

## Bioforsk Rapport

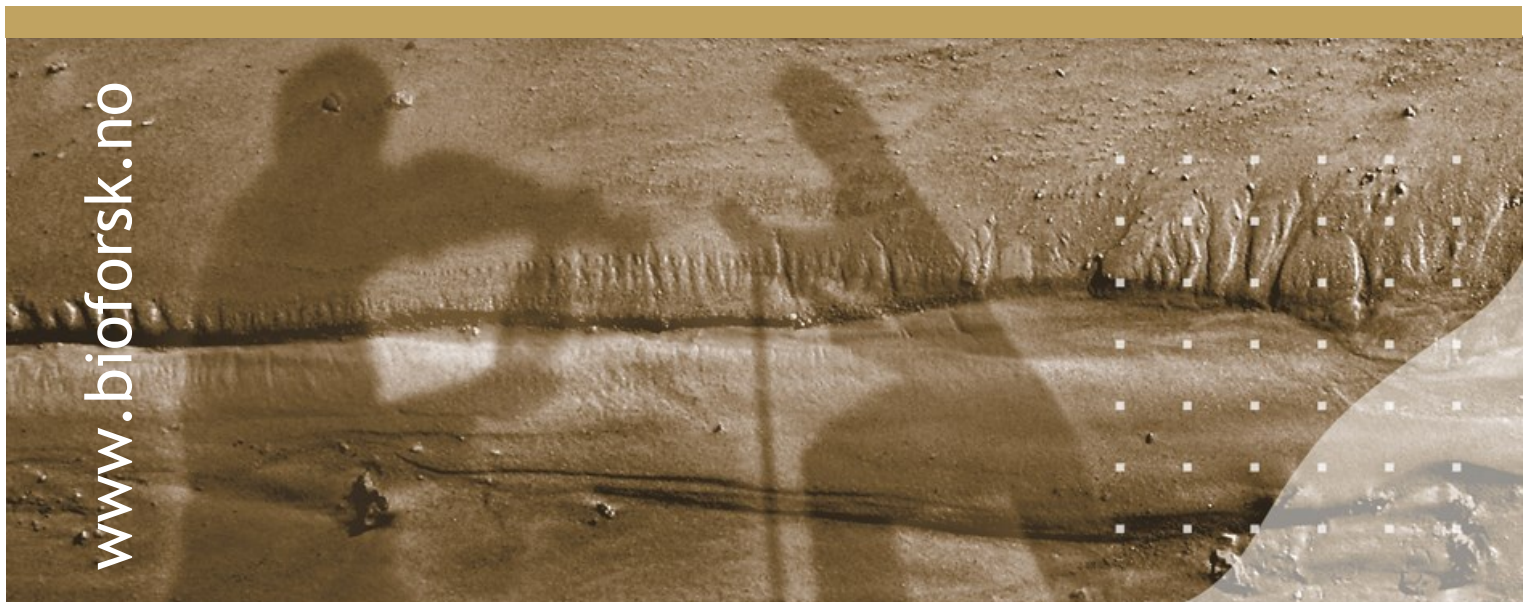
Vol. 8 Nr. 185 2013

# Restaurering av myr på Smøla

## Klimagassutslipp fra myr ute av drift

Arne Grønlund og Simon Weldon

Bioforsk Jord og miljø







Hovedkontor  
Frederik A. Dahls vei 20,  
1432 Ås  
Tlf: 03 246  
Fax: 63 00 92 10  
post@bioforsk.no

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

<b>Tittel/Title:</b> Restaurering av myr på Smøla. Klimagassutslipp fra myr ute av drift.
<b>Forfatter(e)/Autor(s):</b> Arne Grønlund og Simon Weldon

<b>Dato/Date:</b> 30.12.2013	<b>Tilgjengelighet/Availability:</b> Åpen	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> 2110819	<b>Arkiv nr./Archive No.:</b>
<b>Rapport nr./Report No.:</b> 185/2013	<b>ISBN-nr.:</b> 978-82-17-01201-6	<b>Antall sider/Number of pages:</b> 21	<b>Antall vedlegg/Number of appendix:</b>

<b>Oppdragsgiver/Employer:</b> SLF	<b>Kontaktperson/Contact person:</b> Nanna Bergan
---------------------------------------	--

<b>Stikkord/Keywords:</b> Klimagasser, myr ute av drift, restaurering av myr Greenhouse gases, abandoned peatland, peat restoration	<b>Fagområde/Field of work:</b> Jord og miljø Soil and environment
---	--

**Sammendrag**

Rapporten viser resultatene fra et forsøk med restaurering av dyrket myr som er tatt ut av drift, samt måling av utslipp klimagasser før og etter restaurering. Det ble målt store utslipp av CO<sub>2</sub> flere år etter at driften opphørt. Metanutslippene varierte sterkt mens utslippene av lystgass var svært lave.

Gjentetting av kanaler kan være en enkel og billig metode for tilbakeføre tidligere dyrket myr til naturlig tilstand, men førte ikke til reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp eller økning i metanutslipp det første året. Flere års målinger er nødvendig for å få sikrere resultater av effekter av restaurering av myr i Norge.

**Summary:**

This report shows the results from a research project studying the restoration of abandoned cultivated peatland with the aim of measuring greenhouse gas emissions before and after restoration. There was a large amount of CO<sub>2</sub> measured from the abandoned peat before drain blocking. CH<sub>4</sub> release showed significant variation from plot to plot, while N<sub>2</sub>O release was significantly low.

Blocking of drains can be a simple and cheap method of returning cultivated peatlands to a natural condition, but we saw no significant decrease in CO<sub>2</sub> or increase in CH<sub>4</sub> within the first year of measurement after drain blocking. It would be valuable to monitor this site for a longer period to further understand the effect of this restoration method on cultivated peatlands in Norway.

<b>Land/fylke:</b>	Norge/Møre og Romsdal
<b>Kommune/sted:</b>	Smøla/Frostadheia

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Daniel Rasse

Arne Grønlund

## Forord

---

Prosjektet "Klimagassutslipp fra restaurert myr på Smøla" er finansiert av Nasjonalt utviklingsprogram for klimatiltak i jordbruket og Stiftelsen Fondet for Jord- og Myrundersøkelser. Smøla kommune har stilt arealer til disposisjon for prosjektet.

Prosjektet er gjennomført av Bioforsk Jord og Miljø med Arne Grønlund som prosjektleder. Simon Weldon har vært ansvarlig for prøvetaingen og laboratorieanalysene. Peter Dörsch, ved Universitetet for miljø- og biovitenskap har gitt råd om opplegg for prøvetaking. Nina Ugelvik, fagkonsulent Landbruk Smøla kommune og Helene Tronstad, landbruksavløser, har bidratt med uttak av gassprøver i felt.

Ås, 30. desember 2013

Arne Grønlund

# Innhold

---

Sammendrag.....	4
1. Innledning.....	6
2. Områdebeskrivelse og metoder.....	7
2.1 Feltbeskrivelse.....	7
2.2 Klima.....	8
2.3 Forsøksopplegg.....	9
2.4 Metodikk for prøvetaking.....	10
3. Resultater.....	11
3.1 Grunnvannsdybde.....	11
3.2 Utslipp av CO <sub>2</sub> .....	13
3.3 Utslipp av lystgass.....	14
3.4 Utslipp av metan.....	15
3.5 Estimerte totalutslipp for vekstsesongen.....	16
4. Diskusjon.....	17
5. Konklusjon.....	19
6. Referanser.....	20

# Sammendrag

---

## Innledning

Dyrket myr er en viktig kilde til utslipp av CO<sub>2</sub> og lystgass. Selv om jordbruksdriften opphører, vil klimagassutslippene fortsette så lenge dreneringen fungerer. Gjentetting av grøftesystem og heving av grunnvannet antas derfor å være et aktuelt tiltak for å redusere klimagassutslippene fra dyrket myr som er tatt ut av drift.

Denne rapporten viser resultatene fra et forsøk med gjentetting av kanaler på et felt med tidligere dyrket myr på Smøla. Målsettingen med prosjektet har vært å utprøve metoder for restaurering av dyrket myr som er tatt ut av drift, samt å måle effektene av restaurering på utslipp av CO<sub>2</sub>, lystgass og metan.

