

INNHERRED RENOVASJON

## STADFESTING AV DEPONIGASSEMISSJON OG FORSLAG TIL TILTAK PÅ SKJØRDALEN DEPONI

ARBEIDER MAI-SEPTEMBER 2020

ADRESSE COWI AS

Otto Nielsens veg 12  
Postboks 4220 Torgard  
7436 Trondheim

TLF +47 02694

WWW [cowi.no](http://cowi.no)



**INNHOOLD**

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Totalemisjon</b>	<b>4</b>
2.1	Data om målingene	4
2.2	Gjennomføring	5
2.3	Klimadata totalemisjon	6
2.4	Beregninger av emisjon	7
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>9</b>
3.1	CH <sub>4</sub> fluksmålinger	9
3.2	CO <sub>2</sub> fluksmålinger	10
3.3	Sammenheng CH <sub>4</sub> / CO <sub>2</sub>	11
3.4	Hovedtall	13
3.5	Sammenlikning med andre deponier	13
<b>4</b>	<b>Vurderinger av totalemisjon og veien videre</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Kartlegging av felter med ekstra stor CH<sub>4</sub> – emisjon</b>	<b>16</b>
5.1	Klimadata	17
5.2	Resultater	17
<b>6</b>	<b>Tiltak</b>	<b>20</b>
6.1	Oppsett av tester av ny overdekking	21
6.2	Gjennomføring av undersøkelser	24
6.3	Resultater	25
6.4	Diskusjon om veien videre	31
6.5	Utforming av kompostoverdekking	31
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Tabeller og detaljerte resultater</b>	<b>33</b>
8.1	Generelle opplysninger 1. test ny overdekking	33
8.2	Generelle opplysninger 2. test ny overdekking	34
8.3	Resultater	35

## 1 Innledning

For å undersøke hvilke muligheter man har for å håndtere deponigassen er det foretatt målinger av overflateemisjon av deponigass fra Skjørdalen deponi.

Arbeidet er foretatt i to omganger. Først ble det gjennomført måling av totalemisjonen fra deponiet med en dynamisk fluksboks. Det ble målt på totalt 117 punkter på deponiet i et rutemønster med ca. 22 m mellom hvert punkt. I tillegg til grunnlag for utredning av totalemisjonen ga undersøkelsene god indikasjon på hvor på deponiet det var ekstra store utslipp.

På bakgrunn av fluksboksmålingene ble det konkludert med at det totale utslippet fra deponiet var så lavt at det ikke er nødvendig med omfattende tiltak for å kontrollere utslippet fra deponiet. I stedet for å utrede muligheten for oksidasjonsvinduer ble det i stedet skiftet fokus mot å lokalisere feltene med det høyeste utslippet, slik at disse kan dekkes til best mulig.

To uker etter første måling ble det gjort en ny kartlegging av overflateemisjonen. Det ble da gjort 434 registreringer fokusert på områder med ekstra store utslipp identifisert under kartleggingen av totalemisjonen. Målet med kartleggingen var å mest mulig nøyaktig fastslå hvor det var utslipp og hvor det skal legges ny overdekking.

Kartleggingen av de høyeste utslippene er vist i kapittel 5 og skal brukes som en oppskrift på hvor det skal legges ut nye masser.

## 2 Totalemisjon

### 2.1 Data om målingene

Tidspunkt	27.05.2020		
Gjennomført av	Marius Johansen		
Betegnelse sniffer	GMI GT-43		
Betegnelse gassmåler	Geotech Biogas 5000 (ikke brukt denne gang)		
Betegnelse CO <sub>2</sub> -måler	Kimo AQ 200		
Betegnelse H <sub>2</sub> S-måler	GMI GT-43		
<b>Observasjon</b>	Observasjon	Kommentar	
Generell beskrivelse av vær (1)	Overskyet.		
Lufttemperatur	9-15 ° C		
Dager siden siste regnfall	?	Egge i Steinkjer: 0,1 mm kl 17 og 0,6 mm mellom kl 17 og kl 01:00 27.05. 0,1mm kl 06:00 på morgenen. Ikke observert nedbør eller fuktighet på stedet. Tviler på at det var nedbør i Skjørdalen. Tørt på bakken.	
			Tidspunkt, måling
Utvikling lufttrykk siste 48 t (2)	Mellom 1,2 og -3,3 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 24 t (2)	-2 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 12 t (2)	1 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 6 t (2)	0 til 1 mbar		
(1) Av og til svak vind fra nord øst. Ellers vindstille.			
(2) Hvis det ikke er måler på stedet så bruk utvikling i måledata fra nærmeste målestasjon (Egge stasjon)			

## 2.2 Gjennomføring

Målingene ble gjort i løpet av en utvidet arbeidsdag.

Deponiet ble traversert og det ble gjort måling hver 22 meter. Det ble benyttet kompass for å holde en mest mulig rett linje mellom punktene. Der det ikke var mulig å gjennomføre måling, ble det tatt måling nærmest mulig. Enkelte steder (spesielt i den aktive delen av deponiet) måtte man gi opp prøvetakingen på grunn av manglende tilgjengelighet. Punktene som ligger til nord og vest for deponiet er steder hvor det ble målt på tilsvarende underlag/vegetasjon uten at det var deponi under. Dette for å få korrekt inntrykk av bakgrunnskonsentrasjoner av gass.

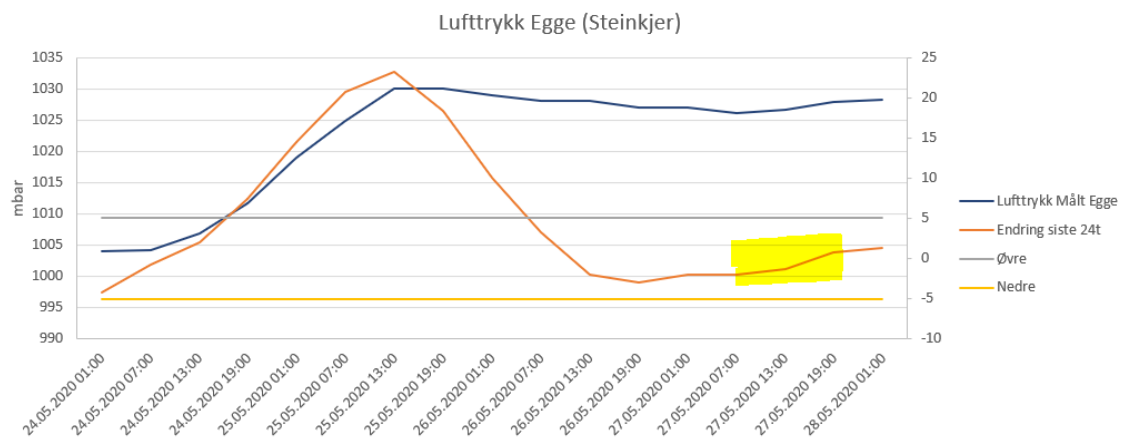
I tillegg til arbeidet med måling av totalemisjonen ble det også etablert 3 faste prøvepunkter. P1 på vestsiden av deponiet. P2 på nordspissen og P3 på østsiden. Prøvepunktene ble etablert på punkter hvor vi registrerte spesielt høye konsentrasjoner metan. Hvert punkt er en flate på ca. 1,5m \* 1,5 m. Innenfor denne flaten blir det målt 9 steder. På denne måten ble det målt veldig nøyaktig hva totalemisjonen er på dette stedet. Punktene er markert med bambuspinner malt med fluoriserende maling.



Figur 1 Målepunkter emisjonsmåling mai 2020

### 2.3 Klimadata totalemisjon

Klimadata er hentet fra [senorge.no](https://senorge.no). Trykket varierte som vist på Figur 2. Målingene ble utført den 27.05 fra kl. 10 på morgenen til kl. 21 på kvelden

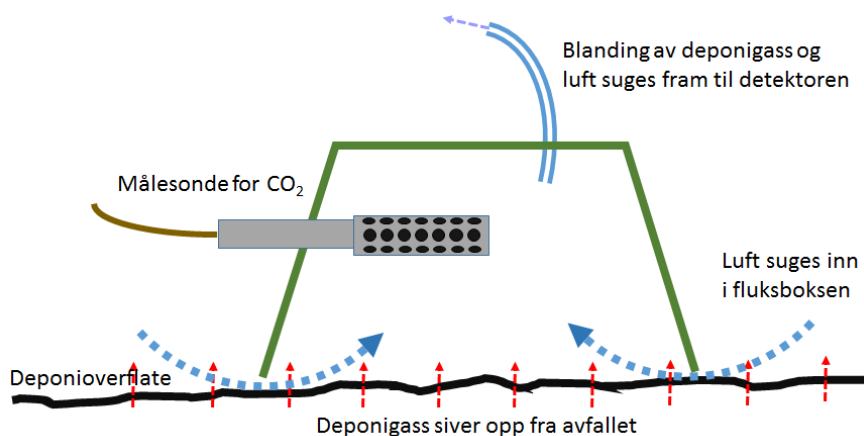


Figur 2 Trykkforhold før og under måling. Det gule feltet på grafen viser når målingene ble utført

## 2.4 Beregninger av emisjon

Til beregning av total emisjon fra overflaten brukes et fluksboks-prinsipp hvor det måles samtidig på  $\text{CH}_4$  og  $\text{CO}_2$ . Prøve trekkes fra deponioverflaten via en plastboks (fluksboksen) som er koblet til en slange. Boksen, som kan være en isboks e.l. med innborede hull med passe størrelse, plasseres på underlaget, og gass suges fra boksen og fram til måleinstrumentet. Gassen suges inn med en viss hastighet som er mye mer enn gass-strømmen ut av deponioverflaten eller filteroverflaten. Det en måler er altså gasskonsentrasjonen i fortynnet gass i ppm-området, og ut fra konsentrasjoner, gasshastighet og arealet på boksen kan en beregne mengde gass ut fra overflaten per arealenhet.

