-AL</b>	mg/100g	51	44	47	45	43	43	46	44
<b>Na-AL</b>	mg/100g	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Glødetap</b>	% TS	5,9	5,1	5,3	4,9	5	5,6	5,6	4,7

## 2.3 Forsøksplan 2013

Forsøket ble utført med 3 forsøksledd:

- A. Storfegjødsel, 5 tonn/daa (200 kg pr rute). Rute 1, 4 og 7.
- B. Mineralgjødsel, 75 kg 12-4-18 /daa (3 kg/rute). Rute 2, 6 og 8.
- C. Ingen gjødsling. Rute 3 og 5.

Næringsstoffer tilført per rute i storfegjødsel var ca. 10 kg NH<sub>4</sub>-N /daa, 3 kg Tot-P /daa og 16 kg K /daa, og næringsstoffer tilført per rute i mineralgjødsel var 9 kg Tot-N /daa, 3 kg Tot-P /daa og 13,5 kg K /daa. Gjødslingsdato var 05.07.2013 og gjødsling til de forskjellige rutene er vist i tabell 5. Etter gjødsling ble det sådd en engrøblanding av timotei, engsvingel/engrapp og rødkløver. Sådato var 06.07.2013.

Tabell 5. Gjødsling til de forskjellige rutene

Rute	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Behandling</b>	A	B	C	A	C	B	A	B
<b>Jordtype</b>	Sand	Morene	Morene	Morene	Morene	Morene	Morene	Sand
<b>Gjødsel</b>	Husdyr	Mineral	-	Husdyr	-	Mineral	Husdyr	Mineral
<b>P i gjødsel kg/daa</b>	3	3	-	3	-	3	3	3
<b>N i gjødsel kg/daa</b>	10	9	-	10	-	9	10	9



## 2.4 Analyser

I perioden med undersøkelser i 2013 var det ingen perioder med overflateavrenning og alle analyser er av grøftevann. Det ble tatt ut 12 vannprøver av grøftevannet fra hver rute i perioden 04.07.2013 – 29.11.2013. Hver prøve var en blandprøve fra avrenningen i perioden forut for prøvetaking. Prøvene ble analysert for suspendert stoff (SS) og totalfosfor (Tot-P). Prøver av husdyrgjødsel ble analysert for tørrstoff (SS 028113), Kjeldahl-N (SS 028101:1-92) og fosfor og kalium (begge SS 028150-2). Det ble tatt ut avlingsprøver fra hvert felt og analysert for N og næringstoffer.

## 2.5 Beregning av tap

Avrenning fra rutene ble målt ved å samle avrenningen i et stort kar og lese av vannstanden jevnlig, blandprøver ble tatt ut 1-3 ganger pr måned. Grundig omrøring før prøvetaking er nødvendig for å redusere usikkerheten på SS-konsentrasjonen, men det er likevel en risiko for underestimering av SS ved denne metoden. Denne usikkerheten bør undersøkes ved nye studier.

For å beregne tap ble konsentrasjonen i av SS og Tot-P multiplisert med avrenningsmengden i perioden. Dunkene til oppsamling og måling av avrenningen måtte tømmes når de var fulle. Det ble flere ganger målt avrenning uten at det ble tatt ut vannprøver. For å få et estimat på tapene av partikler og fosfor fra de forskjellige rutene ble det antatt at de periodene med kun avrenningsmåling hadde konsentrasjoner som gjennomsnittet av prøven før og etter aktuell periode. Den 18.10.2013 ble det tatt ut prøve, men det ble ikke registrert vannføring. For beregning av tap blir denne prøven satt til 22.10.2013 når det ble målt vannføring, men ikke tatt ut prøve.

## 3 RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1 Nedbør og avrenning

I året 2013 var sommer- og høsttemperaturen tilnærmet som i normalperioden 1961-1990 (tabell 6). Det var derimot betydelig mer nedbør enn normalt i august og november mens juli var tørr.

