



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Klimaendringer, grøfteavrenning og grunnvann

Resultater fra målinger i Øvre Time, Jæren

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 73 | 2020



Johannes Deelstra, Atle Hauge  
Division for miljø og naturressurser

## TITTEL/TITLE

Klimaendringer, grøfteavrenning og grunnvann, resultater fra målinger i Øvre Time, Jæren

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Johannes Deelstra, Atle Hauge

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
07.05.2020	6/73/2020	Åpen	10274	18/01775
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02588-7	2464-1162	17		

## OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektorat

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

## STIKKORD/KEYWORDS:

Klimaendring, grøfteavrenning, grunnvann  
Climate change, subsurface runoff, groundwater

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Hydroteknikk  
Agrohydrology

## SAMMENDRAG/SUMMARY:

Klimaendringer vil føre til både mer nedbør og flere episoder med høy nedbørintensitet. En økning i nedbør kan føre til økning både i overflate- og grøfteavrenning. Spørsmålet blir hvordan grøftesystemer i Norge skal utformes når det må tas hensyn til denne økningen i nedbør. Rapporten presenterer resultater fra målinger av grunnvannsnivå og grøfteavrenning i et mindre forsøksfelt på Jæren i Rogaland. Et viktig formål med målingene har vært å få bedre forståelse av effekten av et etablert grøftesystem på variasjonen i grunnvannsnivå i perioder med mye nedbør, og evaluere grøftesystemets evne til å håndtere økt nedbør.

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Rogaland

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Time

## STED/LOKALITET:

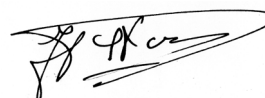
Jæren (Bryne)

## GODKJENT /APPROVED



EVA SKARBØVIK

## PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JOHANNES DEELSTRA



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Studien har blitt gjennomført som en del av prosjektene “Riktig Drenering” (prosjekt no.: 201306467) og Klimasmart drenering (prosjekt no.: 201306467), finansiert av Landbruksdirektoratet.

Resultater presentert i denne rapporten er delvis basert på en vitenskapelig artikkel i Soil & Plant Science, Acta Agricultura Scandinavia, Volum 65, supplement 1 i 2015. Noen endringer er gjort, særlig med hensikt på å vise sammenhengen mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning.

Arbeidet er gjennomført med Johannes Deelstra som hovedansvarlig i samarbeid med Atle Hauge.

Rapporten er kvalitetssikret av avdelingsleder Eva Skarbøvik, i henhold til NIBIOs kvalitetsrutiner.

Ås, 26 november 2019

Johannes Deelstra  
Prosjektleder

# Innhold

1	Innledning.....	5
2	Materialer og metoder .....	6
2.1	Grøfteavrenning .....	6
2.2	Registrering av grunnvannsnivå .....	6
3	Måleresultater og diskusjon .....	8
3.1	Temperatur, nedbør og grøfteavrenning .....	8
3.2	Sammenheng mellom grøfteavrenning og grunnvannsnivå .....	9
3.3	Synkehastighet av grunnvann .....	11
4	Sammendrag og konklusjon .....	14
	Referanser .....	15

# 1 Innledning

Ca. 60% av landbruksarealene i Norge er kunstig drenert. Dimensjonering av grøftene er hovedsakelig basert på erfaring, samt resultater av forsøk hvor grøfteavstandens effekt på bæreevne, laglighet for jordarbeiding vår og høst, og tidspunkt for såing er undersøkt. Særlig tidspunktet for såing av korn var svært viktig for avlingen og utsettelse hadde stor negativ effekt på avling (Hove 1981). Resultatene fra disse forsøkene har i ettertid blitt brukt ved anbefalinger av grøfteavstand, spesielt i kornområdene.

I tillegg til å sørge for optimale vekstforhold og laglighet for jordarbeiding resulterer et fungerende grøftesystem ofte i en reduksjon av overflateavrenningen, og dermed også mindre jorderosjon og fosfortap (Skaggs et al., 1994). I to småfelt hvor både grøfte- og overflateavrenning ble målt, viste det seg at grøfteavrenningen hadde stor betydning for den totale avrenningen (Deelstra, 2013). Det kan imidlertid være en fare for økt avrenning av næringsstoffer gjennom dreneringssystemet, særlig nitrogen. En sammenlignende studie av næringsstofftap i overflateavrenning og drenering viste at andelen av nitrogentap i dreneringssystemet var mer enn 80 % av det totale tapet (Kværnø, 2013).

Grøfteavstand har også betydning for tap av nitrogen gjennom dreneringssystemet, en redusert grøfteavstand kan gi økt tap (Kladivko et al. 2004; Nangia et al., 2009). Analyser av avrenningen fra 30 landbruksdominerte nedbørfelt i Norden og Baltikum viste at grøftesystemet hadde en stor effekt på hydrologiske karakteristikk som «Base Flow Index (BFI)» som gir informasjon om grunnvannsbidraget i den totale avrenningen fra et nedbørfelt og «Flashiness Index (FI)» som er et uttrykk for variasjonen i avrenning fra et nedbørfelt, både mellom døgn men også innenfor et døgn. Nedbørfelter med høy grøfteintensitet hadde lavere BFI og høyere FI enn nedbørfelter med lav grøfteintensitet. Siden grøfteavrenning utgjør en stor andel av den totale avrenningen, har den også stor betydning for nitrogenavrenningen fra landbruksdominerte nedbørfelt (Deelstra et al., 2014). Øygarden (2014) gjorde en sammenstilling av de potensielle effektene av klimaendringer på avrenning og næringsstofftap i Norden og Baltikum, og konkluderte med at klimaendringer og en økning i nedbør ville føre til en økning i avrenningen med påfølgende økning i tap av nitrogen. Grøftesystemer har en direkte effekt på jordfuktigheten, og dermed på utslipp av lystgass. Dette kan bety at dårlig drenert jord slipper ut mer lystgass enn godt drenert jord. Målingene foretatt av Tesfai et al. (2015) ved tre forskjellige dreneringsintensiteter på forsøksfelter i nærheten Ås bekreftet dette.

Klimaendringene i Norge antas å gi økte nedbørmengder, samt flere episoder med høy nedbørintensitet (Hansen-Bauer et al, 2015). Deelstra et al. (2011) konkluderte med at økningen i nedbør sannsynligvis vil føre til en økning i avrenning, og som en konsekvens av dette høyere tap av næringsstoffer.

Spørsmålet blir nå hvordan dreneringssystemer i Norge skal utformes når en tar hensyn til økningen i nedbør. Er det nåværende grøftesystemet i stand til å fjerne det lett drenerbare vannet raskt nok ut av jordprofilen til å oppnå laglige forhold for jordarbeiding, gode vekstforhold gjennom vekstsesongen samt å øke vannlagringsevne i jord før den neste nedbørepisode kommer.

Denne rapporten presenterer resultater fra målinger av grunnvannsnivå og grøfteavrenning i et mindre nedbørfelt på Jæren i Rogaland fylke. Formål med målingene har vært å evaluere

- effekten av det eksisterende grøftesystemet når det gjelder synkehastighet av grunnvannsspeilet i perioder med mye nedbør,
- grøftesystemets evne til å håndtere et framtidig endret klima med økt nedbør.

## 2 Materialer og metoder

Avrenningsmålinger og målinger av grunnvannsnivå ble utført på Øvre Time, et småfelt etablert i 1997 som en del av JOVA-programmet (JOVA; Hauken & Kværnø, 2013) og som ligger på Jæren, sør for Stavanger. Øvre Time ligger innenfor Timebekkens nedbørfelt. Dette er et landbruksdominert nedbørfelt og drives hovedsakelig med eng. Øvre Time småfelt er på 2,4 hektar med forholdsvis flate arealer og ligger fra 65-74 meter over havet. Jordarten i overflatelaget er siltig mellomsand. Normal gjennomsnittlig årstemperatur er 7,4 °C mens normal årsnedbør er 1180 mm (Tabell 1). Temperatur- og nedbørdata for måleperioden er hentet fra den meteorologiske stasjonen på Særheim som ligger 5 kilometer fra forsøksfeltet. Temperatur og nedbørdata for de langsiktige klimatrendene er hentet for Sola, en meteorologisk stasjon som ligger 15 kilometer fra Særheim.

### 2.1 Grøfteavrenning

I Øvre Time småfelt er det installert systematisk lukket drenering med korrugerte, perforerte plastrør med en grøfteavstand på 6 meter (L) og i en dybde av 0,8-1 meter (d). En samleledning fører drens vannet ut av feltet og inn til en målestasjon. Her måles grøfteavrenningen ved hjelp av et RBC – overløp (Figur 1, Bos et al, 1984).



Figur 1. RBC – overløp

Vannhøyden oppstrøms terskelen, som er plassert ved utløpet av målerenna, blir registrert fortløpende ved hjelp av et ekkolodd i kombinasjon med en datalogger. Vannføringen beregnes ved hjelp av vannføringsformelen som gjelder for overløpet. Den generelle formelen for et slikt overløp er  $Q = a \times h^c$  hvor Q er vannføringen, h den registrerte vannhøyde og a og b koeffisienter som beregnes som en funksjon av dimensjonene til overløpet.

### 2.2 Registrering av grunnvannsnivå

Grunnvannsrør ble installert på feltet i november 2012. Selv om en kjente retningen for grøfterørene, var den eksakte plasseringen ukjent. Derfor ble det satt ned 5 grunnvannsrør med 2 meters avstand på tvers av grøfteretningen, og røret med det høyeste grunnvannsnivået ble utstyrt med en automatisk trykksensor i kombinasjon med datalogger for registrering av grunnvannsnivået (Figur 2).

Grunnvannsnivået ble målt fortløpende fram til februar 2014, da grunnvannsrørene ble fjernet.



Figur 2. Grunnvannsrør i Øvre Time småfelt

## 3 Måleresultater og diskusjon

### 3.1 Temperatur, nedbør og grøfteavrenning

Effekten av klimaendringer på temperatur og nedbør har blitt beregnet for regioner i Norge av Hanssen-Bauer et al. (2015), basert på forskjellige scenarier for utviklingen av CO<sub>2</sub>-utslipp, modeller for globale klimaendringer og nedskaleringsmetoder. For perioden 2071-2100 er det varslet at gjennomsnittlig årstemperatur i Sørvest-Norge kan øke med  $\Delta T = 3,5$  °C sammenlignet med perioden 1961-1990, med høyest og lavest temperaturøkning henholdsvis om vinteren ( $\Delta T = 4,0$  °C) og om sommeren ( $\Delta T = 3,5$  °C). Økningen i årsnedbør er varslet til å bli 10 %. Nedbøren om sommer, høst, vinter og vår er varslet til å øke med henholdsvis 5 %, 10 %, 20 % og 10 %. I tillegg er det varslet at det skal bli flere perioder med høy nedbørintensitet.

Det er ikke foretatt en vurdering av temperaturen i måleperioden i forhold til temperaturendringsprognoser. I Sørvest-Norge er det uvanlig med lange perioder med temperaturer under frysepunktet, slik det ble målt gjennom vinteren 2012-2013 (tabell 1).

Gjennomsnittstemperaturen for 2013 ble imidlertid lik normal årstemperatur, på grunn av temperaturer høyere enn normalt fra mai til desember 2013. Temperaturene i januar og februar 2014 var høyere enn normaltemperaturen.

Gjennomsnittlig årsnedbør for Særheim for perioden 1998 - 2012 var 1410 mm, som er 19 % høyere enn normal årsnedbør målt på Sola (tabell 1). Også i 2013 var årsnedbøren høyere enn normalt (26%), på grunn av stor nedbør i mai, juni, august og særlig i november og desember (tabell 1). Også ved oppstarten av grunnvannsmålingene var nedbøren mye høyere enn normalt, spesielt i november 2012. På samme måte som for temperaturen er det vanskelig å vurdere om avvik fra normalen for nedbøren i måleperioden har sammenheng med klimaendringer eller om det bare er en del av den naturlige variasjon. Den registrerte nedbøren ligger innenfor det en kan forvente ut fra de varslede klimaendringene, og slik sett kan den gi bakgrunn for vurdering av om grøftesystemene har tilstrekkelig kapasitet til å håndtere klimaendringene med økt nedbør.

Tabell 1. Temperatur og nedbør (Særheim) og avrenning (Øvre Time)

Måned	Temperatur (°C)			Nedbør (mm)				Avrenning (mm)					
	norm. <sup>1</sup>	2012	2013	2014	norm. <sup>1</sup>	Gj.snitt <sup>2</sup>	2012	2013	2014	Gj.snitt <sup>3</sup>	2012	2013	2014
Januar	0.8		0.0	1.9	92	132		84	106	95		65	126
Februar	0.6		-0.3	4.2	66	105		33	154	74		6	140
Mars	2.7		-0.1		75	74		16		59		8	
April	5.5		4.3		50	75		81		36		45	
Mai	9.9		10.1		68	67		101		11		67	
Juni	12.8		11.8		73	80		128		10		10	
Juli	14.2		14.7		91	106		33		23		6	
August	14.4		15		115	142		228		36		37	
September	11.7		12.4		156	147		162		64		83	
Oktober	8.8		9.7		148	178		133		102		42	
November	4.6	5.6	5.5		136	163	312	199		116	157	169	
Desember	2.2	-0.1	5.5		110	140	121	292		97	86	246	
Gj.sn/Sum	7,4	-	7,4	-	1180	1410	-	1490		724	-	784	-

<sup>1</sup> – Langtidsmåling, Sola (1961-1990), <sup>2</sup> – Gjennomsnittlig måneds/års nedbør, Særheim, 1998 - 2012,

<sup>3</sup> – Gjennomsnittlig måneds/års avrenning, 1998 – 2012



Gjennomsnittlig årsavrenning i Øvre Time for perioden 1998 - 2012 har vært 724 mm, med maksimum årsavrenning på 943 mm i 2008 og en minimum årsavrenning på 513 mm i 2010.

Mye nedbør i 2013 førte til større årsavrenning enn gjennomsnittet for måleperioden (tabell 1). Mye av nedbøren i perioden desember 2012 - mars 2013 kom som snø, noe som kan ha påvirket avrenningen. Særlig i januar 2013 kom det mye snø (Figur 3).



Figur 3. Snø i Øvre Time småfelt

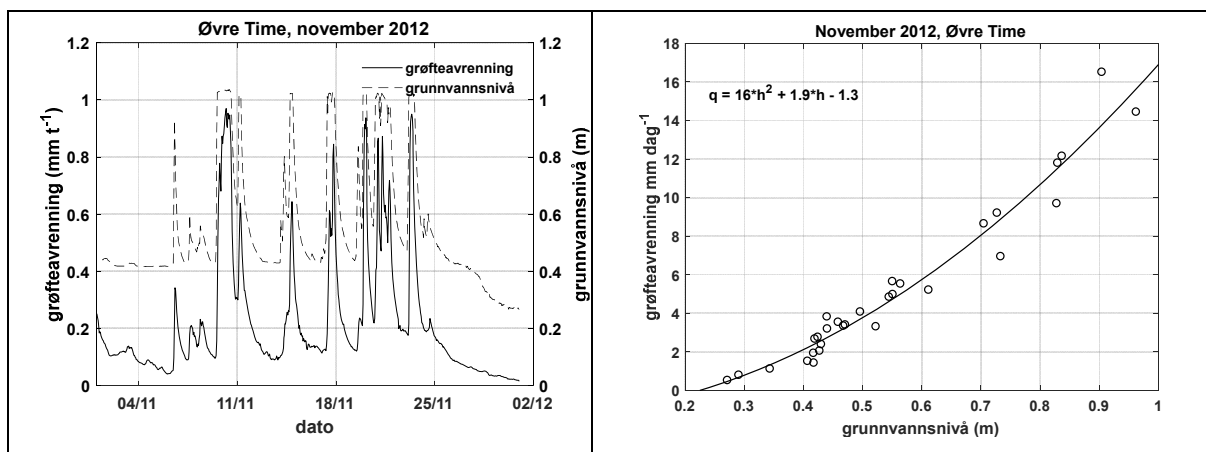
Periodevis har det vært avrenning på grunn av snøsmelting, og kombinert med nedbør som regn er det ikke usannsynlig at det kan ha vært en del overflateavrenning på grunn av tele i jorda. Mye nedbør førte også til mer avrenning enn normalt i november og desember 2013. I tillegg førte mye nedbør i november 2012 og januar-februar 2014 til mye avrenning (tabell 1).

Selv om det ikke ble målt overflateavrenning i Øvre Time, tyder målingene av grunnvannsnivå på at dette kan ha skjedd i november 2012, da grunnvannsspeilet stod helt opp i jordoverflaten, mer enn 1 meter over grøfterørene. Disse episodene er synlig i Figur 4. I hele måleperioden er det registrert 108 timer hvor grunnvannet stod mer enn 1 meter over grøftenivå, 75 av disse i november og 33 i desember 2012.

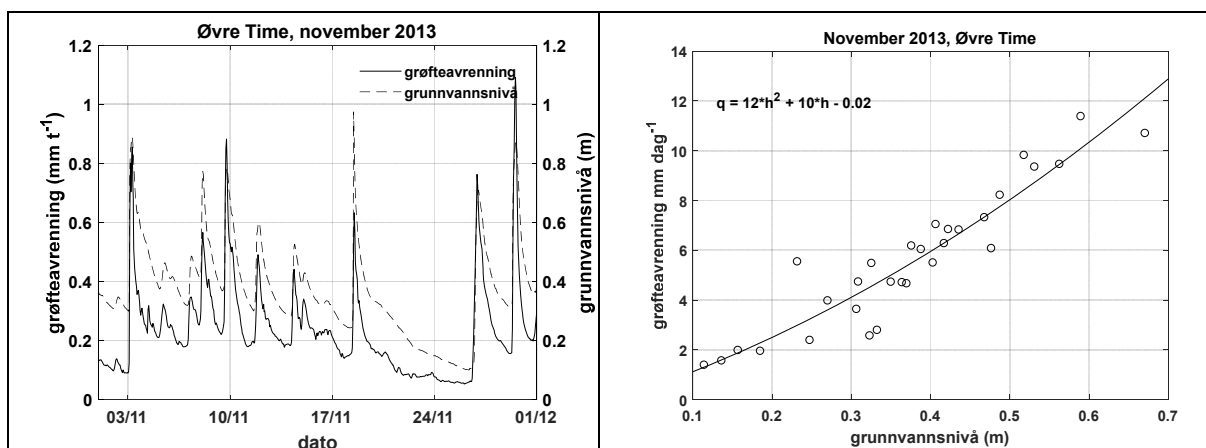
### 3.2 Sammenheng mellom grøfteavrenning og grunnvannsnivå

Et viktig formål med grøftesystemer er å senke grunnvannsnivået. Forholdet mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning var litt annerledes i november 2012 enn i november 2013 (Figur 4 og Figur 5). Ved samme grøfteavrenning var det et høyere grunnvannsnivå i 2012 sammenliknet med 2013, noe som særlig er synlig i begynnelsen av måleperioden i 2012. Da kom grunnvannsnivået ikke under 40 cm over grøftenivå. Det er ikke før i slutten av november at grunnvannsspeilet synker under dette nivået. Det kan kanskje ha sammenheng med at ny installering av grunnvannsrør i november har påvirket inn- og utstrømming av grunnvann. Denne forskjellen vises også ved sammenhengen mellom grøfteavrenning og grunnvannsnivået, som er vesentlig forskjellig i november 2012 sammenliknet med november 2013.

Selv om sammenhengen mellom gjennomsnittlige døgnverdier for grunnvannsnivå og grøfteavrenning er forskjellig for de to månedene, så er det en tydelig sammenheng der grøfteavrenningen blir bestemt av høyde på grunnvannet over grøftenivå (Figur 4 og Figur 5). Denne sammenhengen mellom grøfteavrenning og grunnvannsnivå blir bestemt av jordfysiske parametere som drenerbare porevolum og vannledningsevne i tillegg til grøfteavstand, og er ofte framstilt gjennom formler som anvendes i dimensjoneringen av grøftesystemer (Hooghoudt, 1940; Kirkham, 1958; Dumm, 1960).

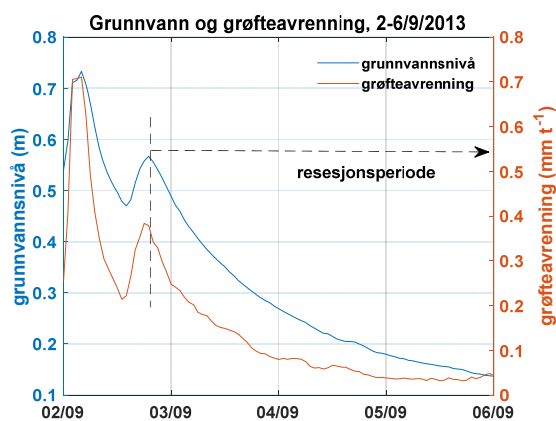


Figur 4. Grunnvannsnivå og grøfteavrenning, november 2012



Figur 5. Grunnvannsnivå og grøfteavrenning, november 2013

Sammenhengen mellom grunnvann og grøfteavrenning er også vist for flere utvalgte perioder med mye nedbør og påfølgende variasjoner i grunnvannet og grøfteavrenning (Tabell 2). Sammenhengen er beregnet for en resesjonsperiode (Figur 6).



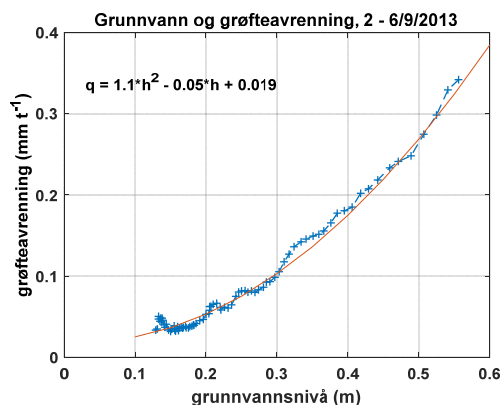
Figur 6. Grøfteavrenning, grunnvannsnivå og resesjonsperiode

Tabell 2. Nedbør (mm) målt ved Særheim

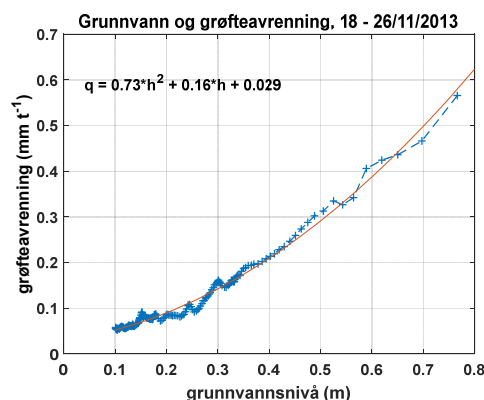
Periode	Nedbør (mm)
2 - 6 september 2013	25
18 - 26 november 2013	19
16 - 19 desember 2013	14
19 - 22 februar 2014	20

I beregningene ble det benyttet timeverdier for både grøfteavrenning og grunnvannsnivå (Figur 7 - Figur 10). Sammenhengen mellom vannhøyden og grøfteavrenningen er forskjellig for de fire utvalgte periodene. Men som ved anvendelse av gjennomsnittlige døgnverdier (Figur 4 og Figur 5), så er det også i dette tilfelle en tydelig sammenheng mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning.

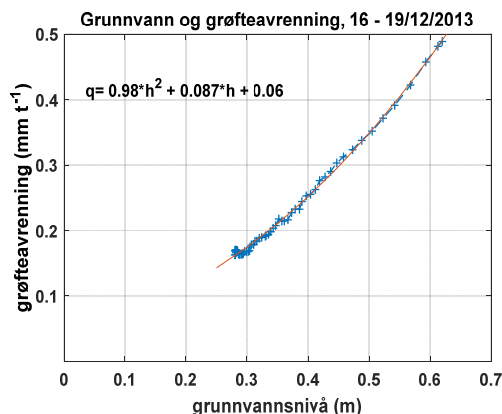
En mulig årsak til den ikke-konstante sammenhengen over tid mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning kan være endringer i jordfysiske parametere (vannledningsevne, drenerbare porevolum, makroporer) over tid, skjønt det er usikkerhet om dette.



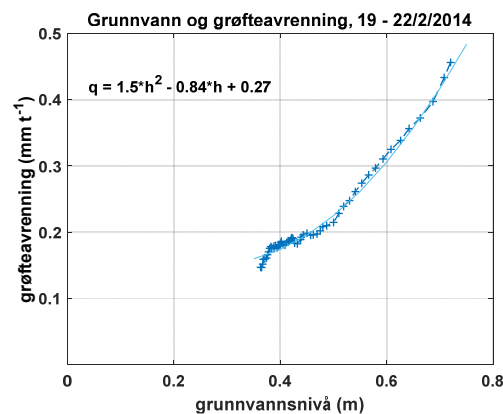
Figur 7. Grunnvann og grøfteavrenning, 2-6/9/2013



Figur 8. Grunnvann og grøfteavrenning, 18-26/11/2013



Figur 9. Grunnvann og grøfteavrenning, 16-19/12/2013



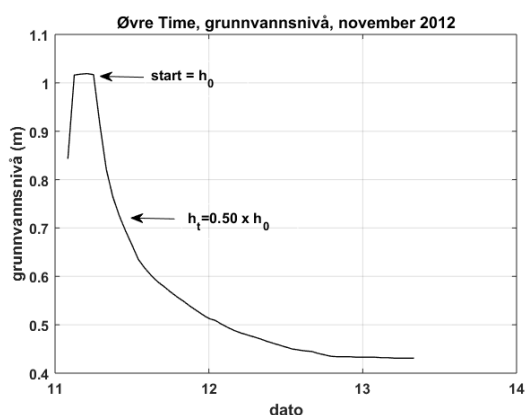
Figur 10. Grunnvann og grøfteavrenning, 19-22/2/2014

### 3.3 Synkehastighet av grunnvann

Et godt fungerende grøftesystem er viktig for å oppnå gode forhold for plantene gjennom vekstsesongen. Men en rask fjerning av det lett drenerbare vannet fra jordprofilen etter nedbør er også nødvendig for å få lagelige forhold for jordarbeiding og innhøstingen både om våren og høsten (Hove, 1981).

Et grunnlag for dimensjonering av grøftesystemet kan være at det må være i stand til å fjerne det lett drenerbare vannet i løpet av 24-48 timer etter nedbør, noe som er brukt i rådgivning om dimensjonering av grøftesystemer i Minnesota (University of Minnesota, 2014). Et slikt kriterium, det å stille krav til rask fjerning av vann fra jordprofilen kunne også passe for norske forhold, spesielt i en situasjon der vi forventer økte nedbørmengder.

Nedbør fører til et høyere grunnvannsnivå. Særlig i områder med en dårlig naturlig drenering er det nødvendig med et grøftesystem som kan senke grunnvannstanden raskt etter nedbør. For Øvre Time småfelt er senkningen av grunnvannstanden etter nedbør, den såkalte resesjonsperiode, analysert med hensyn på tiden det tar for grunnvannet å nå et nivå tilsvarende 50 % av sitt opprinnelige nivå ved starten av resesjonsperiode, eller når  $h_t = 0,5 \times h_0$  (Figur 11). Denne tiden kalles i det følgende for halveringstid.



Figur 11. Senkning av grunnvannet

Ved en slik ikke-stasjonær tilnærming av grøfteavrenningen kan endringen i grunnvannsnivået over tid beskrives ved hjelp av en eksponentiell funksjon (De Zeeuw and Hellinga, 1958; Dumm, 1960) som i likning (1)

$$h_t = h_0 \times e^{-\alpha t} \quad (1)$$

hvor  $h_0$  og  $h_t$  er grunnvannsnivå på henholdsvis tidspunkt  $t = 0$  and  $t = t$ , mens  $\alpha$  er en resesjonskoeffisient som er en funksjon av jordfysiske parametere og grøfteavstand.

For å få innsikt i hvordan grøftesystemet i Øvre Time fungerte, ble perioder med synkende grunnvannsstand visuelt valgt ut fra hydrografen og analysert for å beregne halveringstiden.

Å framstille senkningen av grunnvannet gjennom en enkel eksponentiell funksjon (likning 1) ga ikke den beste tilnærming til senkingskurven for grunnvannsnivået. I steden ble den beste tilnærming oppnådd ved å bruke en to-eksponentiell tilnærming, som vist i likning (2). Et eksempel er gitt i Figur 12 som viser for resesjonsperioden fra 18 - 26.11.2013 resultatet av de to tilnærmingene.

Den beste tilnærming mellom det målte og beregnede grunnvannsnivå ble vurdert på bakgrunn av Akaike Information Criteria (AIC, [https://en.wikipedia.org/wiki/Akaike\\_information\\_criterion](https://en.wikipedia.org/wiki/Akaike_information_criterion)).

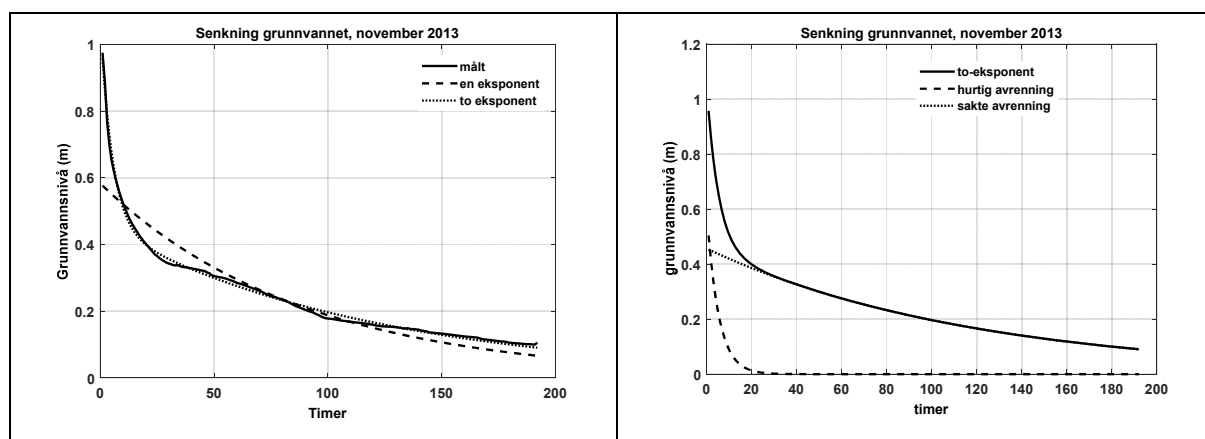
$$h_t = h_{0,1} \times e^{-\alpha_1 t} + h_{0,2} \times e^{-\alpha_2 t} \quad (2)$$

I dette tilfelle blir senkningen av grunnvannsspeilet beskrevet gjennom to strømningsprosesser, der  $h_{0,1}$  og  $h_{0,2}$  er startverdien for grunnvannet til en rask og saktegående avrenningsprosess med henholdsvis resesjonskoeffisientene  $\alpha_1$  og  $\alpha_2$ .

Sharma og Irwin (1976) kom til en tilsvarende konklusjon i beskrivelsen av strømningsprosesser ved grøfteavrenning. De konkluderte med at den saktegående avrenningen skjedde gjennom de dypere jordlagene, mens den raske avrenningen foregikk gjennom de øvre jordlagene.

Tabell 3. Senkning av grunnvannet, resesjonskoeffisienter og halveringstid

start	slutt	tid (timer)	halveringstid (timer)	$h_{start}$	$h_{0,1}$	$\alpha_1$	$h_{0,2}$	$\alpha_2$
11. nov. 2012	12. nov. 2012	41	20	1.02	0.52	0.25	0.61	0.01
17. nov. 2012	19. nov. 2012	35	15	1.02	0.59	0.15	0.53	0.01
4. mai. 2013	8. mai. 2013	105	25	0.90	0.39	0.10	0.51	0.01
15. mai. 2013	20. mai. 2013	121	25	0.67	0.30	0.13	0.42	0.01
18. aug. 2013	23. aug. 2013	120	12	0.88	0.49	0.15	0.46	0.02
18. nov. 2013	26. nov. 2013	185	11	0.98	0.61	0.19	0.46	0.01
21. des. 2013	22. des. 2013	19	11	0.93	0.56	0.42	0.56	0.02
22. des. 2013	22. des. 2013	10	11	0.92	0.44	0.60	0.71	0.04
24. des. 2013	25. des. 2013	27	16	0.91	0.39	0.26	0.61	0.02
6. jan. 2014	8. jan. 2014	55	16	0.93	0.51	0.28	0.52	0.01



Figur 12. Grunvannsmåling, 18 - 26.11.2013, en og to-eksponentiell tilnærming med en rask og sakte avrenningsprosess

Målingene i Øvre Time viste at grunnvannsspeilet synker raskt. For de fleste utvalgte resesjonsperioder var halveringstiden mindre enn 20 timer (Tabell 3). Det var en betydelig variasjon i resesjonskoeffisienter ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) over tid og dermed også i den beregnede halveringstid for de utvalgte resesjonsperioder. Det er usikkerhet om hva som er årsaken til denne variasjonen. Wesström et al., (2003) antydnet at årsaken kan være forhold ved starten av resesjonsperioden, som jordfuktighet og nedbørsforhold. Men det kan også være andre årsaker, som en endring i jordfysiske parametere over tid.

Det er en tydelig forskjell mellom koeffisientene som representerer henholdsvis den sakte og hurtige avrenningen. Den sakteresponderende avrenningsprosessen, med en betraktelig lavere resesjonskoeffisient er av stor betydning i den totale avrenningen. For eksempel for resesjonsperioden i november 2013 varte den raske avrenningen i cirka 20 timer (Figur 12). Etter 20 timer er det bare den sakteresponderende prosessen som fortsetter.

Det er usikkerhet knyttet til strømningsmønster og strømningsveier, altså hvordan vannet beveger seg mot drenerørret. Kanskje det kan være at den raske og den sakte strømningsprosessen foregår henholdsvis over og under grøftesystemet. En annen mulighet er at den raske avrenningen foregår gjennom et makro-pore system, mens den sakte avrenningen forgår gjennom jordmatriks (Sharma og Irwin, 1976).

## 4 Sammen drag og konklusjon

Grunnvannsstand og grøfteavrenning har blitt målt i et mindre felt på Øvre Time fra november 2012 til februar 2014. I denne perioden har det vært flere måneder med større nedbørmengder enn normalen.

Formålet med målingene har vært å evaluere effekten av et eksisterende grøftesystem i Øvre Time småfelt med hensyn til synkehastighet for grunnvannsspeilet i perioder med mye nedbør, og evaluere grøftesystemets evne til å håndtere et framtidig endret klima med økt nedbør.

Resultatene av målingene viser at det var raske endringer i grunnvannsstand og en forholdsvis kort halveringstid for grunnvannsnivået, noe som tyder på at det eksisterende grøftesystemet var i stand til å håndtere mye nedbør.

Planleggingen av grøftesystemer baserer seg ofte på eksisterende praksis og erfaringer fra lokalområdet. Denne tilnærming kan kanskje ikke brukes dersom en får et endret klima med større nedbørmengder i framtiden.

Usikkerheten om framtidens værforhold kan føre til at grøftesystemer dimensjoneres med tettere avstand mellom drenerørene, noe som kan gi høye anleggskostnader. En bør kjenne til de faktorene som påvirker behovet for drenering.

Det er viktig å fortsette målingene som på Øvre Time småfelt for å få kunnskap om sammenhengen mellom værforhold, jordfysiske forhold, grøfteavrenning og grunnvannsnivå for dermed å være i stand til å ta de riktige valg når det gjelder dimensjoneringen av grøftesystemer i et framtidig klima.

# Referanser

- Bos, M.G., Repogle, J. & Clemmens, A.J. 1984. Flow measuring flumes for open channel systems. Wiley-Interscience Publication. ISBN 0-471-80637-4.
- De Zeeuw, J.W. and Hellinga, F. 1958. Neerslag en afvoer. *Landbouwkundig tijdschrift*, 70, 405 – 422. In: Ritzema, H.P. (Ed.), *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publication 16. Second Edition (Completely Revised), Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-70754-3-39.
- Deelstra, J., Øygarden, L., Blankenberg, A-G.B., Eggestad, H., 2011. Climate change and runoff from agricultural catchments in Norway. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol 3 (4), 345-360.
- Deelstra, J., 2013. Temporal and spatial variation of hydrological characteristics. In: Bechmann, M, Deelstra, J. (Eds.), *Agriculture and Environment – Long term monitoring in Norway*, Akademika Publishing, Trondheim, ISBN 978-82-321-0014-9, 143 – 162.
- Deelstra J., Iital A., Povilaitis A., Kyllmar K., Greipsland I., Blicher-Mathiesen G., Jansons V., Koskiahho J., Lagzdins A., 2014. Hydrological pathways and nitrogen runoff in agricultural dominated catchments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.06.007>.
- Dumm, L.D., 1960. validity and use of the transient flow concept in subsurface drainage. Paper presented at ASAE meeting, Memphis, December, 99. 4 – 7. In: Ritzema, H.P. (Ed.), *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publication 16. Second Edition (Completely Revised), Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-70754-3-39.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B.. 2015. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, rapport nr.: 2/2015. ISSN: 2387-3027. Norsk klimaservicesenter (NKSS).
- Hauken, M. & Kværnø, S. 2013. Agricultural management in the JOVA catchments. In: Bechmann, M, Deelstra, J. (Eds.), *Agriculture and Environment – Long term monitoring in Norway*, Akademika Publishing, Trondheim, ISBN 978-82-321-0014-9, 19 – 43.
- Hooghoudt, S.B., 1940. Algemeene beschouwing van het problem van de detailontwatering en de infiltratie door middel van parallel lopende drains, greppels, slooten en kanalen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 46(14)B. Algemeene Landsdrukkerij, 's Gravenhage. In: Ritzema, H.P. (Ed.), *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publication 16. Second Edition (Completely Revised), Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-70754-3-39.
- Hove, P., 1981. Bæreevne og stabilitet i jorda i relasjon til drenering. Sluttrapport nr. 362. ISBN 82-7290-076-9. 10 s. (In Norwegian).
- Kirkham, D., 1958. Seepage of steady rainfall through soil into drains. *Transactions American Geophysical Union* 39 (5), pp. 892 – 908. In: Ritzema, H.P. (Ed.), *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publication 16. Second Edition (Completely Revised), Wageningen, The Netherlands, ISBN 90-70754-3-39.
- Kladivko, E. J., Frankenberger, J. R., Jaynes, D. B., Meek, D. W., Jenkinson, B. J., Fausey, N. R., 2004. Nitrate leaching to subsurface drains as affected by drain spacing and changes in crop production system. *J. Environ. Qual.* 33, 1803–1813.
- Kværno, S.H., 2013. Flowpaths and nutrient loss in four field-scale catchments. In: Bechmann, M., Deelstra, J. (Eds.), *Agriculture and Environment – Long Term Monitoring in Norway*. Akademika Publishing, Trondheim, pp. 179–196.

- Nangia, V., Gowda, P. H., Mulla, D. J., Sands, G. R., 2009. Modeling impacts of tile drain spacing and depth on nitrate-nitrogen losses. *Vadose Zone Journal* 9, 61–72
- Sharma, T.C. and R.W. Irwin. 1976. A model to determine a subsurface drainage coefficient for flat land soils. *Can. Agric.Eng.* 18: 46-48.
- Skaggs, R. W., Brève, M. A., Gilliam, J. W., 1994. Hydrology and water quality impacts of agricultural drainage. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 24, 1-32.
- University of Minnesota, 2014. Designing a subsurface drainage system.  
<https://extension.umn.edu/agricultural-drainage/designing-subsurface-drainage-system> (ref.: 26.8.2019)
- Tesfai, M., Hauge, A., Hansen, S. 2015. N<sub>2</sub>O emissions from a cultivated mineral soil under different soil drainage conditions. *Soil & Plant Science, Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Volume 65 – Suppl. 1: 128 - 138.*
- Wesström, I., Ekbohm, G., Linnér, H., Messing, I., 2003. The effects of controlled drainage on subsurface outflow from level agricultural fields. *Hydrol. Process.* 17, 1525–1538
- Øygarden, L., Deelstra, J., Lagzdins, A., Bechmann, M., Greipsland, I., Kyllmar, K., Povilaitis, A., Iital, A. 2014. Climate change and the potential effects on runoff and nitrogen losses in the Nordic–Baltic region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2014.06.025>



# Etterord

Nøkkelord:	klimaendring, grøfteavrenning, grunnvannet
Key words:	climate change, subsurface drainage runoff, groundwater level
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	

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.