Det finnes ingen kjente måleinstrumenter som måler både metan ( $\text{CH}_4$ ) og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) i ppm-området, så COWI har tilpasset teknikken med å bruke  $\text{CH}_4$ -måler med pumpe og en passiv  $\text{CO}_2$ -måler med sonden inne i fluksboksen, se Figur 3 under.



Figur 3 Prinsipp for emisjonsmåling utviklet av COWI.

Figur 4 under viser COWI sitt opplegg, med fluksboks (isboks), sniffer med slange inn i boksen fra toppen, og  $\text{CO}_2$ -måler med sonden inn gjennom hull på siden.



*Figur 4 Måleutstyr for emisjon: fluksboks (isboks), sniffer med slange inn i boksen fra toppen, og CO<sub>2</sub>-måler med sonden inn gjennom hull på siden. (Bildet er fra et annet prosjekt)*

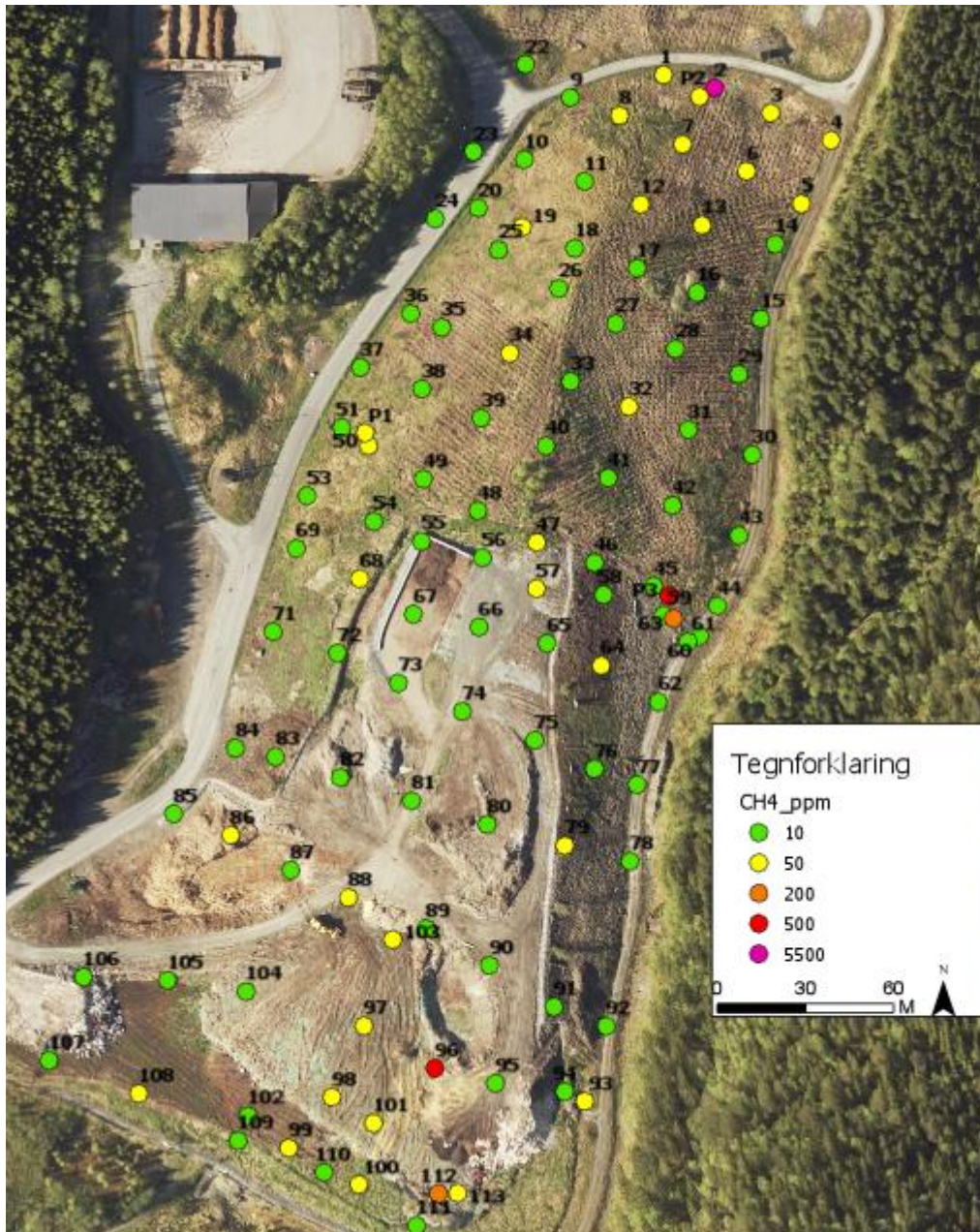
Boksen har grunnflate på 18,5 x 18,5 cm. Arealet blir derved 0,034 m<sup>2</sup>. Gass-strøm over flaten i bunn av fluksboksen: 21,5 l/t/0,0342 = 628 l gass/(m<sup>2</sup> \* t). 1 ppm metan eller karbondioksid i gassen tilsvarer derved 0,000628 l/time pr. m<sup>2</sup> fyllingsoverflate.

Ved emisjonsmålingene på deponioverflaten foretas et stort antall enkeltmålinger. Målingene av CO<sub>2</sub> må korrigeres for bakgrunnsnivået av CO<sub>2</sub> i luft. Denne måles flere ganger i løpet av måleperioden. Korreksjonen gjøres ved å lage en kurve basert på luftmålingene og trekke fra verdien for hvert enkelt målepunkt, evt. ved at det gjøres matematisk. Det er vanlig at det er lokale variasjoner i CO<sub>2</sub>-innholdet, så det kan være punkter hvor en får negativ CO<sub>2</sub>-konsentrasjon ved korrigeringen. Disse settes til null.