Tabell 6. Temperatur og nedbør i Juli-Novembe1 2013 ved Særheim (LMT). Verdier for normalperioden ved sola (eklima.no).

	Temperatur 2013 (°C)	Temperatur normalperiode (1961-1990) (°C)	Nedbør 2013 (mm)	Nedbør normalperiode (1961-1990) (mm)	Avrenning Middel 2013 (mm)
Jul	14,7	14,2	33	91	11
Aug	15,1	14,4	228	115	103
Sep	12,4	11,7	162	156	62
Okt	9,7	8,8	133	148	67
Nov	5,5	4,6	199	136	154
Gj.snitt/sum	10,5	9,3	755	646	396

Tabell 7. Avrenning (mm) fra de ulike rutene.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Behandling	A	B	C	A	C	B	A	B
Jord	S	M	M	M	M	M	M	S
Jul	17	8	7	7	7	7	11	20
Aug	105	103	99	101	103	102	103	107
Sep	64	60	59	57	65	60	62	66
Okt	66	67	66	64	69	67	69	70
Nov	156	154	151	152	155	155	155	157
Tot	408	392	382	381	398	391	399	419

A: Husdyrgjødsel. B: Mineralgjødsel. C: Ingen gjødsling. S: Sandjord, M: Morenejord.

Total avrenning fra rutene i overvåkingsperioden varierte mellom 381 mm og 419 mm (tabell 7). Avrenning fra rutene med sandjord var 408-419 mm sammenlignet med rutene med morenejord som hadde 381-399 mm avrenning, forskjellen var ikke signifikant. Avrenningen var høyest i august og lavest i juli og tilsvarende variasjonen i nedbøren. Vannbalansen (nedbør – gjennomsnittlig avrenning) i perioden var 359 mm noe som er høyt, men som svarer til registreringer i JOVA-feltene Time og Skas-Heigre like i nærheten (Hauken m.fl., 2016). Høy vannbalanse kan forklares med høye temperaturer og dermed høy fordampning i området.

## 3.2 Gjennomsnittlige konsentrasjoner og tap

### 3.2.1 Suspendert stoff

Gjennomsnittlig konsentrasjonen av SS varierte mellom 3 og 10 mg/L i de ulike rutene (tabell 8)(figur 2). Sandjorden hadde signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av SS (9-10 mg/L) enn morenejorden (3-4 mg/L) uavhengig av behandling. Sandjorden hadde høyere vannledningsevne og luftpermeabilitet i undergrunnsjorden enn morenejorden (Riley m.fl., 1999). Dette kan bidra til økt partikkeltransport gjennom makroporene. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gjødsel-behandlinger (vedlegg 1).

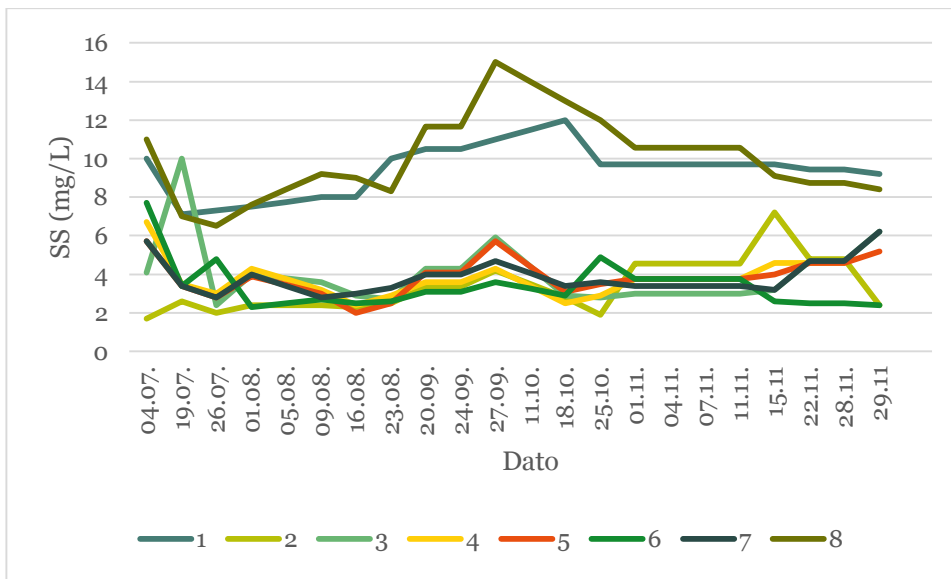
Tabell 8. Gjennomsnitt, min, max konsentrasjon (mg/L) og tap av SS (kg/daa) i de ulike rutene.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Behandling</b>	A	B	C	A	C	B	A	B
<b>Jord</b>	S	M	M	M	M	M	M	S
<b>Gjns. kons.</b>	9	3	4	4	4	3	4	10
<b>Min</b>	7	2	2	2	2	2	3	7
<b>Maks</b>	12	7	10	7	6	8	6	15
<b>Tap (kg/daa)</b>	2,9	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	3,2