## Områdebeskrivelse og metoder

Smøla har et typisk kystklima med relativt kjølige somre og milde vintre. Gjennomsnittlig årstemperatur er 5,7 grader og gjennomsnittlig årsnedbør er 1155 mm. Forsøksfeltet ligger på ei nedbørsmyr som ligger direkte på fjell i området ved Norsk Myrmuseum på Frostadheia. Den gjennomsnittlige myrsynkingen siden nydyrkingen har vært ca to cm per år. Forsøksfelt ble delt inn i fire delfelt:

1. I drift, men ikke høstet
2. Referansefelt som ikke skal restaureres
3. Restaureringsfelt, ute av drift i kort tid
4. Restaureringsfelt, ute av drift i lang tid

Kanalene rundt feltet ble gjentettet på tre punkter våren 2013. Gassprøver ble tatt ved bruk av lukkede statiske kammere i årene 2011, 2012 og 2013. Grunnvannsstanden ble observert ved samtlige måletidspunkt i brønner bestående av perforerte plastrør.

## Resultater

Avstanden til grunnvannet varierte mellom 4 og 62 cm som følge av variasjon i dreneringstilstand og nedbør. Gjentetting av kanalene våren 2013 førte til en umiddelbar heving av grunnvannsstanden, men effekten avtok utover sommeren på grunn av lange perioder uten nedbør.

Utslippene av CO<sub>2</sub> viste stor variasjon over tid, men relativt liten variasjon mellom delfeltene. Gjentetting av kanalene ga ingen umiddelbar effekt i form av redusert CO<sub>2</sub>-utslipp, til tross for heving av grunnvannstanden. Dette kan skyldes en kombinasjon av høyt oksygeninnhold i grunnvannet og lange tørkeperioder. Utslippene av lystgass varierte sterk over tid, men var svært lave sammenlignet med CO<sub>2</sub>-utslippene. Utslippene av metan viste svært stor variasjon, både mellom felter og over tid. Lavest metanutslipp ble målt på felt 1 som fortsatt var i drift og høyest utslipp ble målt på felt 3 som hadde vært ute av drift i kort tid og hvor grunnvannet sto høyt. Gjentetting av kanalene viste ingen tydelige økninger i metanutslippene.

Målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter var lystgassutslippene minst og CO<sub>2</sub> størst, med unntak av felt 3 i 2011, hvor metanutslippene var svært store.

## Diskusjon

Så lenge grøftesystemet fungerer, kan CO<sub>2</sub>-utslippene fra tidligere dyrket myr fortsatt være store, mange år etter at driften er opphørt. CO<sub>2</sub>-utslippene som er målt i dette prosjektet er den totale respirasjonen fra jord- og planter. Netto CO<sub>2</sub>-tap kan beregnes som differansen mellom totalrespirasjonen og CO<sub>2</sub>-bindingen gjennom fotosyntesen. På dyrket myr i drift kan den årlige CO<sub>2</sub>-bindingen gjennom fotosyntesens estimeres til ca 1,1 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på grunnlag av gjennomsnittlig grasavling for distriktet. På myr som har vært ute av drift i flere år antas fotosyntesens å være

vesentlig lavere. På dette grunnlaget er netto årlig CO<sub>2</sub>-tap anslås til ca 1,5 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på myr i drift og i overkant av ett kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på myr ute av drift.

De lave lystgassutslippene kan forklares ved lavt innhold av mineralsk nitrogen, som følge av at det ikke lengre gjødsles og at det naturlige nitrogeninnholdet i torva er lavt.

Produksjon av metan er betinget av høyt vanninnhold og mangel på oksygen i jorda. Metanutslippene var derfor lavest på felt 1 hvor jorda var best drenert. Metan har lav løselighet i vann og slippes ut som bobler som kan forårsake stor variasjonen i utslipp over tid og over korte avstander. Utslipp av metan kan også være påvirket av vegetasjonen. Størst utslipp ble målt på felt 3 hvor vegetasjonen var dominert av karplanter som myrull med dypt rotsystem som kan virke som kanaler for metan fra dypere lag. Felt 4, som hadde samme grunnvannsnivå, men en mer lyngrik vegetasjon, hadde vesentlig lavere metanutslipp.

Gjentetting av kanaler førte ikke til den forventede reduksjonen i CO<sub>2</sub>-utslipp og økningen i metanutslipp det første året.

## Konklusjon

Gjentetting av kanaler kan være en enkel og billig metode for tilbakeføre tidligere dyrket myr til naturlig tilstand, men flere års målinger er nødvendig for å få sikrere resultater av klimagasseffekter av et slikt tiltak.

# 1. Innledning

---

Drenering og dyrking av myr fører til raskere nedbryting av organisk materiale, sammensynking av torva og store utslipp av CO<sub>2</sub> og lystgass. Dersom torva ligger over dyrkbar undergrunnsjord, vil myra etter hvert omdannes til mineraljord. Myrsynkingen kan også føre til at jorda må tas ut av drift. Årsakene kan være grunn torv over fjell eller steinrik undergrunn, eller for lite fall for dreinsvann på grunn av lav beliggenhet i forhold til elv eller innsjø.

Så lenge dreneringssystemet er i funksjon, vil klimagassutslippene fra myr fortsette i lang tid etter at jordbruksdriften er opphørt (Maljanen et al. 2007 og 2013). Et aktuelt tiltak for å redusere klimagassutslippene kan være heving av grunnvannet og reetablering av myrvegetasjon. Det internasjonale klimapanelet har foreslått restaurering av dyrket myr som et av de tiltakene med størst potensial for utslippsreduksjon fra jordbrukssektoren (Smith et al. 2007). I prosjektet Klimakur 2020 er restaurering av myr vurdert som et av de mest kostnadseffektive klimatiltak i Norge (Grønlund et al. 2010, Leffertstra & Fjeldal 2010). Effektene av høyere grunnvannstand kan antas å føre til redusert nedbrytning av det organiske materialet og etter hvert gjenoppbygging torva og binding av karbon, men også til økte utslipp av metan (Best 1997). Reetablering av myrvegetasjonen vil også bidra til endret landskapsbilde og økt biologisk mangfold.

En har ingen erfaring med restaurering av myr i Norge. De fleste utenlandske erfaringene er fra tidligere torvtak, hvor restaurering kan være relativt kostbar som følge av behov for planering av overflata, blokkering av kanaler og etablering av vegetasjon gjennom spredning av sphagnum-torv. På tidligere dyrket myr kan restaureringen være langt billigere, og noen tilfeller kan tiltaket begrenses til tiltetting av røgrøfter.

Myrene på Smøla ligger direkte på fjell. Den gjennomsnittlige myrsynkingen på Smøla er målt til 2,36 cm per år over en 32-års periode (Hovde 1987). På de tidligst dyrkede myrene har en store problemer med drenering og pløying direkte på fjell og noen arealer tatt ut av drift og delvis fått tilbake naturlig myrvegetasjon. På grunn av myrsynkingen er det bare et tidsspørsmål før dyrkingen må avvikles på større arealer.

I denne rapporten er det presentert resultater fra et pilot- og demonstrasjonsforsøk med gjetting av kanaler på et felt med tidligere dyrket myr på Smøla. Målsettingen med prosjektet har vært å utprøve og demonstrere metoder for restaurering av dyrket myr som er tatt ut av drift, samt å måle effektene av restaurering på utslipp av CO<sub>2</sub>, lystgass og metan.