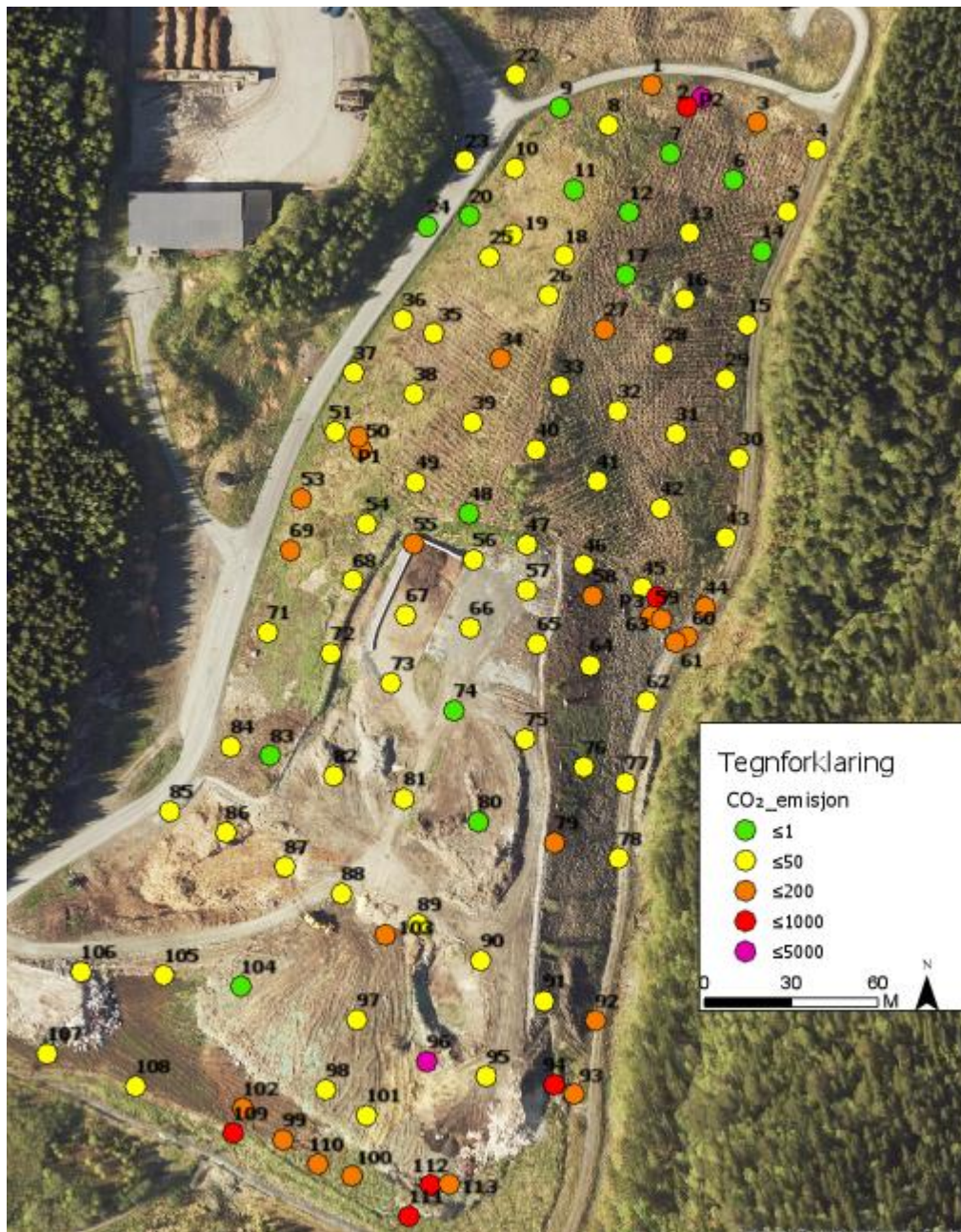
### 3 Resultater

#### 3.1 CH<sub>4</sub> fluksmålinger



Figur 5 Målte konsentrasjoner av emisjoner av CH<sub>4</sub> fra overflaten 27.05.2020. Skalaen i ppm er vist til høyre i figuren. Kart fremstilt i ArcGIS Pro.

3.2 CO<sub>2</sub> fluksmålinger



Figur 6 Målte konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> 27.05.2020. Konsentrasjonene er fratrukket bakgrunnskonsentrasjonen på måletidspunktet.

### 3.3 Sammenheng CH<sub>4</sub> / CO<sub>2</sub>

I Figur 7 viser vi forholdstallet CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>. Dette forholdstallet kan fortelle oss om det skjer en oksidering av metanen i deponigassen.

Deponigass opptrer normalt i forholdet 60 % CH<sub>4</sub> og 40 % CO<sub>2</sub> nede i deponiet. Det vil si at i ren deponigass vil vi ha et forholdstall på 1,5 mellom CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub>. Et lavere forholdstall vil tyde på at det foregår oksidasjon i overflaten, mens et høyere vil tyde på at det på at det bindes CO<sub>2</sub> i deponiet.

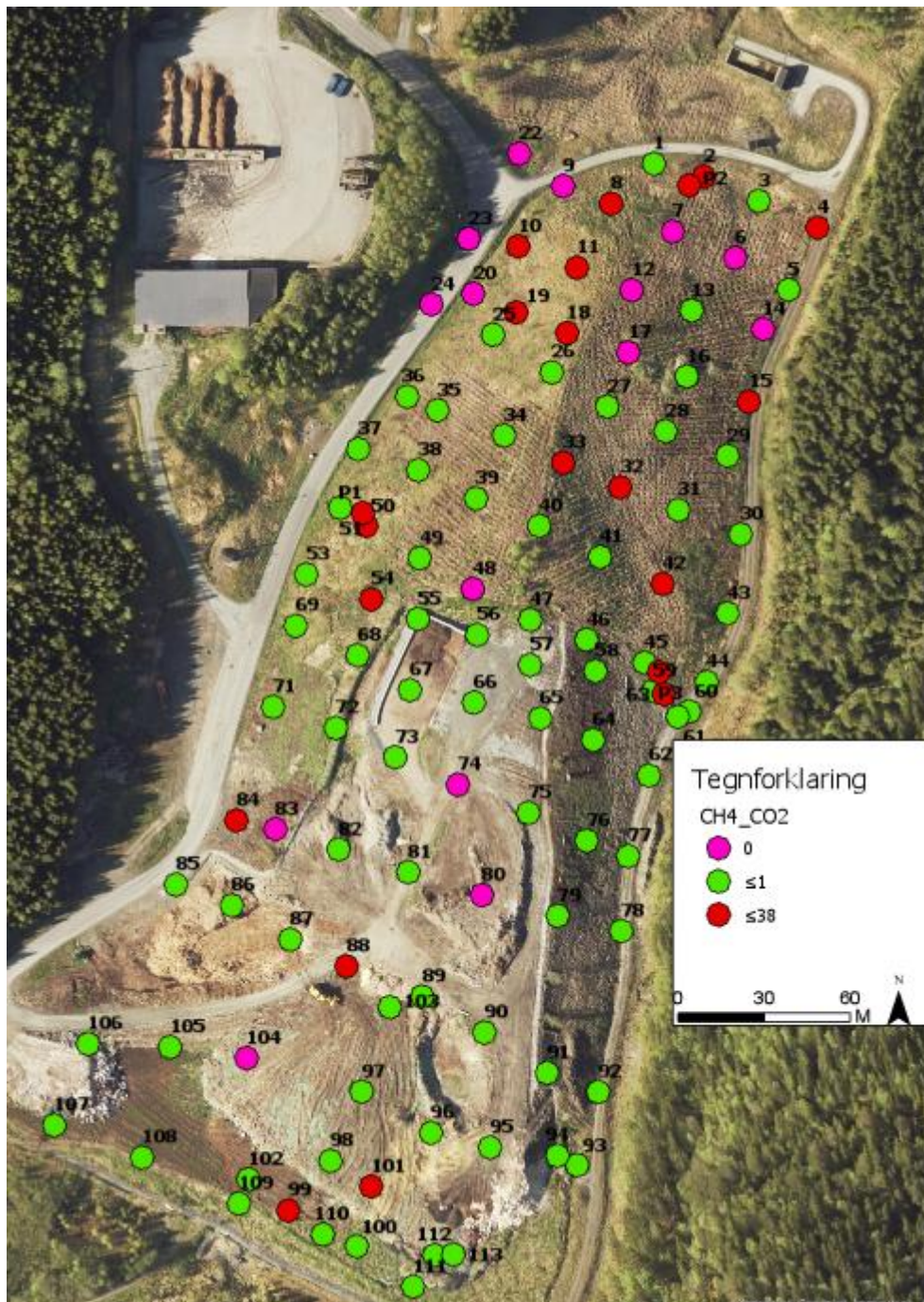
Flere steder registrerte vi lavere emisjon av CO<sub>2</sub> enn bakgrunnskonsentrasjonen. Disse punktene har vi satt til 0, og er merket med rosa i figuren.

CO<sub>2</sub>-sensoren brukt til disse fluksmålingene måler en maksimumskonsentrasjon på 5000 ppm. Noen steder med ekstra høyt utslipp av deponigass fikk vi maksimalt utslag på CO<sub>2</sub>, Dette kan ha resultert i at det har blitt et for høyt forholdstall på dette punktet. Et eksempel på dette er punkt 2 helt nord på deponiet. Dette spiller i denne sammenhengen likevel liten rolle, da vi uansett gjør tiltak på punktene med høye utslipp.

Forholdstallet er viktigere for "gjennomsnittspunktene" her.

Forholdstall lavere eller lik 1 er merket grønn og over 1 er merket røde. Med denne grove inndelingen så får vi en følelse av hvor det foregår oksidering i overflaten, og hvor dette ikke fungerer så bra.