A: Husdyrgjødsel. B: Mineralgjødsel. C: Ingen gjødsling. S: Sandjord, M: Morenejord.

Andre undersøkelser viser stort sett høyere konsentrasjoner av SS på Jæren. SS-konsentrasjoner i grøfteutløp i Figgjoelva var i gjennomsnitt 15 mg/L (3-59 mg SS/L) (Øgaard, 2012). I Timebekken og Skas-Heigre kanalen var SS-konsentrasjonene i gjennomsnitt hhv. 11 og 12 mg/L i gjennomsnitt for de respektive overvåkingsperiodene (Hauken m.fl., 2014).

Tapet av SS var høyest fra sandjorden (3,9 og 4,2 kg/daa) og lavest fra morenejorden (gj.snitt 1,4 kg/daa). Det var ingen signifikante forskjeller mellom gjødsel behandlinger.



Figur 2. Gjennomsnittlig konsentrasjon av suspendert stoff (SS i mg/L) i de ulike rutene gjennom overvåkingsperioden.

### 3.2.2 Total Fosfor

Gjennomsnittlig konsentrasjon av Tot-P varierte mellom 6 og 19  $\mu\text{g/L}$  i de ulike rutene (tabell 9). Sandjorden hadde signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av Tot-P (17 og 19  $\mu\text{g/L}$ ) enn morenejorden (7-10  $\mu\text{g/L}$ ) uavhengig av gjødsling. Høyere konsentrasjon av SS og høyere P-AL verdier i sandjorden kan bidra til de høyere konsentrasjonene. Målingene som ble gjennomført i 1992-1997 viste Tot-P konsentrasjoner på 5,6  $\mu\text{g/L}$  for morenejorden og 56  $\mu\text{g/L}$  for sandjorden (Riley m.fl., 1999). Tot-P konsentrasjoner avhenger av avrenningsforholdene og overvåkingsperioden i 2013 er for kort til å dra konklusjoner i forhold til konsentrasjonsforskjellen for morenejorden, men konsentrasjonen er mye lavere i 2013 for sandjorden enn det som ble målt i 1992-1997. Det kan ha sammenheng med at P-AL-verdiene i sandjorden var mye høyere i 1992-97 enn i 2013.

Konsentrasjonene av Tot-P i grøfteavrenning fra lysimeterfeltet er likevel lave i forhold til andre målinger på Jæren. Tot-P-konsentrasjoner i grøfteutløp i Figgjoelva var i gjennomsnitt 216  $\mu\text{g/L}$  (172  $\mu\text{g/L}$  når en ekstremhøy konsentrasjon er utelatt) (Øgaard, 2012). I JOVA-programmet er det målt Tot-P-konsentrasjoner på i gjennomsnitt 163 og 141  $\mu\text{g/L}$  i hhv. Timebekken og Skas-Heigrekkanalen for de respektive overvåkingsperiodene (Hauken m.fl., 2014). Fosforbinding i undergrunnsjorden kan gi lave konsentrasjoner ved utvasking.

I rutene med morenejord var det ikke noen tydelig trend i konsentrasjonen av Tot-P utover høsten, mens det i rutene med sandjord var en klar oppadgående trend fra august til november (figur 3). Variasjonen over tid og mellom rutene på morenejord var betydelig, men det var ingen signifikant forskjell i konsentrasjoner med bakgrunn i gjødseltyper (vedlegg 2).

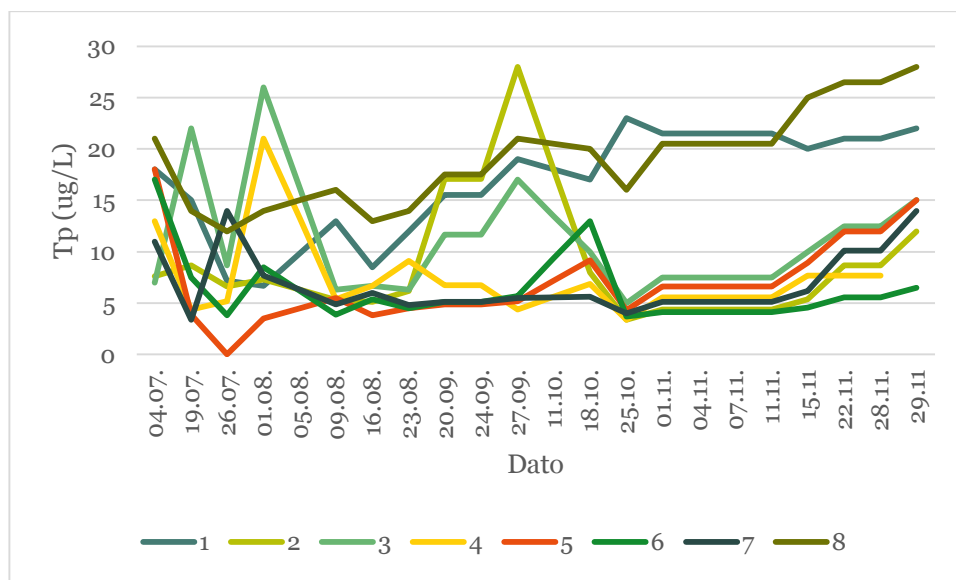
Tapene av fosfor var høyest fra sandjorden (5,4 og 6,1 kg/daa) og lavest fra morenejorden (gj.snitt 2,9 kg/daa). Det var ingen signifikante forskjeller mellom gjødsel behandlinger.

Generelt var både gjennomsnittlig konsentrasjon og tap av Tot-P svært lav fra alle rutene. Øvre Time er et delfelt av Timefeltet (overvåket i JOVA programmet) der grøfteavrenning ble registrert fra 1998 til 2005. De totale tap av fosfor i perioden juli-november fra Øvre Time var i gjennomsnitt 18 g/daa (variasjonen mellom år var 7 til 36 g/daa) (Pengerud m.fl., 2006) og betydelig høyere enn i lysimeterforsøket på Særheim. Jordsmonnet i feltet Øvre Time er dominert av moreneavsetninger med høyt innhold av siltig mellomstrand og kan derfor sammenlignes med morenejorden i lysimeterforsøket. Gjennomsnittlig gjødsling med Tot-P i Øvre Time var 5,3 kg/daa i overvåkingsperioden. Dette er ca. 40 % mer enn i lysimeterforsøket og dessuten har det pågått over mange år. Det kan bidra til å forklare noe av forskjellene i observerte konsentrasjoner.

Tabell 9. Gjennomsnitt, min og maks konsentrasjon av Tot-P ( $\mu\text{g/L}$ ) og tap av Tot-P (g/daa) i de ulike rutene

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Behandling</b>	A	B	C	A	C	B	A	B
<b>Jord</b>	S	M	M	M	M	M	M	S
<b>Gjns. kons.</b>	17	9	11	7	7	6	7	19
<b>Min</b>	7	3	5	3	4	4	3	12
<b>Maks</b>	23	28	26	21	18	17	14	28
<b>Tap (g/daa)</b>	5,4	2,4	2,8	1,9	2,1	1,6	1,9	6,1

A: Husdyrgjødsel. B: Mineralgjødsel. C: Ingen gjødsling. S: Sandjord, M: Morenejord.



Figur 3. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor (Tot-P i  $\mu\text{g/L}$ ) i de rutene gjennom overvåkingsperioden.



### 3.3 Forholdet mellom Tot-P og SS

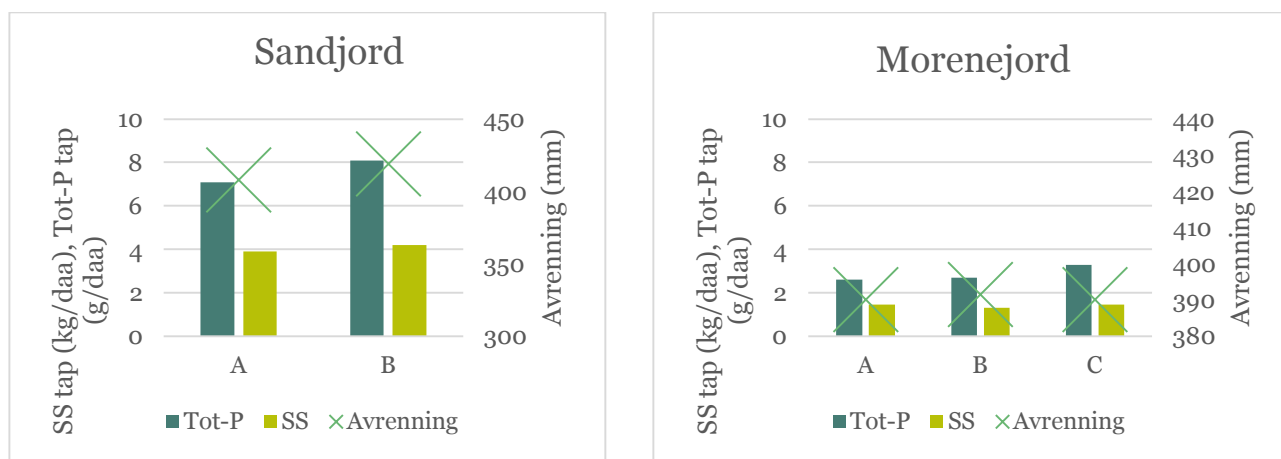
Forholdet mellom Tot-P og SS beskriver mengden Tot-P som gjennomsnittlig er knyttet til hver partikkel av SS i avrenningen. Avrenning fra sandjorden hadde i gjennomsnitt lavere TP/SS forhold enn avrenning fra morenejorden (tabell 10). Ved høyere partikkeltransport er det generelt forholdsvis lavere Tot-P konsentrasjon. Det skyldes dels at større partikler har mindre overflate for binding av fosfor og dels at løst fosfat kan utgjøre en større andel ved lavere SS-konsentrasjoner. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gjødsel-behandlinger på noen av jordtypene.

Tabell 10. Gjennomsnitt, min. og max. av TP/SS (promille) i de ulike behandlinger.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Behandling</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Jord</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>S</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	1,8	2,9	2,8	2,0	1,8	2,0	1,8	2,0
<b>Min</b>	0,9	0,8	1,7	1,0	0,9	0,8	1,0	1,3
<b>Max</b>	2,4	6,7	6,5	4,9	3,2	4,5	5,0	3,3

A: Husdyrgjødsel. B: Mineralgjødsel. C: Ingen gjødsling. S: Sandjord, M: Morenejord.

Figur 4 viser gjennomsnittlig Tot-P, SS og avrenning i gjennomsnitt i overvåkingsperioden for de ulike jordtyper og gjødselbehandlinger. Det var ingen signifikante forskjeller mellom behandlinger, men tydelig forskjell mellom jordtyper.



Figur 4. Gjennomsnittlig tap av Tot-P, SS og avrenning i overvåkingsperioden for de ulike jordtyper og gjødselbehandlinger. A: Husdyrgjødsel. B: Mineralgjødsel. C: Ingen gjødsling.