## 2. Områdebeskrivelse og metoder

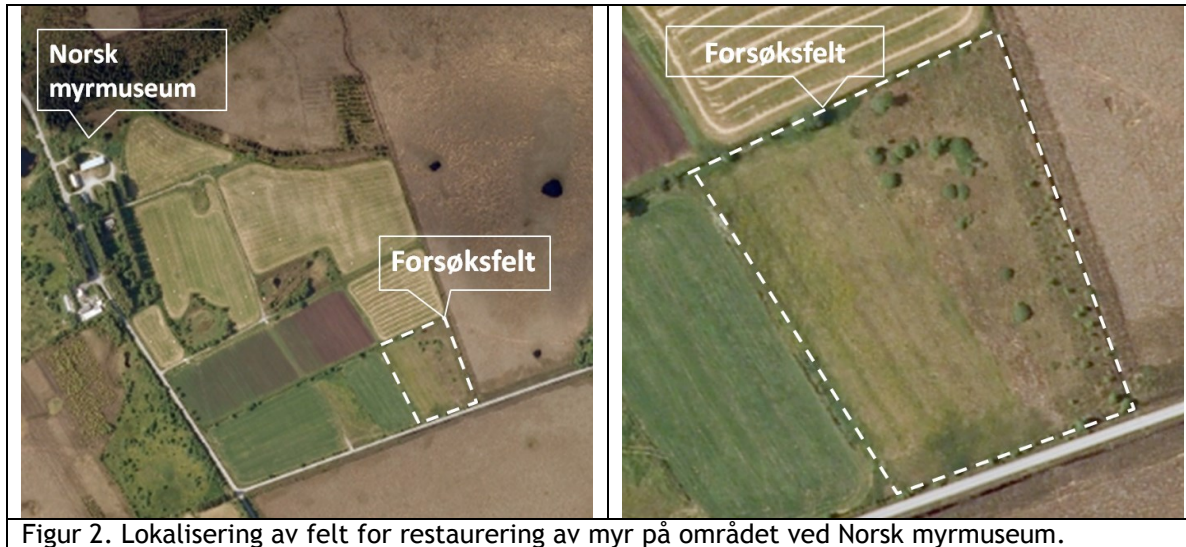
### 2.1 Feltbeskrivelse

Myr utgjør det meste av jordbruksarealet på Smøla. Myrene ligger direkte på fjell og er av typen nedbørsmyr. Mesteparten av de dyrkbare områdene har et torvlag på 2-4 meter. Torva er lite omdannet og er i utgangspunktet svært næringsfattig. Forsøksfeltet er lagt i området ved Norsk Myrmuseum på Frostadheia som er et bureisersamfunn med 36 gårdsbruk anlagt i perioden 1930-1983 (figur 1). På grunn av problemer med næringsmangel og dyrkingsteknikk ble forsøksgården Moldstad etablert i 1937. Den næringsfattige myra viste seg å mangle flere essensiell mikronæringsstoffer. Myrsynken var i gjennomsnitt ca 2 cm per og førte til behov for å grøfte på ny etter ca 20 år (Hovde 1987). Forsøksdriften på Moldstad ble avsluttet i 1995 og bygningene ble overført til Norsk myrmuseum som ble stiftet samme år.



Figur 1. Kart over Smøla med Frostadheia merket med grønn sirkel.

Lokaliseringen av feltet for restaurering av myr er vist i figur 2. Feltet har et areal på ca 14 dekar og ble nydyrket i 1956. Den østre delen har ikke vært omgrøftet og har vært ute av drift i lang tid, trolig siden ca 1980. Vegetasjonen er sterkt endret etter dyrkingsperioden og har nå mer preg av naturlig myrvegetasjon. Den vestre delen ble omgrøftet i 1976 og har vært ute av drift de siste ca 10 årene. Vegetasjonen er fortsatt dominert av grasarter med innslag av myrull.



Figur 2. Lokalisering av felt for restaurering av myr på området ved Norsk myrmuseum.



Figur 3. Foto av vegetasjonen på feltene som er ikke høstet (venstre) har vært ute av drift i kort tid (midten) og i lang tid (høyre).

## 2.2 Klima

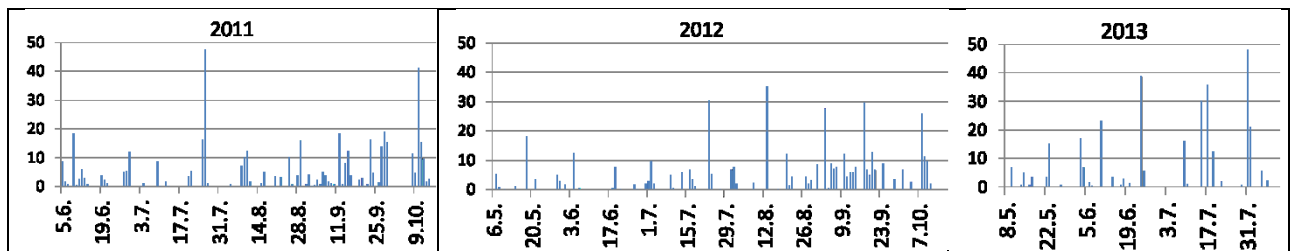
Smøla har et typisk kystklima med relativt kjølige somre og milde vintre og med en gjennomsnittlig årstemperatur på 5,7 grader (tabell 1). Gjennomsnittlig årsnedbør er 1155 mm hvorav ca 40 prosent kommer i perioden april-september (tabell 2). Den aktuelle nedbøren per dag i måleperioden er vist i figur 4

Tabell 1. Temperaturnormaler 1961-1990 og månedsmiddeltemperatur for 2011-2013 for Smøla. Kilde: Meteorologisk institutt.

	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året
Normal	2	1,9	2,8	4,7	8,1	10,9	12,4	12,9	10,8	8,3	4,9	2,9	6,9
2011	3,3	1,7	3,1	6,7	8,9	10,9	12	13,5	13	10	8,7	4,9	8,1
2012	3,6	3,9	5,6	4,3	7,2	10,3	11,9	12,5	10,8	7,4	6,3	0,6	7,0
2013	2,1	1,9	1,2	4,2	8,9	11,3	12,3	13,8	12,7	9,2	6,4		

Tabell 2. Nedbørnormaler 1961-1990 og månedsnedbør for 2011-2013 for Smøla. Kilde: Meteorologisk institutt.

	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Året
Normal	106	85	79	64	49	59	78	89	139	148	125	134	1155
2011	94,6	118,7	161,9	105,5	30,8	77,9	86,1	76,2	140,2	132,3	73,8	149,1	1247
2012	86,6	176,5	218,4	120,0	38,3	27,6	80,4	83,8	159,7	104,3	104,3	42,8	1242
2013	51,4	60,3	98,8	90,0	64,3	101,8	146,3	173	108,4	126,5	158,4		



Figur 4. Nedbør på Smøla i måleperioden, mm per dag.

## 2.3 Forsøksopplegg

Det ble også tatt ut gassprøver fra et punkt like vest for arealet som var tatt ut av drift, hvor det var vanlig grasvegetasjon, med hvor det ikke var høstet de siste årene. Til sammen ble det tatt ut gassprøver fra fire delfelt (figur 5):

Felt 1. I drift, men ikke høstet

Felt 2. Referansefelt som ikke skal restaureres

Felt 3. Restaureringsfelt på areal som har vært ute av drift i kort tid

Felt 4. Restaureringsfelt på areal som har vært ute av drift i lang tid

Kanalene rundt feltet ble gjentettet på tre punkter våren 2013. Det ble bygd opp ca fem meter lange demninger i kanalløpet (figur 6). Arbeidet ble gjort i løpet av ca 1,5 timer med gravemaskin.

Gassmåling er foretatt i årene 2011, 2012 og 2013. På restaureringsfeltene er det altså foretatt målinger i to år før gjentettinga av kanal og etter.



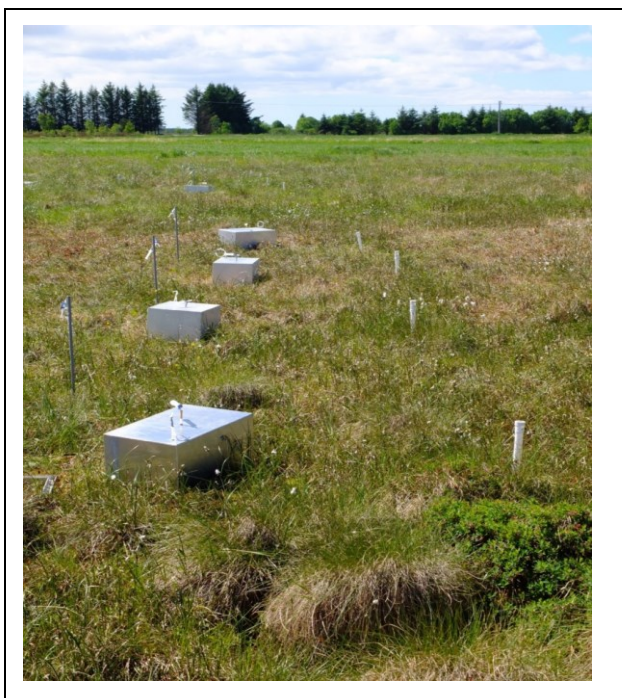
Figur 5. Forsøksomlegg med punkter for gjentetting av kanal og uttak av gassprøver.





Figur 6. Gjentetting av kanal med gravemaskin.

## 2.4 Metodikk for prøvetaking



Figur 7. Kammer for uttak av gassprøver.

Gassprøvene ble tatt ut ved bruk av lukkede statiske kammerer, beskrevet av Davidson et al. (2002). På hvert delfelt ble det plassert 4 kammerer (figur 7), bestående av en aluminiumsramme som var plassert permanent i jorda, og et ugjennomsiktig aluminiumskammer som var plassert i rammen med bunnen opp mens gassmålingene ble foretatt.

Rammene var fylt med vann for å hindre gasslekkasje under prøvetakingen. Prøvene ble tatt ved bruk av en kanyle som ble koblet til små vakuumflasker (vacutainere) hvor gassprøven ble samlet. Det ble tatt ut prøver etter 0, 10 og 30 minutter etter at kammeret var plassert i rammen. I 2013 ble prøveseriene utvidet til 0, 15, 30 og 45 minutter for å øke sikkerheten i målingene.

Gasskonsentrasjonen ble målt på en gasskromatograf av typen Agilent 7890A GC med autosampler. Kromatografen består av tre forskjellige detektorer: Thermal Conductivity Detector (TCD) for måling av CO<sub>2</sub>, Flame Ionising Detector (FID) for måling av metan og Electron Capture Device (ECD) for måling av lystgass. Utslipp av klimagasser ble beregnet på grunnlag av den lineære økningen av gasskonsentrasjonen over tid. Målingene ble kontrollert for å identifisere avvikende observasjoner (outliers) på grunn av feil med prøvetaking eller måling. I tillegg var det nødvendig å se om den lineære modellen var riktigst eller om gassmetning i kammeret kunne ført til redusert utslipp over tid (Davidson et al., 2002, Kutzbach et al. 2007). For å redusere effekten av gassmetning var det nødvendig å bruke en polynom modell for den ikke lineære sammenhengen mellom gasskonsentrasjonene som beskrevet av Kutzbach et al. (2007).

På samtlige prøvepunkt var det satt ned grunnvannsbrønner som besto av perforerte plastrør. Grunnvannstanden ble avlest ved samtlige prøveuttak.

## 3. Resultater

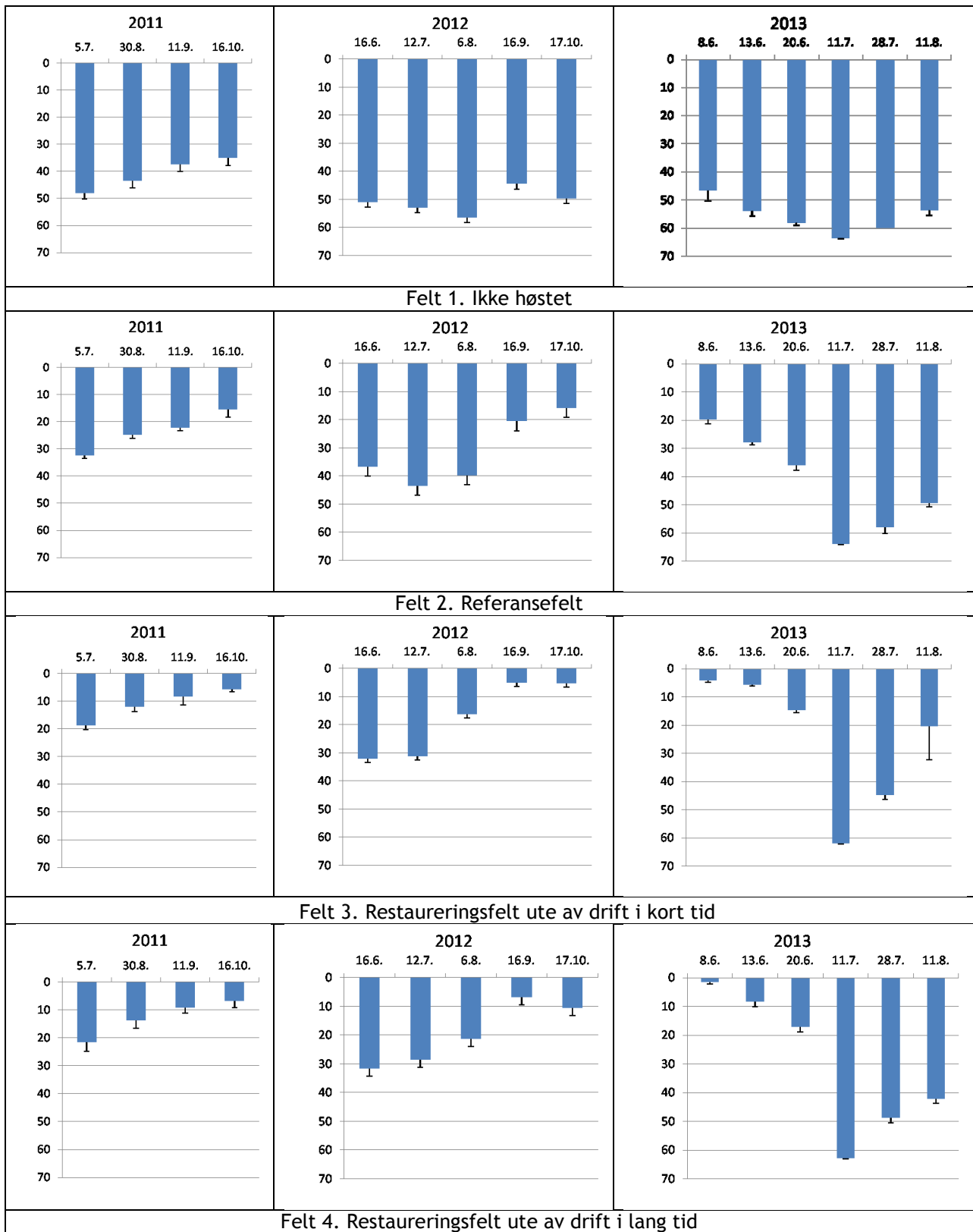
---

### 3.1 Grunnvannsdybde

Dybde til grunnvann på målepunktene er vist i figur 7. Felt 1 som fortsatt var i drift, men ikke høstet, hadde størst grunnvannsdybde. Dette kan skyldes at grøftesystemet fungerer bedre enn på det området som er ute av drift og at vannforbruket er større på grunn av sterkere plantevekst. Referansefeltet, som grenser til arealet som er idrift (felt 2), har noe større grunnvannsdybde enn de to restaureringsfeltene (felt 3 og 4), og dette kan skyldes bedre funksjon i grøftesystemet.

Variasjonen i grunnvannsdybde over tid viser klar sammenheng med nedbøren. I 2011 var grunnvannsdybden størst ved første måling (5. juli) og avtok utover i sesongen som følge av økt nedbør etter 25. juli (figur 4). I 2012 kom det lite nedbør i perioden 5. juni til 23. juli (figur 4), hvilket resulterte i stor grunnvannsdybde ved målingene i juni og juli. På grunn av større nedbørsmengder på sensommeren og høsten 2012 viste målingene i september og oktober omtrent like stor grunnvannsdybde som på tilsvarende tid i 2011.