Figuren viser at det helt klart er en klynge med høyt forholdstall nord på deponiet. Særlig ved der vi etablerte P2. Øvrige punkter er noe spredt, men vi ser det også er punkter med høyt forholdstall både på selve prøvepunktene P1-P3 og flere punkter rundt prøvepunktene. P1, P2 og P3 ble etablert



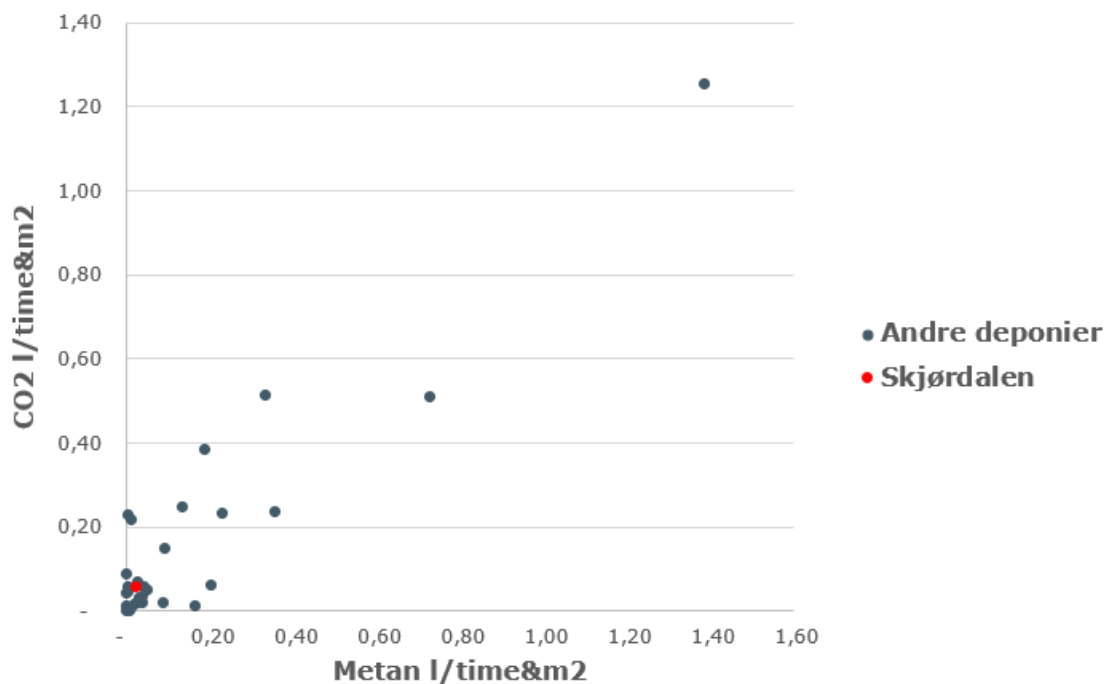
Figur 7 Forholdstall CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> 27.05.2020

### 3.4 Hovedtall

Tabell 1 Nøkkeltall for målinger av diffuse emisjoner.

	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> +CO <sub>2</sub>	Forhold CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>
Gjennomsnittlige konsentrasjoner (ppm) og forhold	33,6	95,0	128,6	0,4
Middels emisjon i l/time per m <sup>2</sup> deponioverflate	0,02	0,06	0,08	
Emisjon i m <sup>3</sup> /time fra deponioverflate (55 613 m <sup>2</sup> )	1,2	3,3	4,5	

### 3.5 Sammenlikning med andre deponier

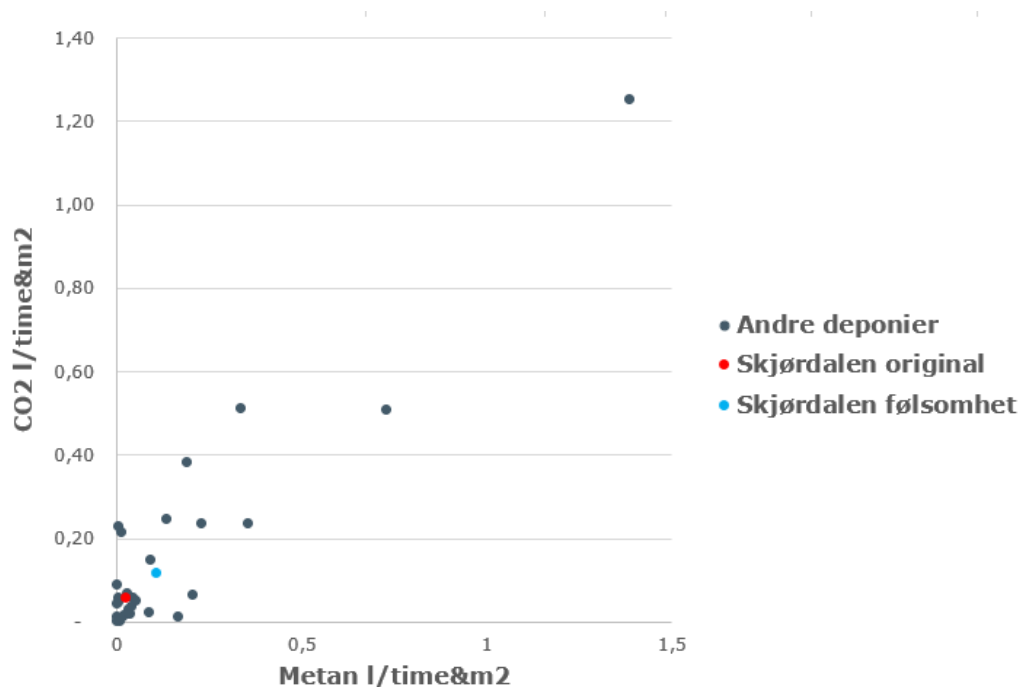


Figur 8 Sammenlikning av fluks med resultater fra andre deponier

Fra Figur 8 ser vi at utslippene fra Skjördalen deponi ligger relativt lavt sammenliknet med andre deponier. Utslippene ligger på nivå med mindre, og grunnere deponier. Som en kvalitetssikring av sammenlikningen har vi gjort en følsomhetsberegning av dette resultatet. Dette har vi gjort ved å justere opp arealet for prøvepunktene P1, P2 og P3 (se kapittel 2.2 og kapittel 6 for å lese mer om prøvepunktene). Prøvepunktene representerer i virkeligheten ca 2,3 m<sup>2</sup> hver. Plasseringen av prøvepunktene ble valgt ut fra at dette var punkter med ekstra høye utslipp. I følsomhetsberegningen har vi latt disse punktene representere areal på hele 1000 m<sup>2</sup> hver.

Resultatet fra denne testen var at beregnet total emisjon av metan fra hele overflaten økte fra 1,2 m<sup>3</sup>/time til 5,8 m<sup>3</sup>/t hvis vi lot prøvepunktene representere 1000 m<sup>2</sup> hver. Altså økte utslippet med ca. 5 ganger. Likevel er vi fortsatt innenfor det som det forventes at én enkelt gassbrønn

forventes å levere til et gassanlegg. Dette er vist i Figur 9. Først når utslippene fra prøvepunktene tillegges et areal 500 ganger sitt originale areal havner totalutslippet i størrelsesordenen til andre deponier i samme klasse som Skjørdalen. Vi kan dermed konkludere med at resultatet som viser at det er lav totalemisjon fra Skjørdalen deponi holder vann, og at vi ikke tilfeldigvis har unngått alle områdene med høyest utslipp



Figur 9 Test av følsomheten til resultatene.

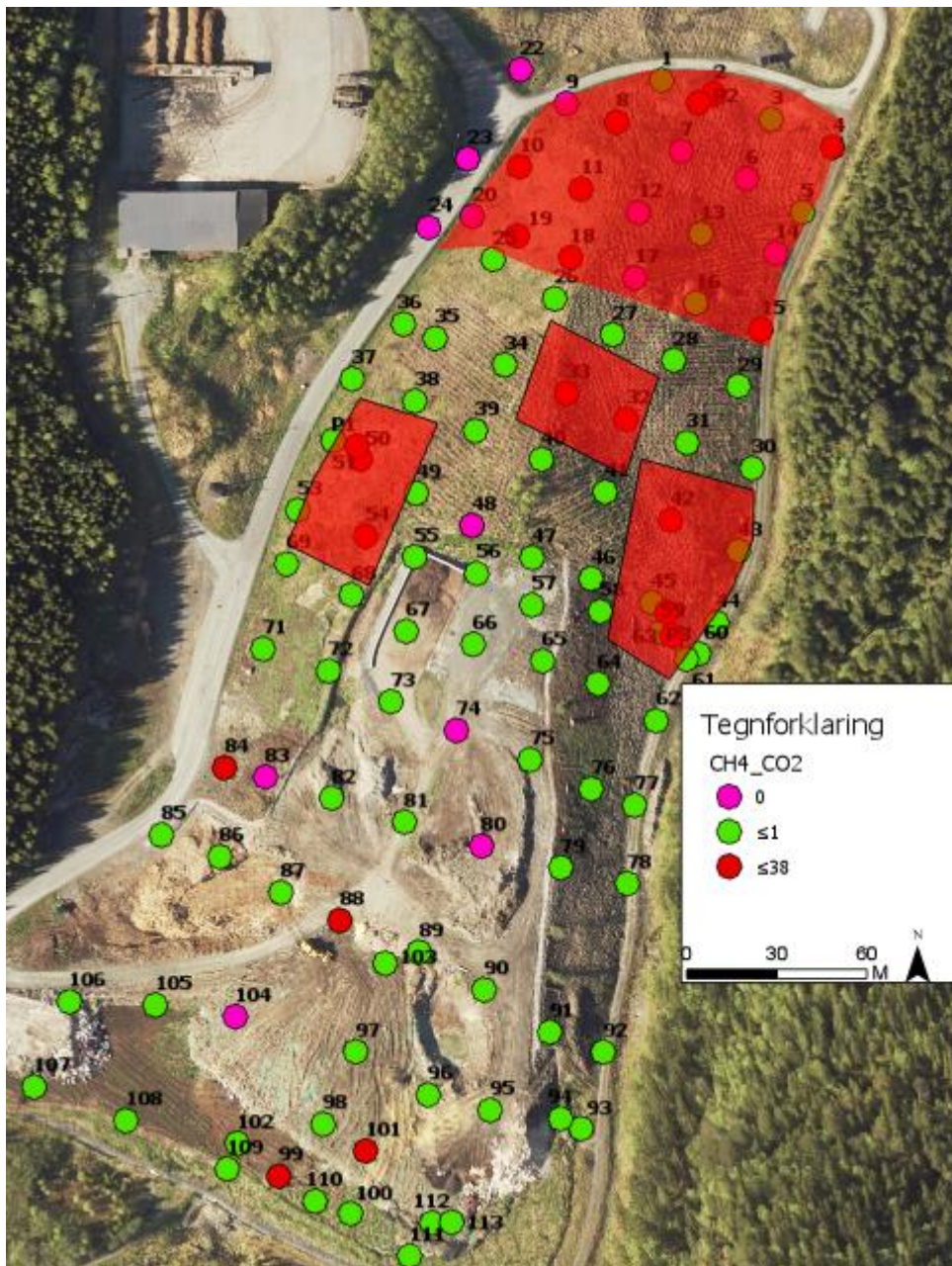
## 4 Vurderinger av totalemisjon og veien videre

Basert på målingene som er gjort har vi kommet fram til at de totale utslippene fra overflaten av deponiet er så små at det er mere hensiktsmessig å gjøre andre tiltak enn å etablere oksidasjonsvinduer slik det opprinnelig var tenkt.

I stedet foreslås tiltak på akkurat de områdene hvor vi ser det er noe høyere utslipp i dag. Dette er områdene det er prøvepunkter på. P1, P2 og P3 (se kap 6).

I disse områdene er det enkelte steder dårlig etablert vegetasjon, og det er kort vei ned til veldig leirholdig jord. Alle steder vokste det mye mose, til forskjell fra øvrige områder på deponioverflaten hvor det vokste tykt gress.

For å planlegge lokale tiltak ble det bestemt å foreta en mere nøye kartlegging av områdene med høyest emisjon. Dette er omtalt i kapittel 5.



Figur 10 Kartleggingen av totalemisjon 27.05.2020 konkluderte med ytterligere kartlegging av områdene merket i rødt

## 5 Kartlegging av felter med ekstra stor CH<sub>4</sub> – emisjon

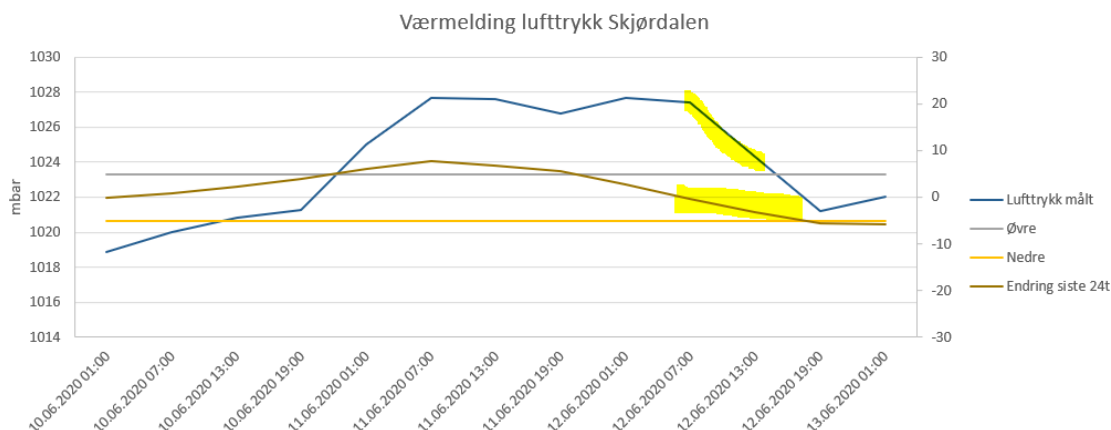
12. juni ble det foretatt en ny runde med målinger på deponiet. Målet da var å søke etter metanlekkasjer fra overflaten av deponiet, og kartlegge mest mulig nøyaktig felter hvor det kan være hensiktsmessig å legge ut ny overdekking.

Tidspunkt	12.06.2020 fra 09:00 til 18:30		
Gjennomført av	Marius Johansen		
Betegnelse sniffer	GMI GT-43		
Betegnelse gassmåler	Geotech Biogas 5000 (ikke brukt denne gang)		
Betegnelse CO <sub>2</sub> -måler	Kimo AQ 200 (kun brukt til måling av P1, P2 og P3)		
Betegnelse H <sub>2</sub> S-måler	GMI GT-43 (ikke registrert)		
<b>Observasjon</b>	Observasjon	Kommentar	
Generell beskrivelse av vær (1)	Overskyet.		
Lufttemperatur	22-27 ° C		
Dager siden siste regnfall	4	6-8 mm nedbør mellom 6. og 8. juni	
			Tidspunkt, måling
Utvikling lufttrykk siste 48 t (2)	Mellom +7,4 og +3,5 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 24 t (2)	Mellom -0,3 og -3,3 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 12 t (2)	Mellom + 0,6 mbar og -3,5 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 6 t (2)	Mellom -0,3 og -3,1 mbar		
(1) Vindstille.			
Målestasjon: Egge Steinkjer			



## 5.1 Klimadata

Klimadata er hentet fra senorge.no. Trykket varierte som vist på Figur 11. Målingene ble utført den 12.06. Fra kl. 0900 på morgenen til kl. 1830 på kvelden



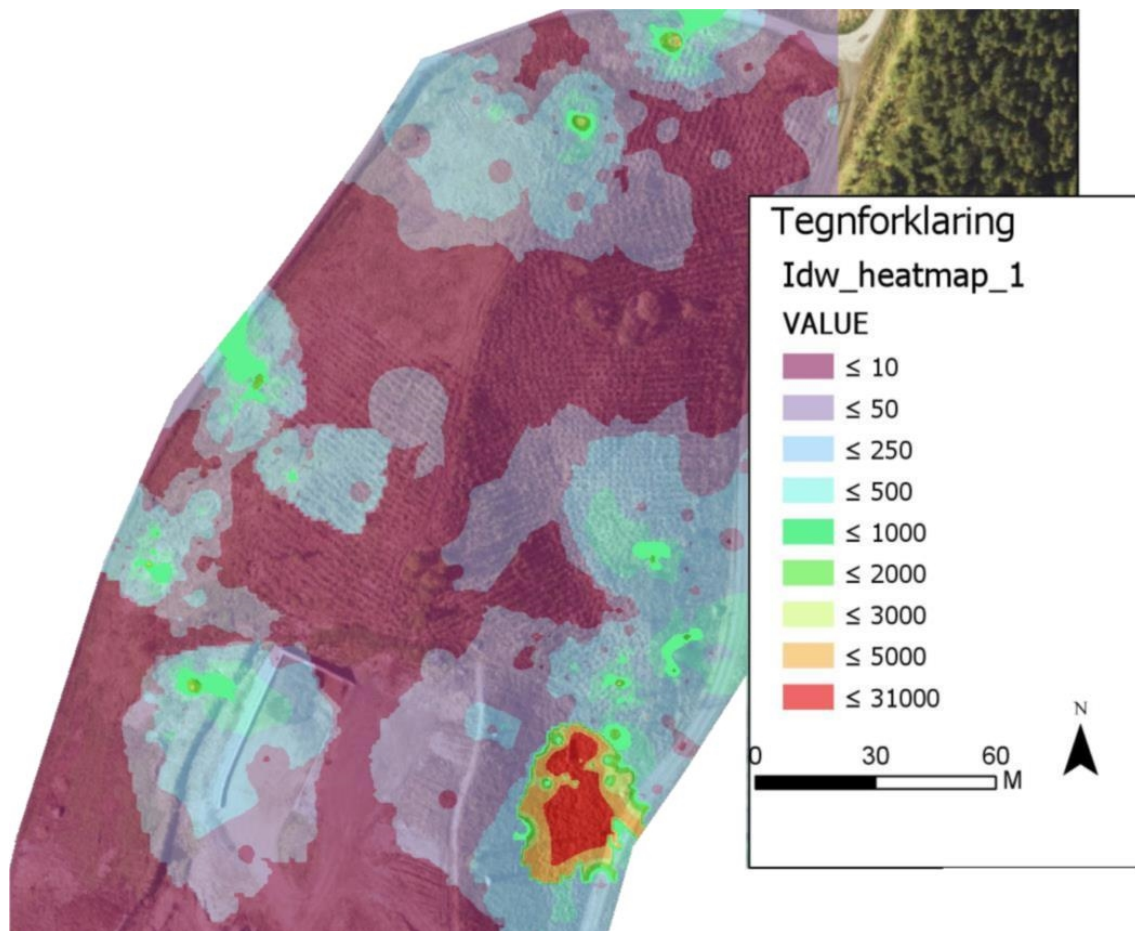
Figur 11 Trykkforhold før og under måling. Det gule feltet på grafen viser når målingene ble utført. Lufttrykksregistreringen er fra Egge i Steinkjer. "Øvre" og "nedre" her er grensene vi har satt for akseptabel lufttrykksendring for målingene

## 5.2 Resultater

Områdene som skulle kartlegges er vist i Figur 10. Totalt ble det logget gasskonsentrasjoner i 468 punkter innenfor områdene som skulle kartlegges.

For et bedre oversiktsbilde av utslippene har vi laget et fargekart hvor det er interpolert mellom resultatene fra målepunktene. For å få med mest mulig målepunkter så har vi her valgt å også inkludere konsentrasjonene vi registrerte ved målingen av totalemisjon den 27. mai.

Det kan argumenteres med at dette kan være noe misvisende, da flere av de registrerte punktene må sies å være mindre punktutslipp med høye konsentrasjoner. Slike enkeltpunkter vil dog ikke ses særlig godt i denne oversikten, med mindre de også har andre slike punkter rundt seg.



Figur 12 Kart hvor det er interpolert mellom registrerte målinger av metan 27.05. og 12.06.2020

Figuren viser hvordan det er tre felter hvor det kan settes inn tiltak for å bedre overdekkingen.

Dette kommer enda bedre fram hvis vi velger oss kun to kategorier i fargeskalaen. Skillet her er satt over/under 100 ppm.



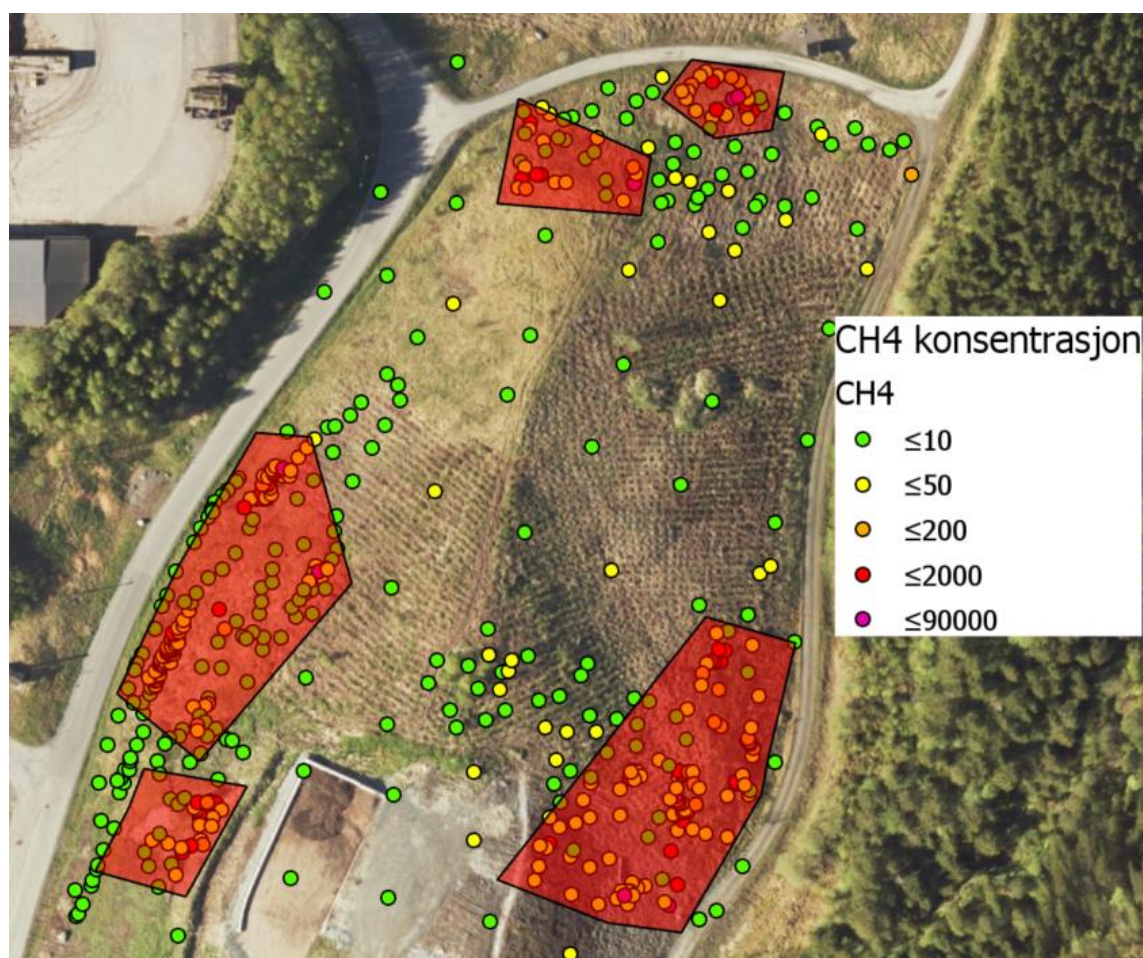
*Figur 13 Kart som viser konsentrasjoner av metan 27.05. og 12.06.2020*

Som tidligere nevnt skiller disse feltene seg ut med tynnere overdekking, lite gress og grønt, og mose som ligger over et leirlag. Kun feltet rett vest for slamoppsamlingen manglet mose, og var i stedet preget av manglende vegetasjon overhodet.

## 6 Tiltak

I kartleggingen av metankonsentrasjonen ble det registrert metankonsentrasjon på et stort antall punkter. Dette ble gjort for å fastslå med mest mulig nøyaktighet hvor store felter man burde gjøre tiltak på.

Registreringene viste at det gjerne var små klynger av punkter som lå nær hverandre. Området for tiltak på nordspissen av deponiet viste seg å være mindre enn først antatt. Men områdene på vestsiden og østsiden viste seg å være noe større enn først antatt. Feltene på nordsiden er på til sammen ca. 900 m<sup>2</sup>. Feltet på østsiden er ca. 2 mål. Mens feltene på vestsiden er på tilsammen 5,2 mål.



Figur 14 Foreslåtte tiltaksområder

Områdene med forhøyede metankonsentrasjoner er rimelig nøye fastslått og avgrenset med omkringliggende målinger. Det kan således argumenteres med at områdene som det legges ny tildekking på kan begrenses til akkurat der det er registrert utslipp. Baksiden med en slik strategi vil være at kan etter hvert kan finne nye lekkasjer like ved, eller mellom to punkter man tidligere har tildekket. Tanken er derfor å få en mest mulig sammenhengende flate med ny tildekking, uten at man dekker til unødige store områder.

## 6.1 Oppsett av tester av ny overdekking

I forbindelse med målingene 27.05.20 ble det satt opp tre prøvefelt, P1, P2 og P3. Dette er områder det ble påvist høye konsentrasjoner i utgangspunktet.



Figur 15 Plassering av P1, P2 og P3.

I utgangspunktet var prøvepunktene tenkt for å overvåke effekten av planlagt løsning med oksidasjonsvinduer. Nå som det i stedet blir forsøkt med ny overdekking blir punktene i stedet brukt til å teste hvor godt kompostjorden fungerer som oksidasjonslag.

På hvert punkt ble det avmerket et område på ca 1,5 m \* 1,5 m. Innenfor dette området ble det utført målinger på 9 steder i et rutemønster. På de 9 stedene i prøvepunktet ble det målt med fluksboks i overflaten, samt at det ble målt med "minibrønner" ca 10cm og 30-40 cm dypt i komposten.

Alt arbeidet her ble foretatt i skråning. Det var derfor naturlig at punktene ble benevnt med øverst, midten og nederst vertikalt, og venstre, midten og høyre horisontalt. "ØV" betyr da "øverst til venstre". "NH" betyr "nederst til høyre".

ØV	ØM	ØH
MV	MM	MH
NV	NM	NH

Prøvepunktene ble avmerket med bambusstokker malt med fluoriserende rødfarge.

Figur 16, Figur 17 og Figur 18 viser prøvepunktene.



*Figur 16 P1*



*Figur 17 P2*



*Figur 18 P3*

Den 25.06.20 ble det lagt ut et ca. 30- 40 cm tykt lag med kompostjord over prøvepunktene. Kompostjorden ble også lagt minimum 3-4 meter utenfor prøvepunktene.



*Figur 19 Prøvepunkt P1 med kompostjorde*



*Figur 20 Prøvepunkt P2 med kompostjord over utslippspunktet*

Effekten av kompostmassene har blitt undersøkt i to runder. Første runde med testing av effekten av tildekkingen med kompostjord ble utført 03.07.2020. Dette var 8 dager etter at punktene ble tildekket med kompostmasse. Fra litteraturen finner vi at det på dette tidspunktet skal være dannet metanoksiderende bakterier, men at disse vil først være fullt utbredt etter 6 til 10 uker (Rozeji & Stepniewski, 2008). Denne målingen var altså litt tidlig. Håpet var å likevel få noe informasjon om tiltaket hadde ønsket effekt eller ikke. Andre runde med undersøkelser ble utført 29.09.20. Ganske kort etter den første undersøkelsen ble det lagt på litt mere kompost over prøvepunkt P3.

Retten i etterkant av undersøkelsene 03.07.20 ble det etablert et testområde for kompostjorda utenfor selve deponiområdet. Hensikten med dette var å få oversikt over CO<sub>2</sub>- og CH<sub>4</sub>-produksjon i selve kompostjorda. Dette for å kunne fastslå hvor stor gassmengde som kommer fra selve deponiet. Testområdet er vist i Figur 21



*Figur 21 Testområde for kompost*

## 6.2 Gjennomføring av undersøkelser

Undersøkelsene ble gjennomført ved at det ble utført måling med dynamisk fluksboksteknikk på 9 punkter innenfor definerte områder for P1, P2 og P3. Dette er felter på ca. 1,5m \* 1,5 m som er markert med stolper med fluoriserende maling. Målingene ble utført på mest mulig samme plassering som de to tidligere målingene.

Da kompostjorden er myk og synker sammen når vi går på den ble det forsøkt etter beste evne å unngå å trække nærme fluksboksen ved måling. Dette for å unngå å "presse" gass opp under målingen.

Så snart måling på ett av punktene innenfor det definerte området ble ferdigstilt ble det satt ned et ca. 40 cm rør i kompostjorden. Røret er perforert på nederste 5 cm. røret ble deretter koblet på gassmålingsinstrument slik at vi målte gass-sammensetningen på ca 40 cm dybde i filtermassen. Etter at stabil avlesning 40 cm dybde var registrert ble røret flyttet slik at det ble målt på ca10 cm dybde i stedet. Det ble da ikke målt i samme hullet. Røret ble heller stukket inn i komposten på nytt sted ved siden av. Dette for å unngå å trekke gass fra hullet ned til 40 cm.

Samtidig som det ble målt gass ble det også målt temperatur i kompostjorda. Ved målingene i juli ble det ved avslutning av målingene på et prøvepunkt også målt temperatur i kompostjorda som lå utenfor prøvepunktene. Ved målingen i september ble det i stedet registrert temperatur i testområdet som ligger utenfor selve deponiflaten.

### 6.2.1 utfordringer ved målingene

Ved målingene 03.07.20 hadde vi følgende utfordringer:

- Da 3 av 9 punkter i P3 var unnagjort kom det et massivt skybrudd og avbrøt målingene. Målingen ble tatt opp igjen etter ca. 30 minutter. Kompostjorda virket fortsatt porøs, og det virket ikke som om permeabiliteten til massene skulle være påvirket av nedbøren.
- På P1 ble det ved en feiltakelse kun målt CH<sub>4</sub> i dybden på kompostjorda.

Ved målingene 29.09.20 hadde vi følgende utfordringer:

- På testområdet for kompost ble det avglemt måling i dybden på 4 av 9 punkter



### 6.3 Resultater

Tabell 2 Gjennomsnittresultat fra prøvepunkter 25.mai.2020

	CH4	CO <sub>2</sub>	CH4+CO <sub>2</sub>	Forhold CH4/CO <sub>2</sub>
Konsentrasjoner og forhold, ppm	671,3	296,4	967,8	2,3
l/time per m2 deponioverflate	0,42	0,19	0,61	
Emisjon i L/time fra deponioverflate (9 m2)	3,8	1,7	5,5	

Tabell 3 Gjennomsnittresultat fra prøvepunkter 12. juni 2020

	CH4	CO <sub>2</sub>	CH4+CO <sub>2</sub>	Forhold CH4/CO <sub>2</sub>
Konsentrasjoner og forhold, ppm	1846,3	854,8	2701,1	2,2
l/time per m2 deponioverflate	1,16	0,54	1,70	
Emisjon i L/time fra deponioverflate (9 m2)	10,4	4,8	15,3	

Tabell 4 Gjennomsnittresultater fra prøvepunkter 3.juli 2020

	CH4	CO <sub>2</sub>	CH4+CO <sub>2</sub>	Forhold CH4/CO <sub>2</sub>
Konsentrasjoner og forhold, ppm	606	4134	4740	0,1
l/time per m2 deponioverflate	0,38	2,60	2,98	
Emisjon i L/time fra deponioverflate (9 m2)	3,4	23,4	26,8	

Tabell 5 Gjennomsnittresultater fra prøvepunkter 29.september 2020

Gjennomsnitt alle punktene sept	CH4	CO <sub>2</sub>	CH4+CO <sub>2</sub>	Forhold CH4/CO <sub>2</sub>
Konsentrasjoner og forhold	830	1509	2340	0,6
l/time per m2 deponioverflate	0,52	0,95	1,47	
Emisjon i L/time fra deponioverflate (9 m2)	4,7	8,5	13,2	

Tabell 2, Tabell 3, Tabell 4 og Tabell 5 viser at det er et markant skifte fra målingene i mai og juni til målingen i juli og september. Dette gjelder særlig for sammensetningen på gassen. Det er en markant nedgang i CH<sub>4</sub>-konsentrasjon fra juni til juli, men ikke mye fra mai til juli. Den største endringen er økningen i CO<sub>2</sub> fra punktene. For kontrollere for at dette ikke kommer fra fortsatt foregår nedbryting i kompostjord er det i resultatene for juli og september fratrukket gjennomsnittlig CO<sub>2</sub>-konsentrasjon registrert på testområdet.

Videre har vi også tatt temperaturmålinger nede i kompostjord på prøvepunktene samtidig som målingene pågikk.(se Tabell 9, Tabell 11 og Tabell 12).

Ved undersøkelsen i juli ble det ved avslutning ved hvert punkt ble det også foretatt måling av temperatur nede kompostjord som ligger rundt punktene. I september ble det målt temperatur i kompostjord på testområdet

Resultatet fra disse undersøkelsene av temperatur viste at det var markant høyere temperatur i prøvepunktene sammenliknet med området rundt prøvepunktene. Mens gjennomsnittstemperaturen for prøvepunktene i P2 var 46,2 grader, ble det målt mellom 22 og 38 grader i en ring rundt P2. Flesteparten av målingene lå på ca 25-29 grader.

I september målte vi disse snitt-temperaturene på 40 cm dybde:

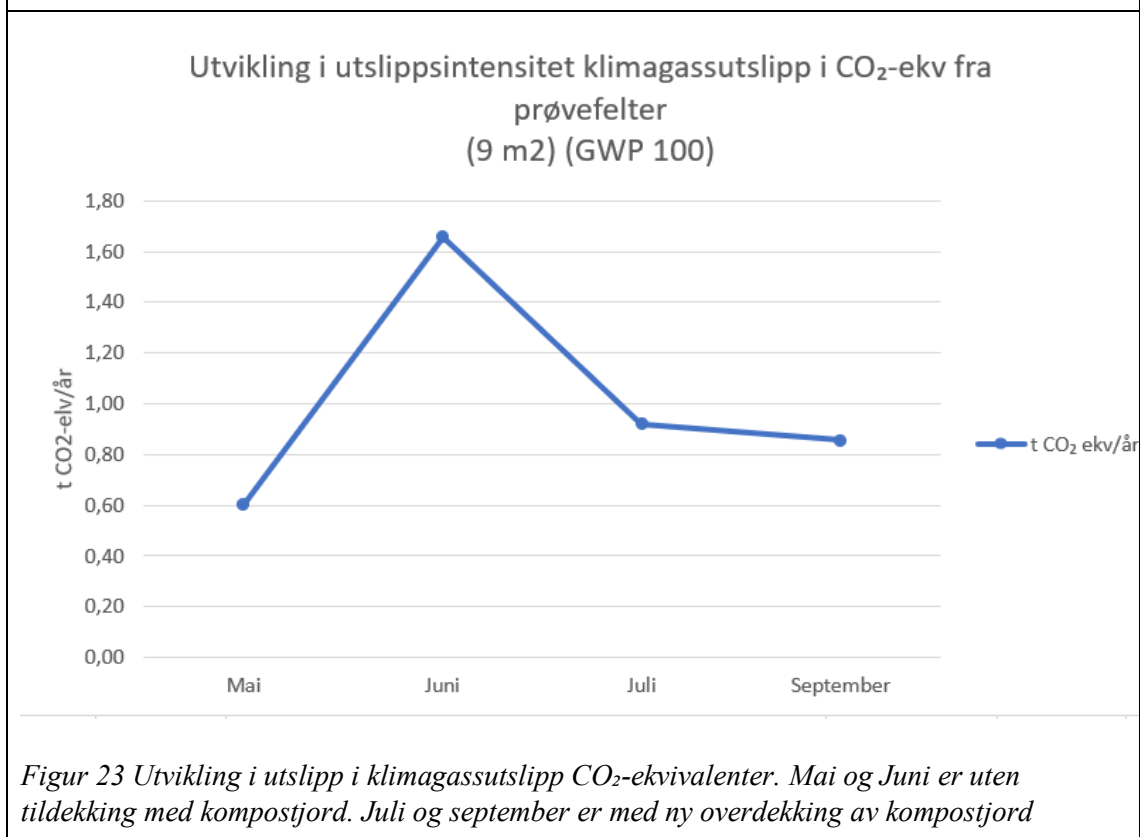
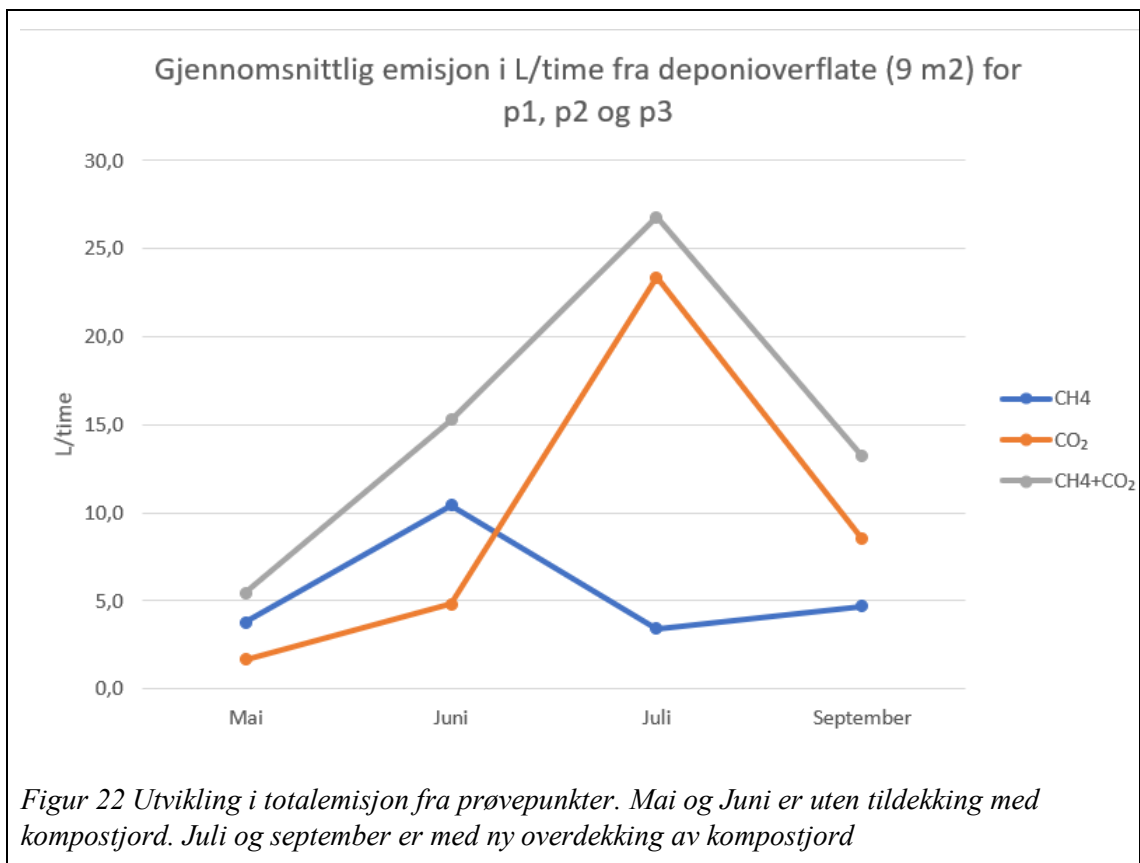
*Tabell 6 Temperaturer*

P1	32,9
P2	47,3
P3	23,4
Testområde	10,7

Fra dette tolker vi at det foregår betydelig biologisk aktivitet i kompostjord som ligger over punktene, sammenliknet med kompostjord som ligger steder hvor det ikke siver mye metan opp. Den markant høyere CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen skyldes altså ikke at det måles på kompostjord.

I vedlegg presenterer vi de fleste resultatene grafisk.. Det er der vist utvikling for alle målepunktene, og alle "undermålepunktene". I alle de tre prøvepunktene er det målt på 9 "underpunkter".

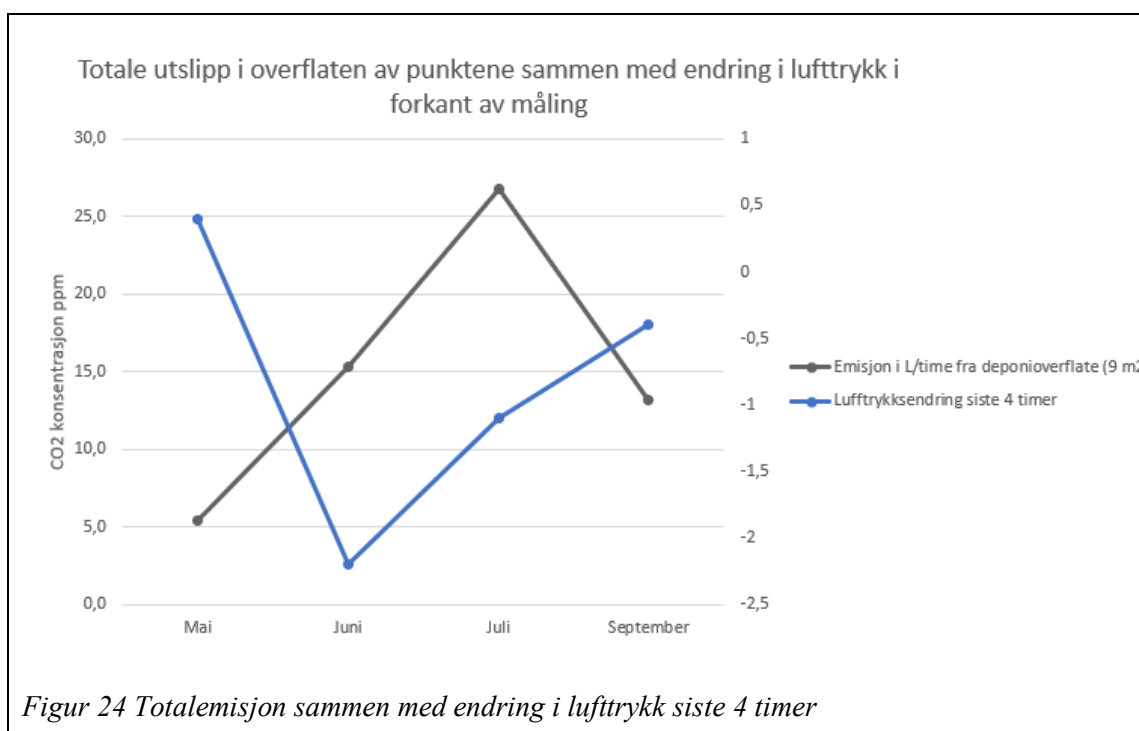
I Figur 22 og Figur 23 viser vi hovedresultatet fra undersøkelsene. Nemlig utvikling i totale utslipp i CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub>, samt gassutslippene omregnet til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.



Figur 22 viser at totalutslippet var høyest i juli. Faktisk hele 5 ganger høyere enn i mai. Dette skyldes høyere utslipp av CO<sub>2</sub>. Figur 23 viser at til tross for høyere totalutslipp er utslippet regnet i CO<sub>2</sub>-ekv. lavere i juli enn i juni, og enda lavere i september. Laveste utslipp målt i CO<sub>2</sub>-

ekv. ble målt i mai. