



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimasmart drenering

Resultater fra småfelt Vandsemb, Bye og Øvre Time

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 85 | 2020



Johannes Deelstra

Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Klimasmart drenering. Resultater fra småfelt Vandsemb, Bye og Øvre Time

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Johannes Deelstra

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
08.06.2020	6/85/2020	Åpen	10274	18/01775
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02604-4	2464-1162	25		

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Landbruksdirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Johan Kollerud

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimaendring, grøfteavrenning, flashiness, halveringstid

Climate change, subsurface drainage runoff, flashiness, halftime

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Agrohydrologi

Agrohydrology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Nedbøroverskudd fører til en økning i grunnvannsnivået som kan ha negative innvirkninger på vekstutvikling og påvirke laglighet for jordarbeiding. Rapporten viser resultater fra en analyse foretatt på grøfteavrenning målt i JOVA-feltene Øvre Time, Vandsemb og Bye. Både flashiness-indeksen og halveringstiden er beregnet. Flashiness-indeksen beskriver variasjonen i avrenningen, mens halveringstiden er tiden det tar å få redusert grøfteavrenningen til 50% av nivået ved starten av en resesjonsperiode. Resultatene viste at grøftesystemet reagerte svært raskt og dermed ser ut til å fjerne overskuddsvannet raskt ut av jordprofilen.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Viken

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Ås

STED/LOKALITET:

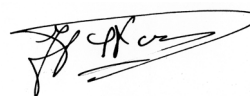
Ås

GODKJENT /APPROVED



EVA SKARBØVIK

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JOHANNES DEELSTRA



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Studien har blitt gjennomført som en del av prosjektet «Klimasmart drenering» (prosjekt no.: 15/58527-2), finansiert av Landbruksdirektoratet.

Rapporten presenter en analyse av grøfteavrenningen målt i Øvre Time, Vandsemb og Bye småfelt, enkelte av disse er en del av JOVA-programmet (www.nibio.no/jova). Dataanalysene og rapporteringen er gjennomført av Johannes Deelstra. En stor takk til Torfinn Torp som har bidratt når det gjelder statistikk.

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

Ås 08.06.20

Johannes Deelstra

Prosjektleder

Innhold

1	Innledning.....	5
2	Materialer og metoder	7
2.1	Karakteristikk småfelt.....	7
2.1.1	Vandsemb	7
2.1.2	Øvre Time.....	7
2.1.3	Bye.....	7
3	Resultater og diskusjon	8
3.1	Nedbør og avrenning.....	8
3.2	Flashiness indeks	8
3.3	Halveringstid.....	10
3.3.1	Resultater Vandsemb.....	13
3.3.2	Resultater Øvre Time	14
3.3.3	Resultater Bye.....	15
3.4	Diskusjon	16
4	Sammendrag og konklusjon	19
5	Litteratur.....	20
6	Anneks	22
6.1	Flashiness indeks for Øvre Time, Vandsemb og Bye grøfteavrenningen	22

1 Innledning

Denne rapporten tar for seg en analyse av målt grøfteavrenning. Formålet var å vurdere om grøftesystemene fungerte tilfredsstillende i å ta hånd om den økte nedbørmengden i fremtiden med hensyn til de varslede klimaendringene. Dette er andre rapporten i prosjektet «Klimasmart drenering», finansiert gjennom midler fra Landbruksdirektoratet. Første rapport er «Klimaendringer, grøfteavrenning og grunnvann. Resultater fra målinger i Øvre Time, Jæren» (Deelstra and Hauge, 2020)

En viktig konklusjon i Bioforsk-rapporten «Økt norsk kornproduksjon» (Hoel et al., 2013) er at dekaravlingen av korn har stagnert. Rapporten mener at et viktig tiltak må være å heve kompetansen innen drenering. Mange års lav dreneringsaktivitet og tilsvarende mangel på forskningsaktivitet har skapt et behov for mer forskning knyttet til drenering av jord. Det etterspørres dimensjoneringskriterier og opplæring fra næringsutøvere, forvaltning og rådgiving. En annen grunn til å øke innsatsen på drenering er den forventede økningen i nedbør som følge av klimaendringer (Hanssen-Bauer et al., 2015). Grøftesystemer installeres ofte på bakgrunn av eksisterende praksis og erfaring. En slik tilnærming er ikke egnet under forhold med klimaendringer. NJF – Nordic Association of Agricultural Scientist organiserte i september 2013 et seminar med tema «Does climate change demand a new approach to drainage design» på initiativ fra NIBIO, da Bioforsk. Seminaret hadde deltakere fra de Nordiske/Baltiske land, men også fra Tsjekkia, Irland, Nederland og USA, noe som viste at det er stor interesse for dette temaet. Viktige resultater fra seminaret, i form av artikler, ble presentert i en «special issue» (Deelstra and Hauge, 2020). Grøftesystemer installeres for å oppnå gode forhold i vekstsesongen, men like viktig er betydninger av grøftesystemet for laglighet for jordarbeiding noe som er særlig viktig om våren/høsten. Særlig når det gjelder det siste må grøftesystemer være i stand til å senke grunnvannsnivået fortest mulig ned, noe som krever høy synkehastighet.

Kunnskap om drenering er viktig når det gjelder landbruks-/matproduksjon og dermed for bioøkonomi, særlig i framtidens klima med økt nedbør. Et viktig mål med denne rapporten er å sørge for at økt kunnskap om drenering for å kunne utvikle klimasmarte dreneringskriterier under forhold med økt nedbør. Dette er nødvendig for å oppnå en bærekraftig bioøkonomi.

Denne rapporten viser resultater fra en analyse foretatt på målt grøfteavrenning i tre utvalgte småfelt innenfor JOVA-programmet. Spørsmålet det er søkt svar på er hvordan eksisterende grøftesystemer fungerer. Særlig viktig i denne sammenhengen har vært hvor raskt grøftesystemet klarer å fjerne vannet ut av jordprofilen.

Eksisterende grøftesystemer er dimensjonert på bakgrunn av feltforsøk og målinger foretatt av Hove (1981). Det viktigste var da at dimensjoneringen grøftesystemet måtte ta hensyn til å utnytte vekstsesongen, dvs. at det var viktig å kunne komme tidligst mulig ut om våren for å kunne foreta våronna. Forsinket såtid hadde nemlig en stor effekt på avlingen. Forsøket har dannet grunnlag for dimensjoneringen. Spørsmålet nå er om denne dimensjoneringen fortsatt er noe man kan benytte seg av eller om det må justeres ved å intensivere grøftesystemet, altså å legge grøftene tettere på hverandre. Dette skyldes den forventede økningen i nedbør på grunn av klimaendringer.

Men hvordan oppfører et godt fungerende grøftesystem seg og hvordan kan man foreta en riktig evaluering som kan gi svar på det? Det er viktig å vurdere grøftenes effekt på grunnvannsnivået som gjenspeiler jordas vanninnhold. For å få innsikt i dette, ble det foretatt en simultanmåling av grunnvannsnivået og grøfteavrenningen i Øvre Time småfelt. Deelstra and Hauge, (2020) foretok en analyse av effekter av grøftesystemet på grunnvannsnivå og resultatene viste at det eksisterende grøftesystemet var i stand til å senke grunnvannstanden meget raskt, også i perioder med mye nedbør.

Resultatene viste også at det var en direkte sammenheng mellom grunnvannstand og grøfteavrenning, dvs. en økning i grunnvannstand resulterte i økning av grøfteavrenningen, og omvendt. En slik sammenheng mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning gjelder for de fleste jordarter. Men det finnes også jordarter hvor det ikke er en så god sammenheng mellom grunnvannet og grøfteavrenning.

Grøfteavrenning i Vandsemb, Bye, og Øvre Time er undersøkt. Vandsemb er et småfelt som ligger innenfor Mørdre nedbørsfelt, lokalisert på Romerike og var fra 1992 - 2004 en del av JOVA-programmet. Bye er et småfelt på Hedmark og er fortsatt en del av JOVA-programmet. Øvre Time er et småfelt som ligger på Jæren og innenfor Time nedbørsfelt som ble etablert i 1997 som ikke direkte er en del av JOVA-programmet.

I vurdering av grøftsystemet er det to forskjellige hydrologiske karakteristikk som har blitt beregnet, nemlig «flashiness»-indeks og halveringstid.

Flashiness-indeks er en indeks som på en måte gir et inntrykk av hvor fort endringer i vannføring eller avrenning skjer (Baker et al., 2004). Sammenlikningen av indeksen, beregnet på henholdsvis døgn- og timeverdier for avrenningen, gir innsikt i hvor fort disse endringene skjer.

En halveringstid blir beregnet for resesjonsperioder av grøfteavrenningen. Resesjonsperioden er den perioden hvor grøfteavrenningen blir redusert etter å ha nådd en maksimum verdi for avrenning. Halveringstid er tiden det tar for avrenningen å bli redusert til 50% av avrenningen ved starten på resesjonsperioden.

2 Materialer og metoder

2.1 Karakteristikk småfelt

2.1.1 Vandsemb

Vandsembfeltet ligger i Nes kommune i Viken fylke innenfor Mørdre nedbørsfeltet, som er en av feltene i JOVA programmet. Det grøftede arealet i nedbørsfeltet er 65 daa, mens nedbørsfeltet for overflatevann er 50 daa.

Vandsembfeltet er dominert av to jordtyper. På flata dominerer jordarten silt, "Romeriksmjele", mens det er siltig mellomleire i dalsøkket og i de planerte skrånningene. Området ble bakkeplanert på slutten av 50-tallet. Høyde over havet er ca. 165 meter. Korn er den dominerende veksten.

Målingene av både overflate - og grøfteavrenningen begynte i mai 1992 og varte til mai 2005. Både overflate - og grøfteavrenningen ble målt ved hjelp av en RBC renne (Bos et al., 1984). Feltet er systematisk grøftet med en grøftedybde på 0,8 m og en grøfteavstand tilsvarende 8 m. Nedbørdata for feltet er hentet fra Årnes værstasjon (LMT-NIBIO) som er plassert i Vandsemb småfelt.

Vandsembfeltet har et innlandsklima. Normal årstemperatur er 4,2 °C mens normal årsnedbør er 665 mm.

2.1.2 Øvre Time

Øvre Time småfelt ble etablert i 1997 som en del av JOVA-programmet. Feltet ligger på Jæren, sør for Stavanger, innenfor Timebekkens nedbørsfelt som er en av feltene i JOVA programmet. Øvre Time småfelt er på 24 dekar med forholdsvis flate arealer og ligger 65-74 meter over havet.

Den dominerende veksten er eng. Jordarten er siltig mellomandsand i overflatelaget. Feltet er systematisk grøftet med en grøftedybde som varierer fra 0,8 - 1,0 m og en grøfteavstand på 6 m. Kun grøfteavrenningen blir målt ved hjelp av en RBC renne (Bos et al., 1984). Nedbørdata er hentet fra Særheim værstasjon (LMT-NIBIO) som er lokalisert cirka 5 km fra Øvre Time småfelt.

Feltet har et kystklima. Normal årstemperatur er 7,4 °C mens normal årsnedbør er 1180 mm.

2.1.3 Bye

Bye småfelt er på 40 dekar og ligger i Ringsaker kommune i Hedmark fylke og er en del av JOVA programmet. Byefeltet er systematisk grøftet med en grøftedybde på 1 m og en grøfteavstand på 10 m. Overflateavrenningen blir målt ved hjelp av et V-overløp (Bos, 1989) mens grøfteavrenningen blir målt av en RBC - renne (Bos et al., 1984). Målingene begynte i 1992. Nedbørdata er hentet fra Kise værstasjon (LMT-NIBIO).

Den dominerende jordtypen er moldrik morene lettleire. De viktigste vekstene er hvete, bygg og potet.

Feltet har et innlandsklima med en normal årstemperatur på 3,6 °C og normal årsnedbør tilsvarende 585 mm.

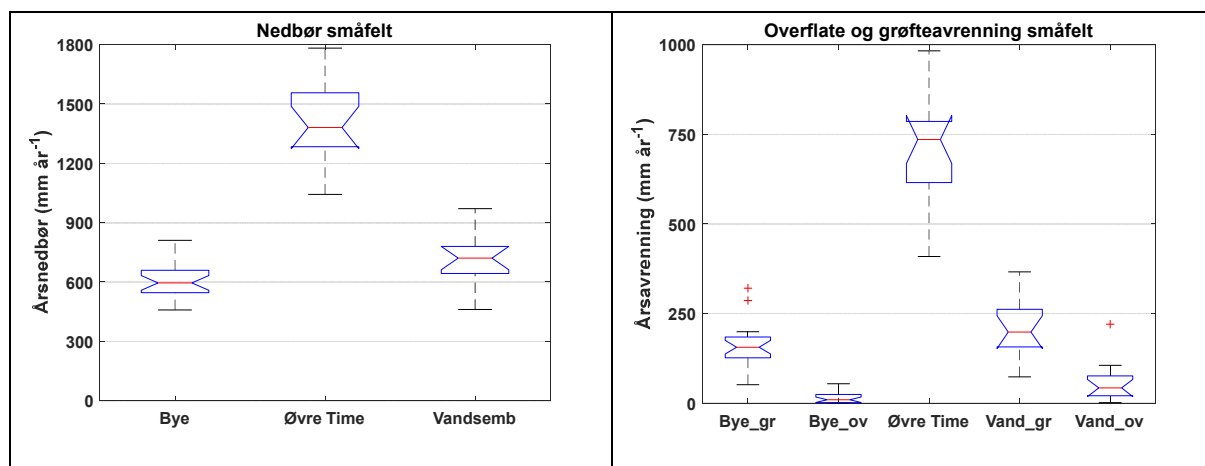
3 Resultater og diskusjon

3.1 Nedbør og avrenning

Det er en stor forskjell i årsnedbør mellom feltene. Størst nedbør er målt for Øvre Time, noe som også gjør sitt utslag i avrenningen som er størst for Øvre Time. Når det gjelder Bye og Vandsemb så er grøfteavrenningen dominerende i den totale avrenningen (Tabell 1, Figur 1). En fullstendig oversikt over nedbør og avrenning for de enkelte år er gitt i Anneks 0 til rapporten.

Tabell 1. Nedbør og avrenning, Øvre Time, Vandsemb og Bye

Småfelt	Periode	Nedbør (mm år ⁻¹)	Avrenning (mm år ⁻¹)	
			grøft	overflate
Øvre Time	1998 - 2013	1410	722	ikke målt
Vandsemb grøft	1992 - 2004	707	206	59
Bye grøft	1992 - 2015	602	158	13



Figur 1. Nedbør, overflate- og grøfteavrenning i Bye, Øvre Time og Vandsemb småfelt

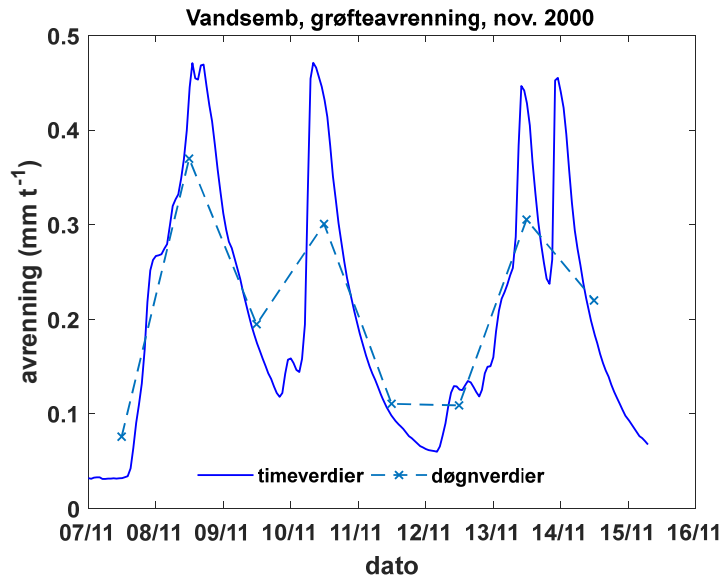
Både i Vandsemb og Bye ble overflateavrenningen målt, men i denne rapporten er det kun foretatt analyser av grøfteavrenningen.

3.2 Flashiness indeks

I beskrivelsen av hydrologiske karakteristikk av nedbørfelter er det vanlig å anvende døgnverdier for avrenning, men ofte kan det foregå store endringer i avrenningen i løpet av en dag. Dette gjelder særlig for mindre nedbørfelt og småfelt (Deelstra et al., 2010a; Deelstra et al., 2010b).

Et eksempel på stor variasjon i løpet av en dag er vist i Figur 2 for en periode i november 2000, målt på grøfteavrenningen fra Vandsemb småfelt. Endringen i avrenning viser en bratt stigning og etter å ha nådd et maksimum igjen, blir redusert meget raskt. For eksempel den 10. november er det en maks avrenning på cirka 0,5 mm t⁻¹ og det tar i dette tilfelle cirka 24 timer for å bli redusert til cirka 0,05 mm t⁻¹. Den raske reduksjonen i avrenningen innebærer samtidig også at grunnvannsnivået har sunket tilsvarende som igjen betyr at det er plass, eller lagringsevne i jordprofilen for å kunne ta imot

ny nedbør. Deelstra and Hauge, (2020), har gjennom målingene i Øvre Time småfelt, vist en sterk sammenheng mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenningen.



Figur 2. Døgn- og timesverdier for grøfteavrenning i Vandsemb småfelt.

For å kunne beskrive disse endringene i avrenning kan man anvende noe som kalles «Flashiness»-indeks og som kan beregnes både ved å anvende døgnverdier og timesverdier for avrenning. Bruken av timesverdier kan resultere i at indeksen øker betraktelig (Baker et al., 2004). Tilsvarende effekter på flashiness-indeks ble rapportert av Deelstra et al. (2010, 2007) og Deelstra and Iital (2008).

Dersom indeksen beregnes på bakgrunn av døgnverdier for avrenning anvender man likning (1)

$$FI_{dag} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad 1$$

hvor q_i og q_{i-1} er avrenningen på henholdsvis dag (i) og (i-1). Telleren framstiller summen av den absolutte differansen i døgnavrenningen mens nevneren er summen av døgnavrenningen. Telleren framstiller på en måte en stilengde.

Dersom man vil beregne indeksen på bakgrunn av timesverdier for avrenningen anvender man likning 2 hvor telleren i dette tilfelle er lik summen av den absolutte differansen mellom timesverdier for avrenningen mens nevneren, som i likning (1), tilsvarer summen av døgnavrenningen.

$$FI_{tim} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad 2$$

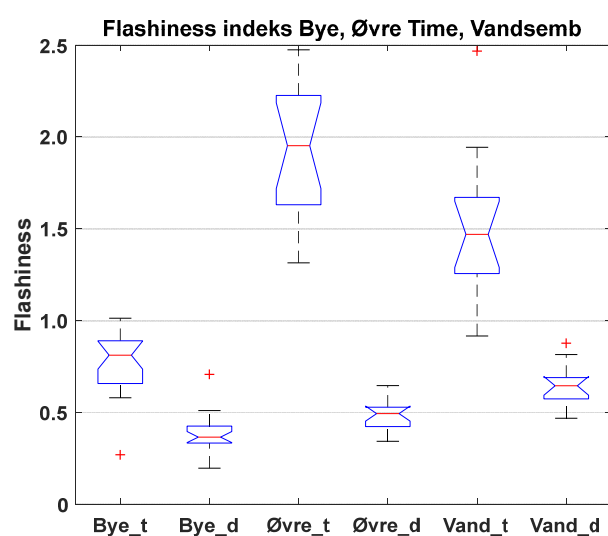
Flashiness-indeksen blir ofte beregnet på årsbasis og er i dette tilfellet beregnet for det agrohydrologiske året som dekker perioden fra 1. mai til 30. april året etter. Det er en stor forskjell i indeksen beregnet ved bruk av hhv. time- eller døgnverdier for avrenning (Tabell 2, Figur 3).

I gjennomsnitt er indeksen, beregnet ved bruk av timesverdier for avrenning, 2 - 4 ganger større enn beregnet ved bruk av døgnverdier. Og den eneste grunnen til dette er økningen i stilengde (Tabell 2). Når man tar hensyn til timesverdier for grøfteavrenningen så øker den såkalte stilengden betraktelig, noe som også kommer tydelig fram i Figur 2.

Resultatene viser at grøfteavrenningen varierer betydelig innenfor en dag, noe som igjen betyr at grøftesystemet ser ut til å fungere veldig bra og at den er i stand til å fjerne overskuddsvannet fra jordprofilen på en rask måte.

Tabell 2. Flashiness-indeks for Øvre Time, Vandsemb og Bye småfelt

Småfelt	Avrenning (time)		Avrenning (døgn)		Fl _{tim} /Fl _{dag}
	Fl _{tim}	sti lengde	Fl _{dag}	sti lengde	
Øvre Time	1,95	58,94	0,49	14,60	3,99
Vandsemb grøft	1,50	12,98	0,64	5,41	2,35
Bye grøft	0,78	5,32	0,39	2,60	2,07



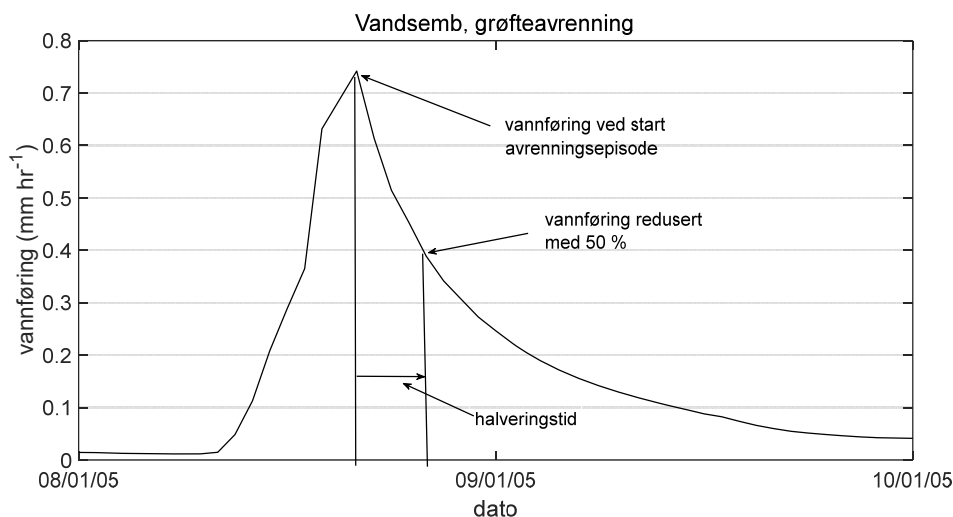
Figur 3. Flashiness-indeks for Bye, Øvre Time og Vandsemb (Bye_t - timeverdier, Bye_d - døgnverdier for avrenning, osv).

3.3 Halveringstid

En annen måte å vurdere om grøftesystemer kan oppfylle de krav som stilles når det gjelder laglighet for jordarbeiding, samt optimale vekstforhold, er gjennom en analyse av målt grøfteavrenning fra de tre småfeltene, for å få informasjon om synkehastigheten. Med synkehastighet menes i dette tilfelle hvor fort grøfteavrenningen reduseres over tid etter et bestemt oppnådd maksimum. Men hvilke krav kan man stille til denne synkehastigheten? Ett krav kan være at overskuddsvannet blir fjernet fra den øverste delen av rotsonen innen 24 - 48 timer (University of Minnesota Extension, 2020).

En anbefaling kan også være at jo fortere avrenningen reduseres, jo bedre fungerer grøftesystemer til å fjerne overskuddsvannet fra jordprofilen som er tilsvarende det å senke grunnvannsnivået.

Et uttrykk for synkehastighet kan også være halveringstiden, som er tiden det tar for grøfteavrenningen å bli redusert til 50 % av det opprinnelige nivå ved starten av en sesjonsperiode (Figur 4).



Figur 4. Resesjonsperiode og halveringstid

I den ikke-stasjonære tilnærmingen av grøfteavrenningen er det vanlig å beskrive resesjonsperiode ved hjelp av en eksponentiell tilnærming som

$$q_t = q_0 \times e^{-\alpha \times t} \quad 3$$

hvor q_t og q_0 er grøfteavrenningen henholdsvis ved på tidspunkt t og ved starten av resesjonsperiode, mens α er en resesjonskoeffisient (Dumm, 1960, 1954; De Zeeuw and Hellinga, 1958)

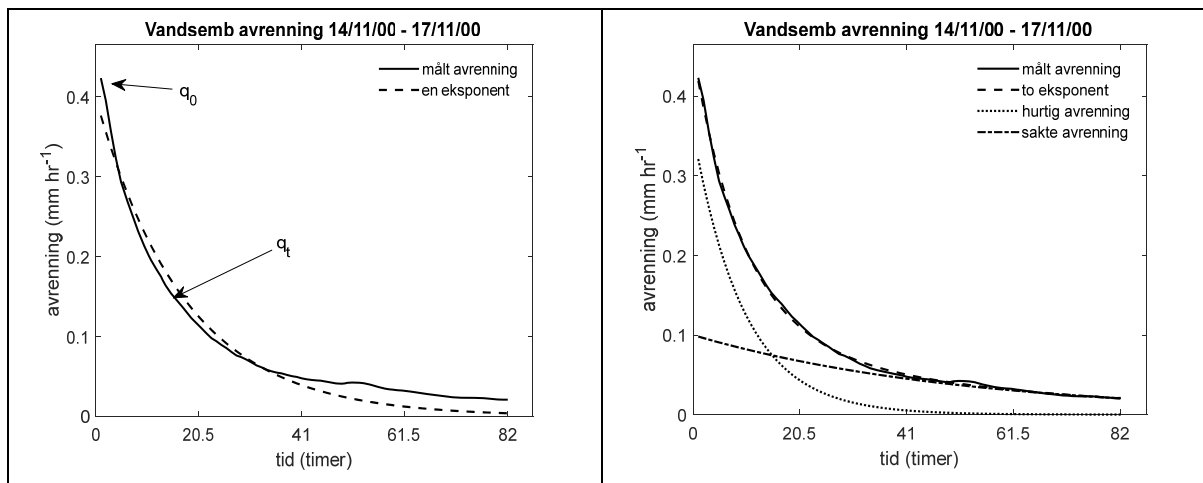
Resesjonskoeffisienten (α) en funksjon av jordas drenerbare porevolum (μ), mettet vannledningsevne (k), jordsiktet hvor grunnvannet renner gjennom mot grøftene (d) samt grøfteavstanden (L) som

$$\alpha = \frac{\pi^2 \times k \times d}{\mu \times L^2} \quad 4$$

I analysen av grøfteavrenningen viste det seg at i mange tilfeller var det nødvendig å beskrive resesjonsperioden ved hjelp av 2 eksponentielle funksjoner som

$$q_t = q_{0,1} \times e^{-\alpha_1 \times t} + q_{0,2} \times e^{-\alpha_2 \times t} \quad 5$$

Et eksempel av en slik analyse er gitt for resesjonsperioden av grøfteavrenningen fra Vandsemb for perioden fra 14.11.20 01:00 - 17.11.2000 10:00. Resultatet av analysen er vist i Figur 5 og Tabell 3.



Figur 5. Enkel og to-eksponentiell tilnærming av en avrenningsepisode for Vandsemb grøfteavrenning.

Tabell 3. Resultat eksponentiell tilnærming avrenningen

Start	Slutt	Avr(mm)	Antall obs.	$q_{0,1}$	α_1	$q_{0,2}$	α_2	AIC
14.11.00 1:00	17.11.00 10:00	7,34	82	0,40	0,06	0,000	0,00	-441,76
14.11.00 1:00	17.11.00 10:00	7,34	82	0,36	0,10	0,100	0,02	-722,32

Avgjørende i valget om hva som er den beste tilnærming til den målte avrenning bestemmes ved hjelp av Akaike Information Criteria (Akaike ; https://en.wikipedia.org/wiki/Akaike_information_criterion).

AIC blir beregnet for både en- og to-eksponent tilnærmingen og den tilnærmingen med den laveste AIC-verdien bør velges. Som vist i Tabell 3 blir AIC-verdien redusert ved anvendelse av en to-eksponentiell tilnærming som betyr at denne tilnærmingen best beskriver avrenningen i denne resesjonsperioden.

Siden halveringstiden er tiden det tar for vannføringen i resesjonsperioden å bli redusert til 50% av startverdien for vannføringen, og når den beste tilpasning er gjennom en to-eksponent tilnærming, kan halveringstiden beregnes ved å løse likningen (6) som gitt nedenfor

$$q_t = 0,5 \times q_0 = q_{0,1} \times e^{-\alpha_1 \times t} + q_{0,2} \times e^{-\alpha_2 \times t} \quad 6$$

Startverdien av den målte vannføringen i resesjonsperioden var $q_0 = 0,43 \text{ mm t}^{-1}$. Likningen (6) blir derfor som

$$0,5 \times 0,43 = 0,36 \times e^{-0,10 \times t} + 0,10 \times e^{-0,02 \times t} \quad 7$$

Resultatet av beregningen av halveringstiden er vist i Tabell 4. Den to-eksponentiell tilnærming gir en halveringstid på 10 timer, dvs. at det tar 10 timer å få vannføringen redusert til 50% av vannføringen ved starten av resesjonsperiode.

Dersom man anvender den en-eksponentielle tilnærmingen ble resultatet en litt lengre halveringstid, mellom 10 og 11 timer.

Men uansett tilnærming, så viser resultatet at grøftesystemet reagerer veldig fort, at det er i stand til å drenere meget raskt det drenerbare vannet ut av jordprofilen.

Tabell 4. Beregning av halveringstid

Tid (timer)	$=0,5 \times 0,43$	$0,36 \times e^{-0,10 \times t} + 0,10 \times e^{-0,02 \times t}$	$0,40 \times e^{-0,06 \times t}$
1	0,215	0,424	0,377
2	0,215	0,391	0,355
3	0,215	0,361	0,334
4	0,215	0,334	0,315
5	0,215	0,309	0,296
6	0,215	0,286	0,279
7	0,215	0,266	0,263
8	0,215	0,247	0,248
9	0,215	0,230	0,233
10	0,215	0,214	0,220
11	0,215	0,200	0,207
12	0,215	0,187	0,195

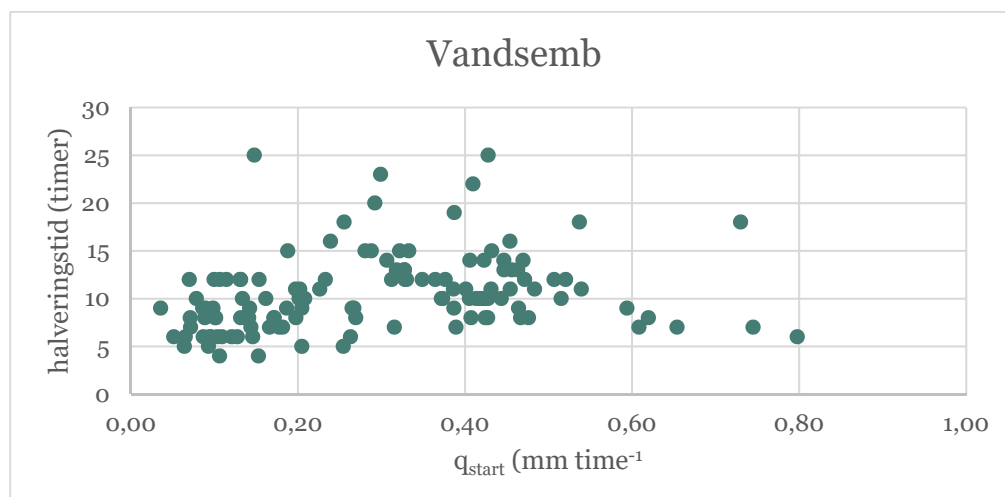
3.3.1 Resultater Vandsemb

For perioden 1.5.1992 - 1.5.2005 ble 127 grøfteavrenningsepisoder fra Vandsemb valgt ut og analysert. Resultatene er presentert i Figur 6 og Tabell 5. I 84 tilfeller ble det beste resultatet oppnådd gjennom en en-eksponentiell tilnærming mens den to-eksponentielle tilnærming ga best resultat i 43 tilfeller. Samlet er den gjennomsnittlige halveringstiden 10 timer med et maksimum og minimum på henholdsvis 25 og 4 timer. Startverdiene for vannføringen (q_{start}) varierer fra 0,04 - 0,80 mm t⁻¹. Det er litt merkelig at halveringstiden øker fra forholdsvis lave halveringstider ved lave startverdier for vannføringen til et maksimum sånn cirka ved startverdier for vannføring i størrelsesorden $q_{start} < 0,3 - 0,4$ mm t⁻¹. Halveringstidene reduseres igjen når startverdier for vannføringen, $q_{start} > 0,4$ mm t⁻¹ (Figur 6).

Dette litt vanskelig å forstå, siden det antas at høye startverdier for vannføringen tilsvarer et høyt grunnvannsnivå. Og at det da skulle ta lengre tid å drenere større vannmengder (=høyt grunnvannsnivå) ut av jordprofilen.

Uansett viste målinger fra Øvre Time (Deelstra and Hauge, 2020) en meget bra sammenheng mellom grunnvannsnivå og grøfteavrenning.

Ved startverdier for vannføringen, $q_{start} > 0,4$ mm t⁻¹ er den gjennomsnittlige halveringstiden 12 timer med et minimum på 6 og et maksimum på 25 timer (Tabell 5).



Figur 6. Halveringstid og vannføring ved starten av resesjonsperioden (q_{start}) for grøfteavrenning i Vandsemb.

Tabell 5. Oppsummering halveringstid grøfteavrenning Vandsemb.

	Halveringstid (timer)			Halveringstid (timer), $q_{start} > 0,4 \text{ mm t}^{-1}$		
	en eksp	to eksp	samlet	en eksp	to eksp	samlet
antall avr. ep.	84	43	127	19	22	41
gjennomsnitt	11	10	10	13	10	12
maksimum	25	23	25	25	14	25
minimum	5	4	4	8	6	6

3.3.2 Resultater Øvre Time

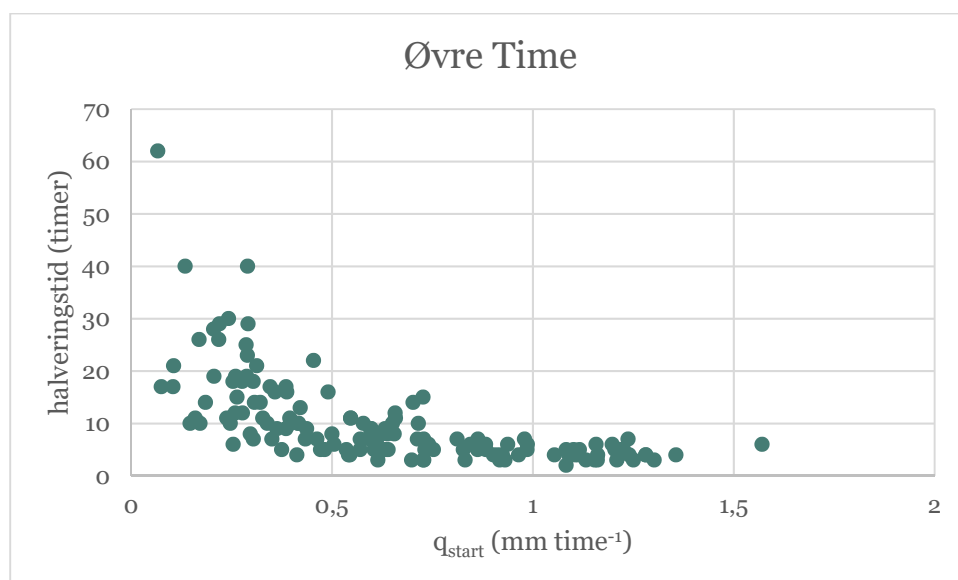
For perioden fra 1.5.1998 – 1.5.2014 ble det i alt analysert 142 grøfteavrenningsepisoder fra Øvre Time. Resultatene er vist i Tabell 6 og Figur 7. Den gjennomsnittlige halveringstiden er 10 timer og varierer fra 2 til 62 timer. I de fleste tilfeller ble den beste tilnærmingen oppnådd ved anvendelse av en to-eksponentiell tilnærming.

Halveringstiden ved den to-eksponentielle tilnærmingen er betydelig lavere sammenliknet med den en-eksponentielle tilnærmingen.

Halveringstiden reduseres betraktelig ved økte startverdier for vannføringen til resesjonsperioden (Figur 7). Den gjennomsnittlige halveringstiden ved $q_{start} > 0,4 \text{ mm t}^{-1}$ er 6 timer og varierer fra 2 - 15 timer (Tabell 6).

Tabell 6. Oppsummering halveringstid grøfteavrenning Øvre Time

	Halveringstid (timer)			Halveringstid (timer), $q_{start} > 0,4 \text{ mm t}^{-1}$		
	en eksp	to eksp	samlet	en eksp	to eksp	samlet
antall avr. ep.	19	123	142	6	77	83
gjennomsnitt	17	9	10	8	6	6
maks	62	40	62	11	15	15
min	5	2	2	0	0	2



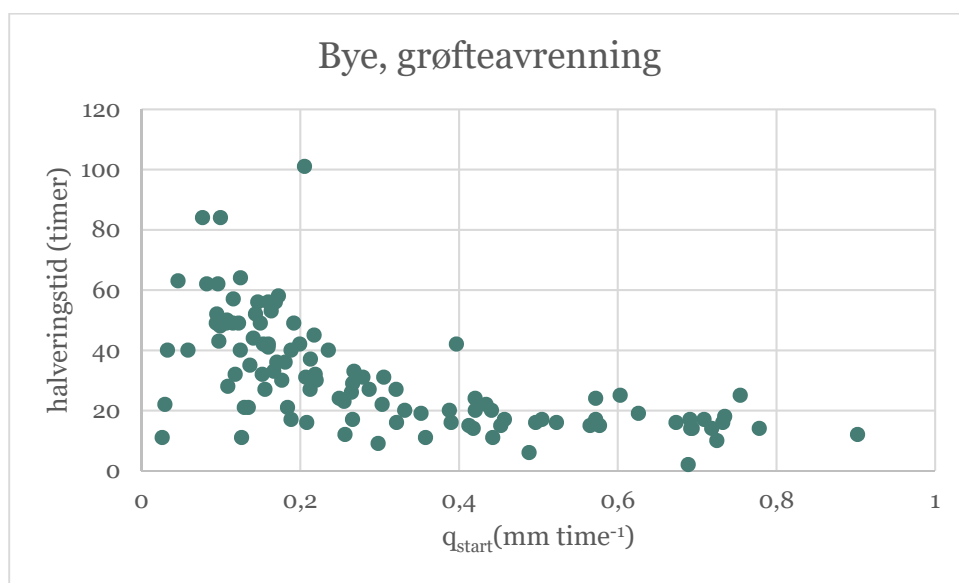
Figur 7. Halveringstid og vannføring ved starten av resesjonsperioden (q_{start}) for grøfteavrenning i Øvre Time.

3.3.3 Resultater Bye

For perioden fra 1.5.1992 – 1.5.2015 ble 109 resesjonsepisoder fra Bye grøfteavrenning analysert. I 76 tilfeller ble best resultat oppnådd gjennom den to-eksponentielle tilnærmingen mens i 33 tilfeller ble best resultat oppnådd ved bruk av den en-eksponentielle tilnærmingen. Samlet sett er den gjennomsnittlige halveringstiden 31 timer med et maksimum og minimum på henholdsvis 101 og 2 timer. Resultatene for Bye vises i Figur 8 og Tabell 7.

Halveringstidene > 40 timer for $0 < q_{\text{start}} < 0,2 \text{ mm time}^{-1}$ er vanskelig å forklare. I alt har det vært 31 resesjonsepisoder som tilsvarte disse kriteriene. Av disse skjedde 7 i sommerperioden i månedene mai, juni og juli. Hendelsen med den største halveringstiden på 101 timer og en $q_{\text{start}} = 0,21 \text{ mm time}^{-1}$ skjedde midt på sommeren, i juni 1995. Resten skjedde etter vekstsesongen i perioden fra oktober til april. I denne perioden kan høye halveringstider kanskje være på grunn av vinterforhold med tele i jorda som har kan ha ført til en redusert vannledningsevne som har en reduserende effekt på resesjonskoeffisienten(α).

Også for Bye er det en reduisering i halveringstiden ved økte startverdier for vannføringen i resesjonsperiode. Ved startverdier, $q_{\text{start}} > 0,4 \text{ mm time}^{-1}$ er den gjennomsnittlige halveringstiden redusert til 16 timer men en minimum- og maksimum halveringstid på henholdsvis 2 og 25 timer.



Figur 8. Halveringstid og vannføring ved start resesjonsperiode(q_{start}) for grøfteavrenning Bye

Tabell 7. Oppsummering halveringstid grøfteavrenning Bye

	Halveringstid (timer)			Halveringstid (timer), $q_{\text{start}} > 0,4 \text{ mm t-1}$		
	en eksp	to eksp	samlet	en eksp	to eksp	samlet
antall avr. ep.	33	76	109	14	18	32
gjennomsnitt	30	32	31	17	15	16
maks	101	84	101	25	24	25
min	6	2	2	6	2	2

3.4 Diskusjon

Analyseresultatene viser en stor variasjon i halveringstid for de tre feltene. Oppsummert ble den lengste gjennomsnittlige halveringstiden funnet for grøfteavrenningen fra Bye småfelt (31 timer), mens de raskeste ble funnet for Øvre Time og Vandsemb (10 timer for begge felt). Det ble videre funnet at halveringstiden ble redusert ved økt vannføring i starten av resesjonsperioden (q_{start}). Et unntak her er for Vandsemb som viser en økning i halveringstider ved en økning i q_{start} for så å bli redusert igjen ved høyere verdier for q_{start} .

Det kan konkluderes med at grøfteavstand har en effekt på halveringstiden, hvor Øvre Time og Vandsemb, med en grøfteavstand henholdsvis på $L = 6$ m og $L = 8$ m, har den raskeste halveringstiden mens Bye med en grøfteavstand, $L = 10$ m har den lengste halveringstiden.

Det er usikkerhet omkring årsaken til variasjon i halveringstiden. Dette er til dels uventet siden resesjonskoeffisienten er en funksjon av blant annet grøfteavstand og jordfysiske egenskaper som er konstant over tid. Wesström et al. (2003) analyserte resesjonsperioder for to forskjellige typer grøftesystemer, nemlig regulert grøfting og vanlig grøfting, og observerte også en variasjon i resesjonskoeffisienten. De foreslo som en mulig årsak nivået på starten av resesjonsperioden (q_{start}), noe som også denne analysen viste.

Halveringstiden har vært større ved lavere vannføringer i starten av resesjonsperioden (q_{start}), som for eksempel for Øvre Time og Bye småfelt. En mulig årsak kan være at en lavere verdi for (q_{start}) representerer i prinsippet også et lavere grunnvannsnivå sammenliknet med høyere verdier for q_{start} . Dermed starter grunnvannet på vei mot grøftene gjennom en sikt, som har forskjellige jordfysiske parametere, enn dersom grunnvannet har et høyere nivå.

Noe som avkrefter effekten av varierende jordfysiske forhold er Pali et al. (2014) som viste at variasjonen i jordfysiske parametere ikke hadde nevneverdig betydning for simulering av synkehastighet for grunnvannet og dermed konkluderte med at Glover-Dumm likningen (likning 3) kunne anvendes i dimensjoneringen av grøftesystemer. Deres forsøk ble gjennomført i Haryana, India, hvor den ikke-stasjonære tilnærmingen blir anvendt til å estimere den optimale grøfteavstanden for dermed å ha kontroll på saltinnholdet i jorda. Saltproblemer er ofte et problem i områder med lite nedbør hvor det må anvendes vanning for å produsere mat.

I mange tilfeller ble det beste resultatet oppnådd ved anvendelse av en to-eksponentiell tilnærming av vanntransport i resesjonsperioden og at den totale avrenningen dermed var satt sammen av rask og sakte avrenning. I utviklingen av en modell for å beregne kriterier for dimensjoneringen av grøftesystemer anvender Sharma og Irwin, (1976) også en to-eksponentiell tilnærming til vannføringen i resesjonsperioden. I deres tilfeller representerer disse to prosessene vanntransport gjennom topsikt og et lavere sikt. En mulig årsak til den to-eksponentielle tilnærmingen kan også være transport gjennom jordmatriks i tillegg til makroporer. Kumar et al., (1997) viste blant annet dette ved å bruke samme metode som anvendt her ved at de foretok en analyse av resesjonsperioder av grøfteavrenning, hvor grøfteavrenning hadde blitt målt fra lysimeterforsøk.

Kumar et al. (1997) observerte også en tydelig variasjon i både rom og tid når det gjaldt bidraget av de to strømningsveiene i den totale målte avrenningen. Dette mente de var påvirket av både jordas vanninnhold og årstid. Også vår analyse viste en variasjon i halveringstid samt både forekomst av en- og to-eksponentielle avrenningsprosesser.

I vårt tilfelle er det usikkerhet om hva som kan ha bidratt til denne variasjonen. Men endringer i jordfysiske parametere over tid kan også ha hatt en betydning. Ofte blir disse sett på som konstant. Alletto et al. (2015) gjennomførte simuleringen av jordas vanninnhold ved bruk av Hydrusmodellen for en vekstsesong med mais. Et betydelig bedre resultat ble oppnådd ved bruk av jordfysiske

parametere tatt på tre forskjellige tidspunkter gjennom vekstsesongen sammenliknet med konstante verdier.

Det spørres nå om det er nødvendig å øke grøfteintensitet, særlig med sikte på å kunne oppnå optimale vekstforhold og lagelige forhold for jordarbeiding. Skjønt det er en variasjon i halveringstiden for de forskjellige småfeltene, så fungerer grøftesystemene stort sett bra, kanskje med unntak av Bye som har en overraskende høy halveringstid sammenliknet med Øvre Time og Vandsemb.

Dersom grøftene legges tettere på hverandre, hva er det i så fall som kan skje? Man vil oppnå en raskere senkning av grunnvannsnivået, siden den er en funksjon av grøfteavstanden. Bye, som har den største halveringstiden, kunne trenge en raskere redusering av grøfteavrenningen, som tilsvarer en raskere senkning av grunnvannsnivået. Dette kan oppnås ved å øke grøfteintensiteten, legge grøftene tettere på hverandre. Men hva betyr dette for synkehastighet av grunnvannet og avrenningsintensitet (mm t^{-1})?

Et eksempel på hva som skjer med synkehastighet av grunnvannet er gitt i Figur 9 for Bye. Synkehastigheten for grunnvannet er antatt å være likt synkehastigheten for grøfteavrenningen.

Dersom man går ut fra en-eksponentiell tilnærming med en resesjonskoeffisient

$$\alpha = \frac{\pi^2 \times k \times d}{\mu \times L^2} \quad 8$$

Resesjonskoeffisient er $\alpha = 0,035$ er den gjennomsnittlige verdien av analysene foretatt på alle avrenningsepisoder for Bye. Det er antatt at

$$\frac{\pi^2 \times k \times d}{\mu^2} \quad 9$$

er konstant ved endrede grøfteavstander, L. Resesjonskoeffisienten som gitt i likning 8, kan beregnes for forskjellige grøfteavstand og blir da som gitt i Tabell 8.

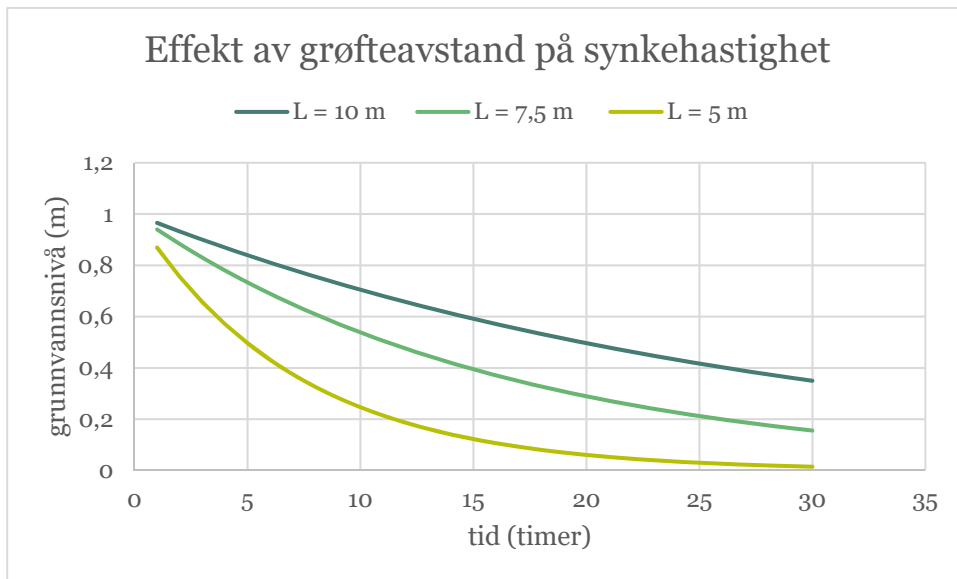
I beregningen av avrenningen ved endring i grøfteavstand anvendes Hooghoudt's likning (Hooghoudt, 1940). Det er usikkerhet omtrent vanntransport mot grøftene og antar i dette tilfelle at det er kun transport til grøftene over grøftedybde, så forholdet mellom avrenning og grunnvannsnivå blir da

$$q = \frac{4 \times h^2}{L^2} \quad 10$$

Den største analyserte startverdien for grøfteavrenningen fra Bye har vært $0,9 \text{ mm t}^{-1}$. Dersom man antar at denne avrenningen tilsvarte en vannhøyde, $h = 1 \text{ m}$ over grøftedybde, får man ved en redusering i grøfteavstand fra $L = 10 \text{ m}$ til $L = 5 \text{ m}$, maksimumsverdier for grøfteavrenning som gitt i Tabell 8, som er en betydelig økning. Tilsvarende konklusjoner, dvs. en økning i avrenningsintensitet ved intensivering av grøftesystemet er gitt av Hove, (1965) og Madani and Brenton, (1995).

Tabell 8. Resesjonskoeffisient (α) ved forskjellige grøfteavstand (L)

	L = 10	L = 7,5 m	L = 5 m
resesjonskoeffisient (α)	0,035	0,062	0,14
maks avrenning (mm t^{-1})	0,90	1,60	3,60



Figur 9. Synkehastighet grunnvannet som en funksjon av endrede grøfteavstand (L)

Det er mulig å redusere grøfteavstand, men det er viktig å huske at grøftesystemet kun drenerer bort det lett drenerbare vannet fra jordprofilen. For å få lagelige forhold så trengs det fortsatt å fjernes en del vann fra toppsiktet for å kunne foreta jordbruksaktiviteter (Riley, 2016). Og dette kan bli en utfordring, særlig ut på høsten og i perioder med økt nedbør, siden fordampingen på denne tiden av året er lav.

4 Sammendrag og konklusjon

Rapporten har presentert resultater fra en analyse foretatt på målt grøfteavrenning fra Vandsemb, Bye og Øvre Time småfelt.

To forskjellige hydrologiske karakteristikk har blitt beregnet, nemlig «flashiness»-indeks og halveringstid.

Flashiness-indeksen gir informasjon om hvor fort endringer i vannføring skjer både fra dag til dag men også i løpet av en dag.

Halveringstid er tiden det tar for avrenningen å bli redusert til 50% av avrenningen ved starten på resesjonsperioden.

Grøfteavstand har en effekt på halveringstiden. Øvre Time og Vandsemb med en grøfteavstand henholdsvis på $L = 6$ m og $L = 8$ m har den raskeste halveringstiden mens Bye med en grøfteavstand, $L = 10$ m har den lengste halveringstiden.

Både resultatet for flashiness-indeksen og halveringstiden viser at grøftesystemet fungerer svært bra og at systemet er i stand til å raskt fjerne overskuddsvannet fra jordprofilet.

Det er en stor variasjon i halveringstiden, årsakene til dette bør undersøkes nærmere. I tillegg var avrenningsprosessene flere ganger satt sammen av én rask og én sakte avrenning, noe som kan tyde på både makropore- og matrikstransport.

5 Litteratur

- Akaike, H., n.d. Akaike Information Criteria [WWW Document]. URL https://en.wikipedia.org/wiki/Hirotsugu_Akaike (accessed 5.12.20).
- Alletto, L., Pot, V., Giuliano, S., Costes, M., Perdrieux, F., Justes, E., 2015. Temporal variation in soil physical properties improves the water dynamics modeling in a conventionally-tilled soil. *Geoderma* 243–244, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.12.006>
- Baker, D.B., Richards, R.P., Loftus, T.T., Kramer, J.W., 2004. A new flashiness index: Characteristics and applications to Midwestern rivers and streams. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 40, 503–522. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2004.tb01046.x>
- Bos, M.G., 1989. Discharge measurement structures. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Bos, M.G., Replogle, J.A., Clemmens, A.J., 1984. Flow measuring flumes for open channel systems. John Wiley and Sons Inc; New York, NY (USA). ISBN: Z-0471-80637-4.
- De Zeeuw, J.W., Hellings, F., 1958. Neerslag en afvoer. *Landbouwkundig tijdschrift*, 70, in: Ritzema, H.P. (Ed.), 2006. *Drainage Principles and Applications*. Wageningen Alterra, ILRI Publication 16. pp. 405–422.
- Deelstra, J., Eggestad, H.-O., Iital, A., Jansons, V., 2007. A hydrological characterization of catchments. NIBIO (Before Bioforsk).
- Deelstra, J., Eggestad, H.O., Iital, A., Jansons, V., Barkved, L., 2010a. Hydrology of small agricultural catchments in Norway, Latvia and Estonia. *Vann* 3, 321–331.
- Deelstra, J., Eggestad, H.O., Iital, A., Jansons, V., Barkved, L.J., 2010b. Time resolution and hydrological characteristics in agricultural catchments, in: IAHS-AISH Publication.
- Deelstra, J., Hauge, A., 2020. NIBIO Brage: Klimaendringer, grøfteavrenning og grunnvann, resultater fra målinger i Øvre Time, Jæren [WWW Document]. URL <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2653658> (accessed 5.9.20).
- Deelstra, J., Iital, A., 2008. The use of the flashiness index as a possible indicator for nutrient loss prediction in agricultural catchments. *Boreal Environ. Res.* 13.
- Dumm, L.D., 1960. Validity and use of the transient flow concept in subsurface drainage. Paper presented at ASAE meeting, Memphis, in: Ritzema, H.P. (Ed.), 2006. *Drainage Principles and Applications*. Wageningen Alterra, ILRI Publication 16. pp. 4–7.
- Dumm, L.D., 1954. Drain spacing formula. *Agricultural Engineering* 35., in: Ritzema, H.P. (Ed.), 2006. *Drainage Principles and Applications*. Wageningen Alterra, ILRI Publication 16. pp. 726–730.
- 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., Ådlandsvik, B., 2015. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, M-406 | 2015 Klima.
- Hoel, B., Abrahamsen, U., Strand, E., Åssveen, M., Stabbetorp, H., 2013. Tiltak for å forbedre avlingsutviklingen i norsk kornproduksjon. NIBIO (Before Bioforsk).
- 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.), 2006. *Drainage Principles and Applications*. Wageningen Alterra, ILRI Publication 16.

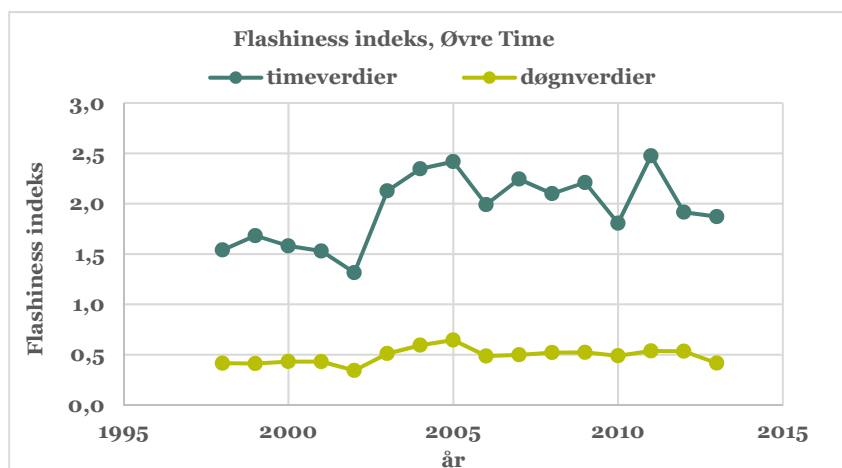
- Hove, P., 1981. Bæreevne og stabilitet i jorda i relasjon til drenering. Sluttrapport nr. 362. ISBN 82-7290--076-9.
- Hove, P., 1965. Betydning av drenering og bruk av dekkmaterialer.
- Kumar, A., Kanwar, R.S., Hallberg, G.R., 1997. Journal of Environmental Science and Health . Part A : Environmental Science and Engineering and Toxicology Metals in urban gardens - effect of lime and sludge. J. Environ. Sci. Heal. . Part A Environ. Sci. Eng. Toxicol. 32:6, 1711–1729.
- Madani, A., Brenton, P., 1995. Effect of drain spacing on subsurface drainage performance in a shallow, slowly permeable soil. J. Can. Soc. Bioeng. 37, 2–5.
- Pali, A.K., Katre, P., Khalkho, D., 2014. An Unsteady Subsurface Drainage Equation Incorporating Variability of Soil Drainage Properties. Water Resour. Manag. 28, 2639–2653.
<https://doi.org/10.1007/s11269-014-0631-1>
- Riley, H., 2016. Tillage timeliness for spring cereals in Norway. NIBIO Rapport. 2/112/2016.
- Sharma, T.C., Irwin, R.W., 1976. Model To Determine a Subsurface Drainage Coefficient for Flat Land Soils. Can. Agric. Eng. 18, 46–48.
- University of Minnesota Extension, 2020. Designing a subsurface drainage system [WWW Document]. URL <https://extension.umn.edu/agricultural-drainage/designing-subsurface-drainage-system#capacity-and-drainage-coefficient-1367610> (accessed 5.11.20).
- 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.
<https://doi.org/10.1002/hyp.1197>

6 Anneks

6.1 Flashiness indeks for Øvre Time, Vandsemb og Bye grøfteavrenningen

Flashiness indeks Øvre Time

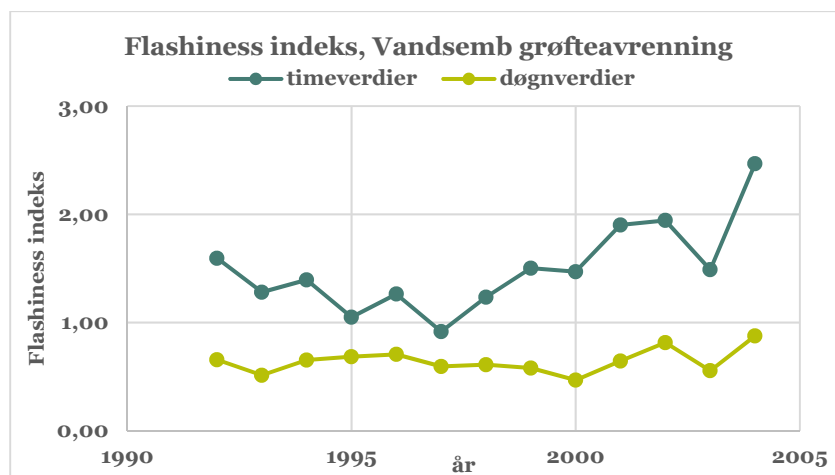
Agrohydrologisk år	Flashiness			Avrenning (mm år ⁻¹)	Nedbør Særheim (LMT-NIBIO) (mm år ⁻¹)
	Fl _{time}	Fl _{døgn}	Fl _{time} /Fl _{døgn}		
1998/1999	1.54	0.42	3.71	782	1356
1999/2000	1.68	0.41	4.08	791	1451
2000/2001	1.58	0.43	3.66	747	1433
2001/2002	1.53	0.43	3.55	708	1350
2002/2003	1.31	0.34	3.83	409	1043
2003/2004	2.13	0.51	4.16	660	1365
2004/2005	2.35	0.59	3.95	768	1564
2005/2006	2.42	0.65	3.74	573	1276
2006/2007	1.99	0.49	4.09	983	1550
2007/2008	2.24	0.50	4.50	964	1585
2008/2009	2.10	0.52	4.03	756	1292
2009/2010	2.21	0.52	4.22	541	1188
2010/2011	1.81	0.49	3.70	556	1187
2011/2012	2.47	0.54	4.60	724	1739
2012/2013	1.92	0.53	3.59	658	1397
2013/2014	1.87	0.42	4.50	934	1782
Gjennomsnitt	1.95	0.49	3.99	722	1410



Flashiness Indeks Øvre Time

Flashiness indeks Vandsemb grøfteavrenning

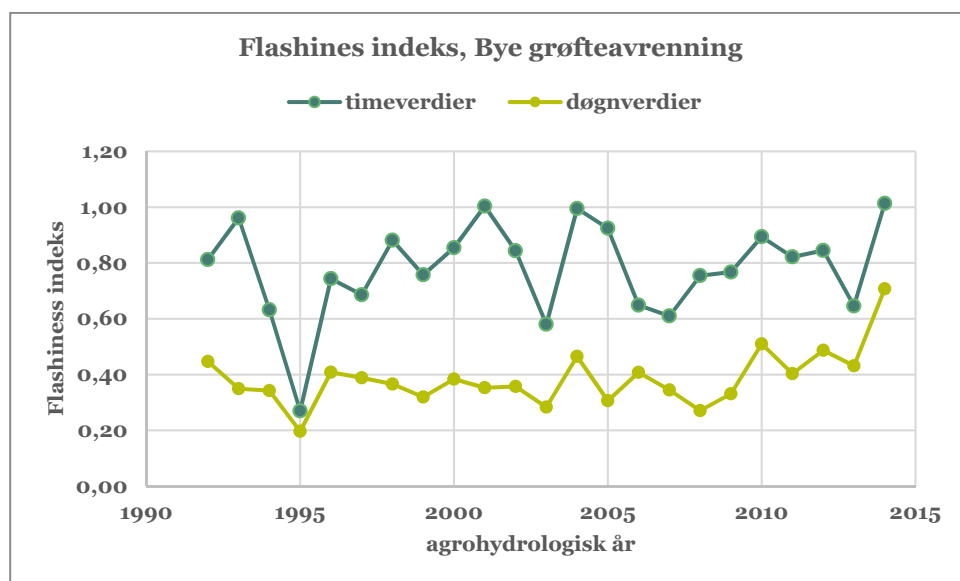
Agrohydrologisk år	Flashiness			Avrenning (mm år ⁻¹)		Nedbør Årnes (LMT-NIBIO) (mm år ⁻¹)
	FI _{time}	FI _{døgn}	FI _{time} /FI _{døgn}	grøft	overflate	
1992/1993	1.59	0.66	2.43	100	51	491
1993/1994	1.28	0.51	2.49	293	84	799
1994/1995	1.39	0.65	2.13	198	30	627
1995/1996	1.05	0.68	1.53	73	19	461
1996/1997	1.26	0.71	1.79	160	39	664
1997/1998	0.92	0.59	1.54	181	1	649
1998/1999	1.23	0.61	2.02	257	220	862
1999/2000	1.50	0.58	2.59	276	42	721
2000/2001	1.47	0.47	3.14	366	105	971
2001/2002	1.90	0.65	2.95	146	68	735
2002/2003	1.94	0.82	2.38	217	17	726
2003/2004	1.49	0.56	2.68	186	73	773
2004/2005	2.47	0.88	2.81	222	21	717
Gjennomsnitt	1.50	0.64	2.35	206	59	707



Flashiness indeks Vandsemb grøfteavrenning

Flashiness indeks Bye grøfteavrenning

Agrohydrologisk år	Flashiness			Avrenning (mm år ⁻¹)		Nedbør Kise (LMT-NIBIO) (mm år ⁻¹)
	FI _{time}	FI _{døgn}	FI _{time} /FI _{dag}	grøft	overflate	
1992/1993	0.81	0.45	1.82	122	3	476
1993/1994	0.96	0.35	2.75	286	10	699
1994/1995	0.63	0.34	1.85	77	14	500
1995/1996	0.27	0.20	1.37	50	15	458
1996/1997	0.74	0.41	1.82	178	46	561
1997/1998	0.69	0.39	1.77	186	9	632
1998/1999	0.88	0.37	2.41	198	27	626
1999/2000	0.76	0.32	2.37	145	1	553
2000/2001	0.85	0.38	2.23	320	54	810
2001/2002	1.00	0.35	2.85	158	1	543
2002/2003	0.84	0.36	2.36	129	3	501
2003/2004	0.58	0.28	2.05	156	4	593
2004/2005	1.00	0.46	2.14	105	1	581
2005/2006	0.92	0.31	3.02	135	0	530
2006/2007	0.65	0.41	1.59	156	13	555
2007/2008	0.61	0.34	1.77	84	27	662
2008/2009	0.75	0.27	2.79	147	2	656
2009/2010	0.77	0.33	2.32	184	1	643
2010/2011	0.89	0.51	1.75	126	27	663
2011/2012	0.82	0.40	2.04	134	28	697
2012/2013	0.84	0.49	1.73	184	13	660
2013/2014	0.65	0.43	1.50	181	0	595
2014/2015	1.01	0.71	1.43	198	1	658
Gjennomsnitt	0.78	0.39	2.07	158	13	602



Flashiness indeks Bye grøfteavrenning.

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.