Gjentetting av kanalene våren 2013 førte til en rask økning i grunnvannsnivået på de to restaureringsfeltene (felt 3 og 4), og ved målingene i juni var grunnvannsdybden betydelig lavere enn på referansefeltet (felt 2). Ved målingene i juli var imidlertid grunnvannsdybden stor på alle feltene, også på de to restaureringsfeltene. Dette kan forklares ved nedbørsmengde og -fordeling. I perioden 10. juni til 30. juli var det lange perioder med lite nedbør. Det aller mest av nedbøren kom som kraftige episoder hvor vannet rant bort over demningene i kanalene, før jorda rakk å bli vannmettet.

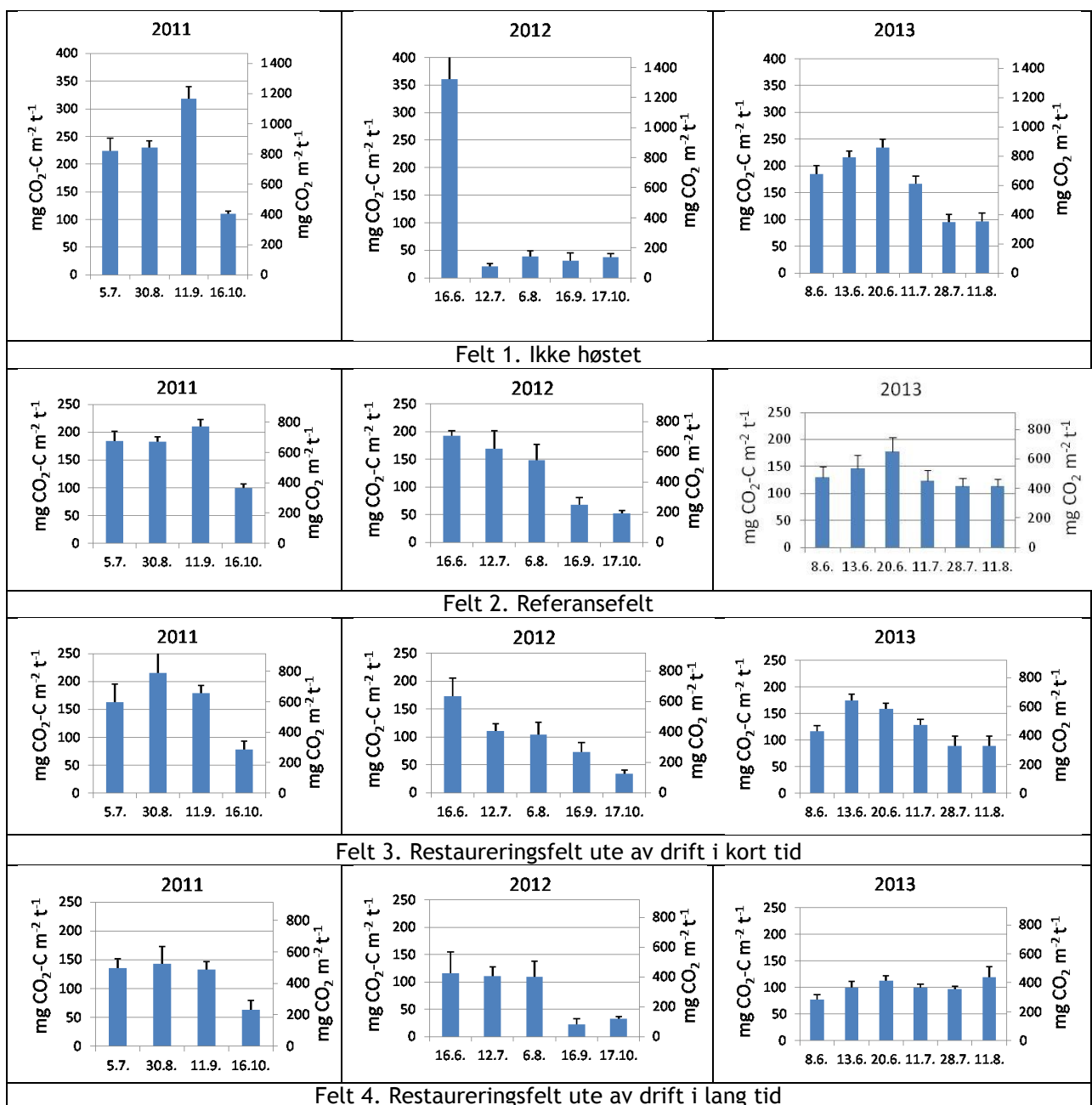


Figur 7. Dybde til grunnvann på målepunktene i cm. Standardavviket er vist ved svarte stolper.

### 3.2 Utslipp av CO<sub>2</sub>

Utslipp av CO<sub>2</sub> (figur 9) varierte mellom 20 og 360 mg C (73-1320 mg CO<sub>2</sub>) m<sup>-2</sup> t<sup>-1</sup>. De høyeste utslippene ble målt på sommeren og de laveste på høsten. Som figur 9 viser, er det relativt små forskjeller i CO<sub>2</sub>-utslipp mellom feltene. I 2011 og ved første måling i 2012 var utslippene noe høyere fra felt 1 enn fra feltene som var tatt ut av drift. Ved de siste fire målingene i 2012 var utslippene fra felt 1 svært lave, mellom 20 og 37 mg CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup> t<sup>-1</sup>. Felt 2 og 3 hadde omtrent like store utslipp, mens felt 4, som har vært ute av drift i lang tid, hadde ved de fleste målingene noe lavere CO<sub>2</sub>-utslipp enn de øvrige feltene.

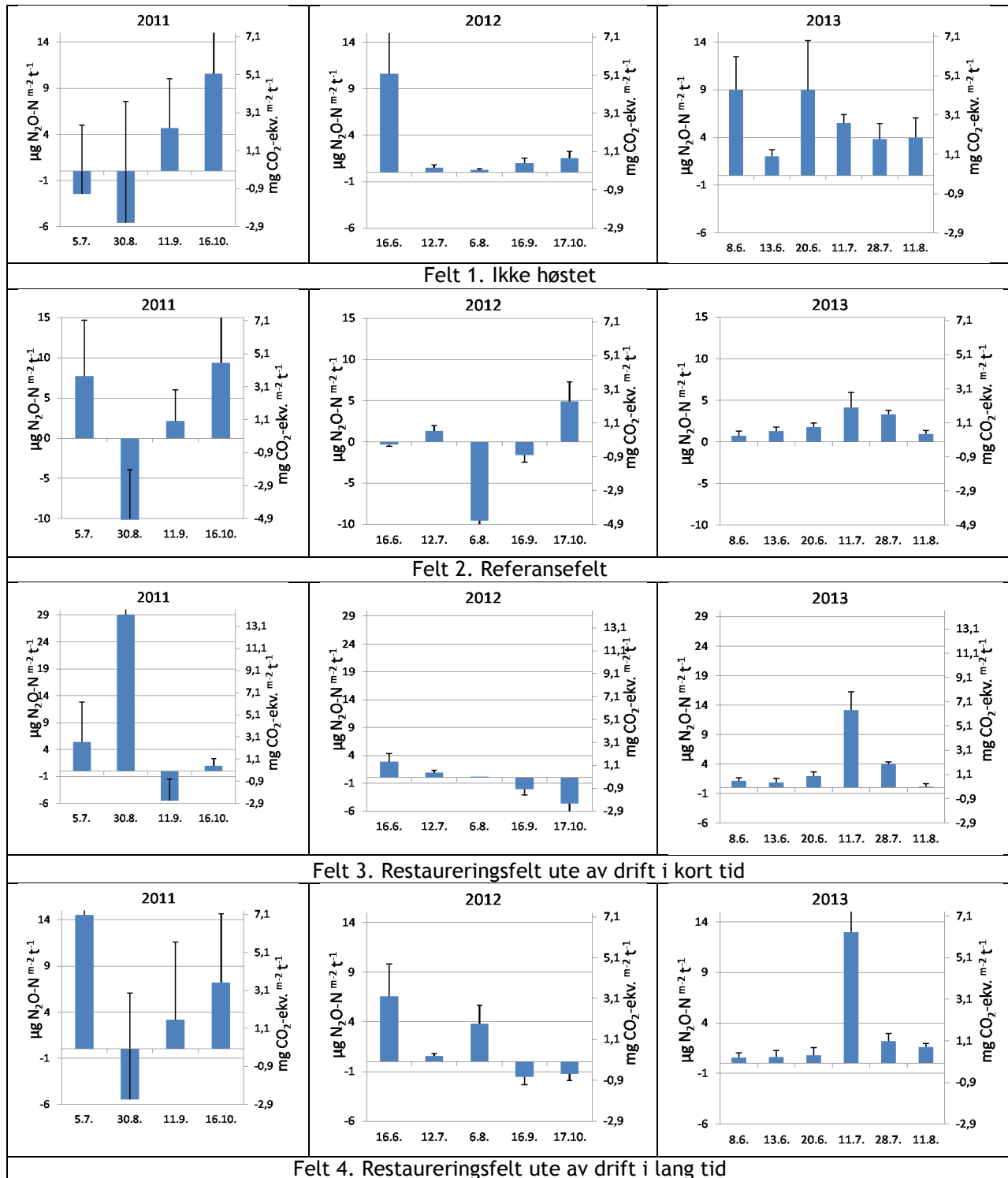
Gjentetting av kanalene på felt 3 og 4 våren 2013 ga ingen umiddelbar effekt i form av redusert CO<sub>2</sub>-utslipp, til tross for at grunnvannet sto høyt fram til 20. juni. Det kan skyldes at grunnvannet den første tiden hadde så høyt oksygeninnhold at CO<sub>2</sub>-produksjonen ikke ble hemmet. Ved de siste målingene kan de høye CO<sub>2</sub>-utslippene fra felt 3 og 4 forklares ved stor avstand til grunnvann på grunn av lange perider uten nedbør, som beskrevet i kap. 3.1.



Figur 9. Utslipp av CO<sub>2</sub>. Standardavviket er vist ved svarte stolper.

### 3.3 Utslipp av lystgass

Utslippene av lystgass (figur 10) varierer sterkt over tid, fra -10 til 29  $\mu\text{g N}_2\text{O-N m}^{-2}\text{t}^{-1}$ , men viser ingen tydelige forskjeller mellom feltene. Negative utslipp indikerer bakterieaktivitet i jorda som reduserer lystgass til nitrogengass ( $\text{N}_2$ ). Målt i  $\text{CO}_2$ -ekvivalenter var utslippene mellom -5 og 14  $\text{mg m}^{-2}\text{t}^{-1}$ , som er svært lavt sammenlignet med  $\text{CO}_2$ -utslippene, mindre enn en prosent.

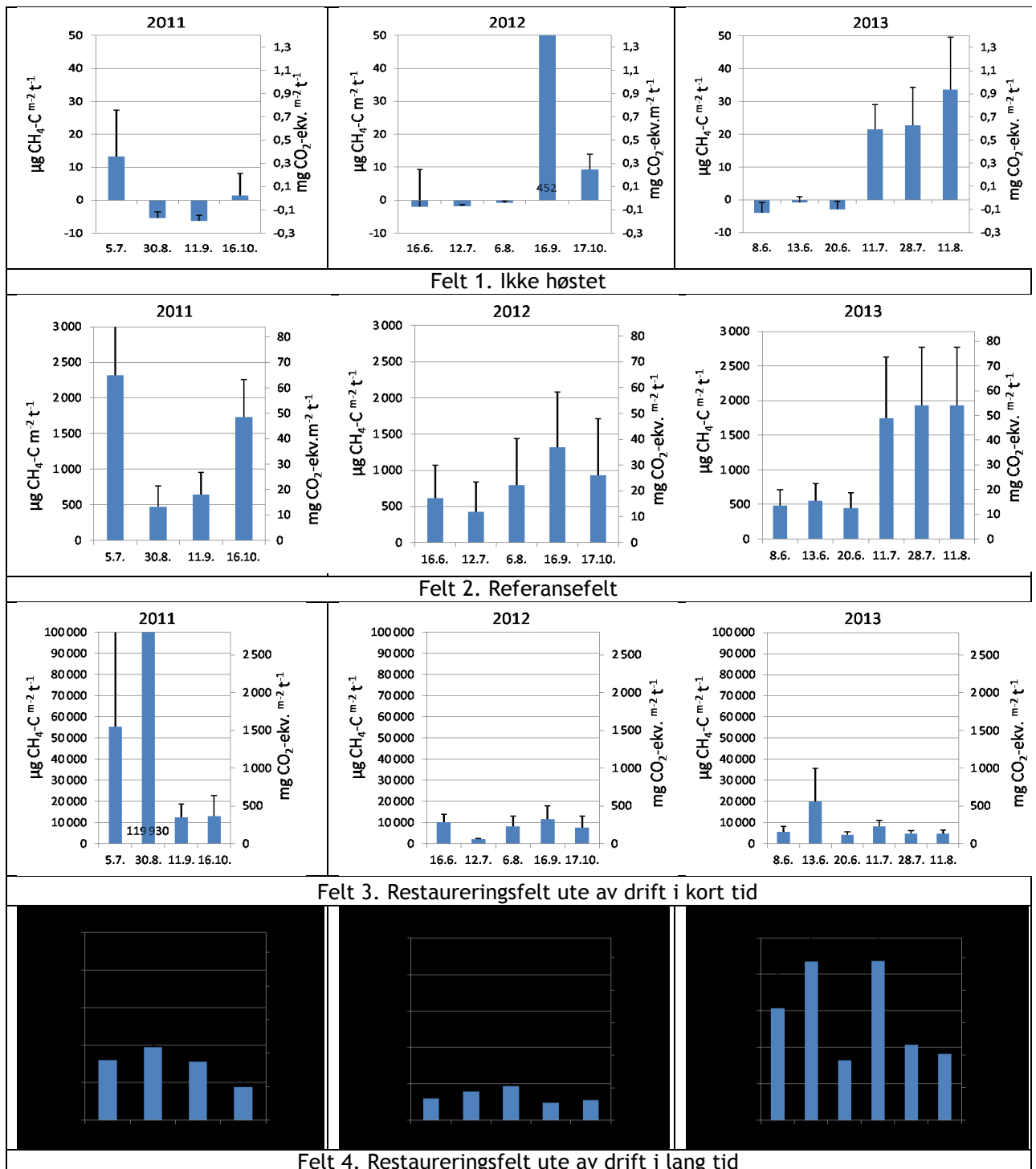


Figur 10. Utslipp av lystgass. Standardavviket er vist ved svarte stolper.



### 3.4 Utslipp av metan

Utslippene av metan viste svært stor variasjon, både mellom felter og over tid. Felt 1, hvor grøftesystemet er i normal funksjon, hadde lavest utslipp. Med unntak av en måling (6. september 2012) varierte utslippet mellom -6 og 34  $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{t}^{-1}$  som tilsvarer mellom -2 og 10  $\text{mg CO}_2\text{-ekv. m}^{-2} \text{t}^{-1}$ . Det var også stor variasjon mellom de to feltene som har ute av drift i kort tid (felt 2 og 3). Av disse hadde felt 2 lavest utslipp, mellom 400 og 2400  $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{t}^{-1}$ , som tilsvarer mellom 100 og 700  $\text{mg CO}_2\text{-ekv. m}^{-2} \text{t}^{-1}$  og som er på omtrent samme nivå som  $\text{CO}_2$ -utslippet fra det samme feltet. På felt 3 var utslippene vesentlig høyere, mellom 2 000 og 120 000  $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{t}^{-1}$ , som tilsvarer mellom 58 og  $\text{mg CO}_2\text{-ekv. m}^{-2} \text{t}^{-1}$ . Forskjellen mellom felt 2 og 3 i metanutslipp kan delvis forklares ved høyere grunnvannstand på felt 3.



Figur 11. Utslipp av metan. Standardavviket er vist ved svarte stolper.

Metanutslippet på felt 4 som har vært ute av drift i lang tid varierte mellom 1 000 og 9 000  $\mu\text{g CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ t}^{-1}$ , (mellom 300 og 2500 mg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). Dette er betydelig lavere enn utslippet fra felt 3, til tross for omtrent samme grunnvannsnivå på de to feltene. De lavere utslippene fra felt 4 kan skyldes at arealet har vært ute av drift i lengre tid, og har mindre ferskt organisk materiale og en annen vegetasjonstype som i mindre grad favoriserer utslipp av metan.

Gjentetting av kanaler våren 2013 viste ingen økning i metanutslippene på felt 3. På felt 4 skjedde det økning i metanutslippene i 2013 sammenlignet med de foregående årene, spesielt ved de to første måletidspunktene hvor grunnvannstanden var høy. Etter midten av juni, hvor avstanden til grunnvannet var høyt, viste de fleste målingene utslipp på samme nivå som til tilsvarende tid i 2011. Det var ett unntak, 11. juli, hvor utslippet var høyt, til tross for stor avstand til grunnvannet (63 cm). Men ved denne målingen viste samtlige lokaliteter større metanutslipp enn ved forrige måling (30. juni) og dette kan skyldes en nedbørsepisode (16 mm) to dager tidligere.

### 3.5 Estimerte totalutslipp for vekstsesongen

I tabell 3 er det vist et grovt anslag over totalt utslipp på årsbasis, hvor en har forutsatt at de målte utslippene er representative for sommerhalvåret (183 dager) og at utslippene i vinterhalvåret er ubetydelige. Målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er CO<sub>2</sub>-utslippene høyest og lystgassutslippene lavest. Metanutslippene varierte stekt mellom feltene og var ubetydelig på felt 1. Felt 2 hadde også svært lave utslipp sammenlignet med CO<sub>2</sub>-utslippene. På felt 3 var metanutslippene høyere enn CO<sub>2</sub>-utslippene i 2011, men lavere i 2012 og 2013. På felt 4 var metanutslippene mindre enn halvparten så store som CO<sub>2</sub>-utslippene.

Tabell 3. Estimerte utslipp i vekstsesongen.

	g m <sup>-2</sup>			g CO <sub>2</sub> -ekvivalenter m <sup>-2</sup>			Sum
	CO <sub>2</sub> -C	N <sub>2</sub> O-N	CH <sub>4</sub> -C	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	
<b>Felt 1</b>							
2011	968	0,008	0,0	3 549	4	0	3 553
2012	428	0,012	0,4	1 569	6	11	1 586
2013	726	0,024	0,1	2 661	12	1	2 674
Middel	707	0,015	0,2	2 593	7	4	2 605
<b>Felt 2</b>							
2011	744	0,010	5,7	2 726	5	159	2 890
2012	553	-0,005	3,6	2 026	-2	100	2 124
2013	587	0,009	5,2	2 153	4	145	2 303
Middel	628	0,005	4,8	2 302	2	135	2 439
<b>Felt 3</b>							
2011	698	0,033	220,7	2 559	16	6 180	8 755
2012	434	-0,002	34,7	1 590	-1	972	2 561
2013	555	0,016	34,8	2 035	8	976	3 019
Middel	562	0,000	96,8	2 061	7	2 710	4 778
<b>Felt 4</b>							
2011	521	0,021	13,2	1 911	10	368	2 289
2012	342	0,007	5,9	1 255	3	165	1 424
2013	444	0,014	25,4	1 629	7	710	2 346
Middel	436	0,014	14,8	1 598	7	415	2 020

## 4. Diskusjon

---

Resultatene fra dette prosjektet har vist at CO<sub>2</sub>-utslippene fra tidligere dyrket myr fortsatt er store, mange år etter at driften er opphørt. Så lenge grøftesystemet fungerer helt eller delvis, vil det være tilstrekkelig oksygen til nedbryting av torva og frigjøring av CO<sub>2</sub>.

De kammerne som er brukt ved prøvetaking er ugjennomtrengelige for lys. Dermed stopper fotosyntesen når vegetasjonen dekkes av kammerne. CO<sub>2</sub>-utslippet som måles er summen av jord- og planterespirasjonen. For å kunne beregne netto CO<sub>2</sub>-utslipp må det korrigeres for CO<sub>2</sub>-bindingen gjennom fotosyntesen. En gjennomsnittlig grasavling i Møre og Romsdal er ca 600 kg høy per dekar og binder totalt ca 1,1 tonn CO<sub>2</sub> i over- og underjordisk biomasse. Som vist i tabell 3 kan den totale jord- og planterespirasjonen anslås til ca 2,6 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på felt 1, ca 2,2 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på felt 2 og 3 og ca 1,6 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> på felt 4. Dersom grasproduksjonen på felt 1 er på nivå med gjennomsnittet for fylket (ca 600 kg høy og 1,1 tonn CO<sub>2</sub> per dekar bundet gjennom fotosyntesen), kan netto CO<sub>2</sub>-utslipp fra feltet anslås til ca 1,5 kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>, som er omtrent det utslippet en antar er gjennomsnittet for dyrket myr i Norge. På de feltene som har vært ugjødsel og ute av drift i flere år, må en anta at CO<sub>2</sub>-bindingen gjennom fotosyntesen er vesentlig lavere enn fra grasmark i normal produksjon, trolig bare noen få hundre gram CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>. I så fall kan netto årlig CO<sub>2</sub>-utslipp antas å være i overkant av ett kg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>, som er på samme nivå som det som er påvist i utenlandske undersøkelser. Maljanen et al. (2007) har rapportert årlig utslipp på 1320±1120 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> fra tidligere dyrket myr i Finland, som var nesten like høyt som fra dyrket myr i drift. I en nyere undersøkelse har Maljanen et al. (2013) rapportert stor variasjon i årlig CO<sub>2</sub>-balanse fra myr som har vært ute av drift i 20-30 år, fra -7,8 til 530 g CO<sub>2</sub>-C m<sup>-2</sup>, som tilsvarer fra -29 til 1940 g CO<sub>2</sub>.

Utslippene av lystgass i er anslått til mellom -5 og 33 mg N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup> på årsbasis. Selv om usikkerheten ved beregningen er stor, er utslippene nærmest ubetydelige sammenlignet med CO<sub>2</sub>-utslippene og andre målinger av lystgassutslipp fra myr ute av drift i andre land. Maljanen et al. (2007) har rapportert om årlige utslipp på 0,850±0,780 g N<sub>2</sub>O-N m<sup>-2</sup>. En betingelse for produksjon av lystgass er tilgang på mineralisk nitrogen fra gjødsel eller mineralisering av organisk nitrogen i jord. De lave lystgassutslippene kan forklares ved lavt naturlig nitrogeninnhold i jorda (høyt C/N-forhold). Dersom jorda blir tilført gjødsel, må en forvente langt høyere lystgassutslipp.

Det ble observert netto utslipp av metan på alle feltene, men utslippene viste svært stor variasjon mellom feltene og over tid. Produksjon av metan er betinget av høyt vanninnhold og mangel på oksygen i jorda. Utslipp av metan kan derfor ventes der grøftesystemet ikke fungerer i eller i nedbørrike perioder. Felt 1, som var best drenert, hadde imidlertid svært lave utslipp. De tre feltene på myr ute av drift hadde utslipp på samme nivå som det som er rapportert fra naturlig myr. Ifølge Saarnio et al. (2007) er årlig metanutslipp beregnet til 6,7±5,3 og 17,3±13,3 g± CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> fra henholdsvis ombrotrof og minerotrof myr i nordiske land. Dersom en ser bort fra de ekstreme utslippene fra felt 3 i 2011, varierte de estimerte årlige utslippene fra ca 4 til 35 g CH<sub>4</sub>-C (5-46 g CH<sub>4</sub>) m<sup>-2</sup>.

Utslippene av metan viste også stor variasjon mellom rammene på de sammen prøvepunktene. Den romlige variabiliteten i metanutslipp er godt dokumentert i litteraturen (Moore & Knowles, 1989) og skyldes både variasjon i betingelsene for produksjon av metan (lavt red-ox potensial) og lav løselighet av metan i vann som fører til konsentrasjon av metan i større bobler. Bruk av små kammer kan føre til både over- og underestimering av metanutslippene, avhengig av utslipp av større bobler. De målte utslippene av metan er sterkt avhengig av hvorvidt de blir truffet av en metanboble eller ikke i løpet måleperioden på 30 minutter.

Det har tidligere vært vist at vegetasjonstypen er en viktig faktor for utslipp av metan (Waddington et al., 1996; Dias et al., 2010). I vårt forsøk registrerte vi langt høyere metanutslipp fra felt 3, som hadde vært ute av drift i kort tid, enn fra felt 4 (ute av drift i lang tid), til tross for at de to feltene hadde like stor avstand til grunnvann. Denne forskjellen kan skyldes en effekt av vegetasjonen. Felt 3 var i motsetning til felt 4 dominert av myrull og andre karplanter med dypt rotsystem som kan virke som

kanaler for utslipp av metan fra dypere lag (Dorodnikov et al., 2011). Felt 2 hadde samme type vegetasjon som felt 3, men langt lavere metanutslipp (noe lavere enn fra felt 4). Det relativt lave metanutslippet fra felt 2 kan forklares ved større grunnvannsavstand enn på felt 3 og 4. Vegetasjonen på myr er ofte korrelert med grunnvannsnivået, og det er derfor vanskelig å si hva som er den viktigste faktoren (Dias et al., 2010). Høyere grunnvannstand kan på kort sikt kan føre til økte metanutslipp, men kan på lengre sikt føre til endringer i vegetasjonen som bidrar til lavere metanutslipp. En mer detaljert vegetasjonsanalyse kan gi mer kunnskap som effekten av vegetasjon i forhold til grunnvannsnivå.

På grunnlag av undersøkelser i andre land var det forventet at CO<sub>2</sub>-utslippene skulle reduseres og metanutslippene skulle øke etter gjentetting av kanalene. Maljanen et al. (2013) påviste netto CO<sub>2</sub>-binding når grunnvannet sto like ved overflata, og konkluderte derfor med at høye utslipp av klimagasser kan unngås når grunnvannsnivået er grunnere enn 30 cm under overflata. I en 4-årig undersøkelse (2005-2008) fra Nederland ble det målt en gjennomsnittlig netto årlig CO<sub>2</sub> binding på 1,4 kg m<sup>-2</sup> og et metanutslipp på 19,2 g m<sup>-2</sup> (0,5 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) fra ei myr hvor dreneringen hadde vært gjentettet siden 1998 (Schrier-Uijl et al. 2013). I en 3-årig undersøkelse i Danmark (Herbst et al. 2013) ble det påvist en årlig netto binding på mellom 195 og 983 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> fra en dyrket myr som var restaurert 8-10 år tidligere. I den samme undersøkelsen varierte de årlige metanutslippene mellom 11 og 17 g m<sup>-2</sup>, og målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter var myra netto sluk for klimagasser i 2009, netto utslippskilde i 2011 og nøytral i 2010.

Første års resultat fra målingene på Smøla viste ingen tydelig effekter verken på CO<sub>2</sub>- eller metanutslippene. En sannsynlig årsak til dette er at gjentetting av kanalene bare ga en kortvarig økning i grunnvannstanden, bare ca 4 uker. Sommeren 2013 var preget av relativt lange perioder uten nedbør, som førte til uttørring av jorda, og kraftige nedbørsepisoder hvor mesteparten av vannet i kanalene flommet over demningene. Reduserte CO<sub>2</sub>-utslipp fra myr forutsetter lengre perioder men vannmettet tilstand og reduserende miljø. Det er derfor nødvendig med målinger av gassutslipp flere år etter gjentetting av kanalene for å kunne påvise effektene på CO<sub>2</sub> og metanutslipp.

## 5. Konklusjon

---

Resultatene fra dette prosjektet har vist at CO<sub>2</sub>-utslippene fra tidligere dyrket myr kan være store lang tid etter at jorda er tatt ut av produksjon. Utslippene av metan ser ut til å avta som følge av endringer i vegetasjon. Gjentetting av kanaler kan være en enkel og billig metode for å få en raskere tilbakeføre tidligere dyrket myr til naturlig tilstand, men første års måling viste ingen tydelig reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp eller økning i metanutslipp. Flere års målinger er nødvendig for å få sikrere resultater av effekter av restaurering av myr i Norge.

## 6. Referanser

---

- Best, E. P. H., & Jacobs, F. H. H. (1997). The influence of raised water table levels on carbon dioxide and methane production in ditch-dissected peat grasslands in the Netherlands. *Time*, 8, 129-144.
- Davidson, E. A., Savage, K., Verchot, L. V., & Navarro, R. (2002). Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113, 21-37.
- Dias, A. T. C., Hoorens, B., Logtestijn, R. S. P., Vermaat, J. E., & Aerts, R. (2010). Plant Species Composition Can Be Used as a Proxy to Predict Methane Emissions in Peatland Ecosystems After Land-Use Changes. *Ecosystems*, 13(4), 526-538. doi:10.1007/s10021-010-9338-1
- Dorodnikov, M., Knorr, K.-H., Kuzyakov, Y., & Wilmking, M. (2011). Plant-mediated CH<sub>4</sub> transport and contribution of photosynthates to methanogenesis at a boreal mire: a <sup>14</sup>C pulse-labeling study. *Biogeosciences*, 8(8), 2365-2375. doi:10.5194/bg-8-2365-2011.
- Grønlund, A., Knoth de Zarruk, K. & Rasse, D. 2010. Klimatiltak i jordbruket - binding av karbon i jordbruksjord. Bioforsk rapport 5 (5). ISBN 978-82-17-00604-6, 34 s.
- Herps, M., Friberg, T., Schelde, K., Jensen, R., Ringgard, R., Vasques, V., Thomsen, A-G. & Søgaard, H. 2013. Climate and site management driving factors for the atmospheric greenhouse gas exchange of a restored wetland. *Biogeosciences*, 10, 39-52.
- Hovde, O. 1987. Resultater av kontroll gjennom 32 år på Moldstad, Smøla. *Jord og Myr*, 2, 29-43.
- Kutzbach, L., Schneider, J., Sachs, T., Giebels, M., & Nyk, H. (2007). *Biogeosciences* CO<sub>2</sub> flux determination by closed-chamber methods can be seriously biased by inappropriate application of linear regression, 1005-1025.
- Leffertstra, H & Fjeldal, P. 2010. Klimakur 2020 - Sektorrapport jordbruk. Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser. Klima- og forurensningsdirektoratet. 65 s.
- Maljanen, M., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Alm, J., Minkkinen, K., Laine, J. & Martikainen, P.J. 2007. Greenhouse gas emissions from cultivated and abandoned organic croplands in Finland. *Boreal Environmental Research*, 12, 133-140.
- Maljanen, M., Hytönen, J., Mäkiranta, P., Laine, J., Minkkinen, K. & Martikainen, P.J. 2013. Atmospheric impact of abandoned agricultural soils depends on hydrological conditions. *Boreal Environmental Research* 18. ISSN 1239-6095 (print) ISSN 1797-2469 (online).
- Meteorologisk institutt. E-klima.  
[http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- Moore, T. R., & Knowles, R. (1989). THE INFLUENCE OF WATER TABLE LEVELS ON METHANE AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM PEATLAND SOILS. *Canadian Journal of Soil Science*, 38, 33-38.)
- Waddington JM, Roulet NT, Swanson RV. 1996. Water table control of CH<sub>4</sub> emission enhancement by vascular plants in boreal peatlands. *J Geophys Res-Atm* 101:22775-85.
- Saarnio, S., M. Morero, N. J. Shurpali, E. S. Tuittila, M. Mäkilä, & J. Alm (2007). Annual CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes of pristine boreal mires as a background for the lifecycle analyses of peat energy. *Boreal Environ. Res.* 12, 101-113.
- Schrier-Uijl, A.P., Kroon, P.S., Hendriks, D.M.D., Hensen, A., Van Huissteden, J.C., Leffelaar, P.A., Berendse, F. & Veenendaal, E.M. 2013. Agricultural peat land; towards a greenhouse gas sink - a synthesis of a Dutch landscape study. *Biogeosciences* Discuss, 10, 9697-9738.

Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko, 2007: Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter8.pdf>

Waddington JM, Roulet NT, Swanson RV. 1996. Water table control of CH<sub>4</sub> emission enhancement by vascular plants in boreal peatlands. *J Geophys Res-Atm* 101:22775-85.