### 3.4 Avling og næringsstoffbalanse

Det var i gjennomsnitt høyest avling i rutene som ble tilført mineralgjødning uavhengig av jordtype og avlingen var da hhv. 286 og 283 kg/daa i gjennomsnitt for morenejord og for sandjord. Det var lavest avling i rutene uten tilført gjødning (i gjns. 126 kg/daa morenejord) (tabell 11). Mengde nitrogen og fosfor bortført med avling i de ulike behandlingene var også lavest i rutene uten tilført gjødning. Det var noe lavere næringsstoffinnhold i avlingen ved tilførsel av husdyrgjødning sammenlignet med mineralgjødning i rutene på sandjord, i rutene på morenejord viste næringsstoffinnholdet i avlingen ingen forskjell mellom de to gjødning behandlingene.

Næringsstoffbalansen (N tilført i gjødning – N bortført med avling) var negativ for både nitrogen og fosfor i rutene uten tilført gjødning (tabell 12). På grunn av de lave avlingene var det stort overskudd av næringsstoffer, det vil si positive næringsstoffbalanser i rutene som ble gjødslet.

Sandjorden hadde litt høyere gjennomsnittlig nitrogenbalanse sammenlignet med morenejorden. Fosforbalansene var relativt like i alle rutene tilført husdyrgjødning eller mineralgjødning uavhengig av jordtype. I rutene med tilført husdyrgjødning var det noe høyere nitrogenbalanse enn i rutene med mineralgjødning i både sandjorden og morenejorden. Dette kan tyde på at plantene ikke klarte å utnytte nitrogenet i husdyrgjødselen like godt som i mineralgjødning.

Tabell 11. Tørrstoffavling (kg/daa) fra de ulike rutene.

Rute	1	2	3	4	5	6	7	8
Behandling	A	B	C	A	C	B	A	B
Jord	S	M	M	M	M	M	M	S
Tørrstoffavling kg/daa	220	303	104	281	147	269	222	283
Bortført N kg/daa	3,3	5,1	1,7	4,7	2	4,3	4,8	4,1
Bortført Tot-P kg/daa	0,44	0,7	0,16	0,7	0,26	0,48	0,44	0,48

A: Husdyrgjødning. B: Mineralgjødning. C: Ingen gjødning. S: Sandjord, M: Morenejord.

Tabell 12. Næringsstoffbalanse (gjødning – bortført i avling) for nitrogen (kg/daa) og fosfor (kg/daa) i de ulike rutene.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Behandling	A	B	C	A	C	B	A	B
Jord	S	M	M	M	M	M	M	S
N-balanse (kg/daa)	6,7	3,9	-1,7	5,3	-2	4,7	5,2	4,9
P-balanse (kg/daa)	2,6	2,3	-0,2	2,3	-0,3	2,5	2,6	2,5

A: Husdyrgjødning. B: Mineralgjødning. C: Ingen gjødning. S: Sandjord, M: Morenejord.

## 4 KONKLUSJON

- På 22 år gikk P-AL nivået i sandjorden ned fra 27 til mellom 18 og 21. Det var ingen endring i P-AL i morenejorden som lå på rundt P-AL=5.
- Det ble målt meget lave konsentrasjoner av Tot-P fra begge jordtyper sammenlignet med konsentrasjoner funnet ellers i overvåkingen (Øvre Time, Time og Skas-Heigre).
- Det ble målt høyere konsentrasjoner av SS og Tot-P fra sandjorden enn fra morenejorden. Det var også noe høyere avrenning i sandjorden.
- Det var ingen signifikante forskjeller i gjennomsnittlige konsentrasjoner eller tap av SS eller Tot-P mellom ulike gjødsel-behandlinger.
- Det var meget lave avlinger, men i gjennomsnitt høyest avling i rutene som ble tilført mineralgjødsel uavhengig av jordtype.
- Næringsstoffbalansen var positiv for både nitrogen og fosfor i rutene med tilført gjødsel.

## LITTERATUREFERANSER

- Hauken, M., Stenrød, M., Deelstra, J., Eggestad, H., Øgaard, A. F., Skaalsveen, K., Greipsland, I., Riley, H., Molversmyr, Å., Lunnan, T., Selnes, S., Stubhaug, E., Dreyer, L. & Paulsen, L. 2016. *Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2014.* NIBIO RAPPORT 2(85).
- Landbruksmeteorologisk Tjeneste (LMT), lmt.bioforsk.no, Særheim, 01.07.2013 – 31.12.2013.
- Pengerud, A., Deelstra, J. Eggestad, H.O. og Øygarden, L. 2006. *Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Vinningland 1998-2005.* Bioforsk Rapport Vol 1. Nr. 183.
- Riley, H., Westbye, P.O. og Kvamme. 1999. *Tap av næringsstoffer ved bruk av husdyr- og mineralgjødning på morenejord og sandjord. Undersøkelser i Særheimlysimeter 1992-1997.* Grønn forskning 10/99
- Øgaard, A. 2012. *Kartlegging av fosfor og nitrogen i grøftevann i Figgjoelvas nedbørfelt.* Bioforsk rapport 7(89).

## VEDLEGG

Vedlegg 1. Gjennomsnitt og standardavvik av SS for jordtyper og behandling. Signifikante forskjeller er vist som ulike bokstaver.

	Behandling	Gjennomsnitt /Sum	St.avik	Signifikant forskjell mellom jordtyper	Signifikant forskjell mellom behandlinger
<b>Sandjord</b>				a	
SS kons (mg/L)	A	9	7		a
	B	10	7		a
SS tap (kg/daa)	A	2,9			a
	B	3,2			a
<b>Morenejord</b>				b	
SS (mg/L)	A	4	2		b
	B	3	2		b
	C	4	2		b
SS tap (kg/daa)	A	1,1			b
	B	1,1			b
	C	1,1			b

Vedlegg 2. Gjennomsnitt og standardavvik av tot-P for jordtyper og behandling. Signifikante forskjeller er vist som ulike bokstaver.

	Behandling	Gjennomsnitt/ Sum	St.avik	Signifikant forskjell mellom jordtyper	Signifikant forskjell mellom behandlinger
<b>Sandjord</b>				a	
Tot-P kons (µg/L)	A	17	7		a
	B	19	12		a
Tot-P tap (g/daa)	A	5,4			a
	B	6,1			a
<b>Morenejord</b>				b	
Tot-P (µg/L)	A	7	3		b
	B	8	3		b
	C	9	4		b
Tot-P tap (g/daa)	A	1,9			
	B	2,0			
	C	2,5			



Vedlegg 3. Konsentrasjoner av totalfosfor ( $\mu\text{g/L}$ ).

Rute	1	2	3	4	5	6	7	8
Dato	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )	TP ( $\mu\text{g/L}$ )
04.07.	18.0	7.6	7.0	13.0	18.0	17.0	11.0	21.0
19.07.	15.0	8.7	22.0	4.4	3.9	7.5	3.4	14.0
26.07.	7.2	6.6	8.7	5.2	<3	3.8	14.0	12.0
01.08.	6.7	7.3	26.0	21.0	3.5	8.5	7.7	14.0
05.08.	9.9	6.3	16.2	13.2	4.5	6.2	6.3	15.0
09.08.	13.0	5.3	6.3	5.4	5.5	3.9	4.9	16.0
16.08.	8.5	5.1	6.7	6.7	3.8	5.4	6.0	13.0
23.08.	12.0	6.2	6.3	9.1	4.5	4.5	4.8	14.0
20.09.	15.5	17.1	11.7	6.8	4.9	5.1	5.2	17.5
24.09.	15.5	17.1	11.7	6.8	4.9	5.1	5.2	17.5
27.09.	19.0	28.0	17.0	4.4	5.2	5.7	5.5	21.0
11.10.	18.0	18.0	13.5	5.7	7.2	9.4	5.6	20.5
18.10.	17.0	8.0	10.0	6.9	9.2	13.0	5.6	20.0
25.10.	23.0	3.4	5.0	3.4	4.3	3.7	4.0	16.0
01.11.	21.5	4.4	7.5	5.6	6.6	4.2	5.1	20.5
04.11.	21.5	4.4	7.5	5.6	6.6	4.2	5.1	20.5
07.11.	21.5	4.4	7.5	5.6	6.6	4.2	5.1	20.5
11.11.	21.5	4.4	7.5	5.6	6.6	4.2	5.1	20.5
15.11	20.0	5.4	10.0	7.7	8.9	4.6	6.2	25.0
22.11.	21.0	8.7	12.5	7.7	12.0	5.6	10.1	26.5
28.11.	21.0	8.7	12.5	7.7	12.0	5.6	10.1	26.5
29.11	22.0	12.0	15.0		15.0	6.5	14.0	28.0

Vedlegg 4. Konsentrasjoner av suspendert stoff (mg/L).

Rute	1	2	3	4	5	6	7	8
Dato	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)	SS (mg/L)
04.07.	10	2	4	7	6	8	6	11
19.07.	7	3	10	4	3	3	3	7
26.07.	7	2	2	3	3	5	3	7
01.08.	8	2	4	4	4	2	4	8
05.08.	8	2	4	4	3	3	3	8
09.08.	8	2	4	3	3	3	3	9
16.08.	8	2	3	2	2	3	3	9
23.08.	10	3	3	3	3	3	3	8
20.09.	11	3	4	4	4	3	4	12
24.09.	11	3	4	4	4	3	4	12
27.09.	11	4	6	4	6	4	5	15
11.10.	12	4	4	3	4	3	4	14
18.10.	12	3	3	3	3	3	3	13
25.10.	10	2	3	3	4	5	4	12
01.11.	10	5	3	4	4	4	3	11
04.11.	10	5	3	4	4	4	3	11
07.11.	10	5	3	4	4	4	3	11
11.11.	10	5	3	4	4	4	3	11
15.11	10	7	3	5	4	3	3	9
22.11.	9	5	5	5	5	3	5	9
28.11.	9	5	5	5	5	3	5	9
29.11	9	2	6		5	2	6	8

Vedlegg 5. Avrenning (mm).

Rute	1	2	3	4	5	6	7	8
4.7.	143	110	103	89	96	96	103	161
12.7.	297	165	157	132	150	154	217	340
19.7.	132	16	13	19	19	19	54	165
26.7.	103	19	15	40	26	19	68	125
1.8.	75	6	6	6	6	6	9	96
3.8.	856	856	856	856	856	856	856	856
5.8.	856	856	856	856	856	856	856	856
9.8.	856	856	821	856	856	856	856	856
16.8.	695	687	545	620	670	645	682	746
23.8.	856	856	856	856	856	856	856	856
2.9.	796	636	720	628	788	611	628	805
20.9.	695	678	645	653	687	670	678	678
24.9.	779	822	763	779	848	822	848	822
27.9.	274	274	251	236	274	281	312	320
4.10.	328	305	289	228	297	305	344	391
11.10.	243	289	297	297	351	289	297	258
22.10.	375	375	328	305	383	375	399	431
25.10.	856	856	856	856	856	856	856	856
29.10.	856	856	856	856	856	856	856	856
1.11.	512	520	471	488	537	520	520	504
4.11.	856	856	856	856	856	856	856	856
7.11.	763	712	653	678	712	712	712	763
11.11.	856	856	856	856	856	856	856	856
15.11.	856	856	856	856	856	856	856	856
19.11.	856	856	856	856	856	856	856	856
22.11.	439	415	375	399	415	431	439	496
28.11.	586	636	636	611	636	620	603	586
29.11.	512	463	480	480	480	504	488	504
<b>sum</b>	408	392	382	381	398	391	399	419

## NOTATER:

## NOTATER:



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.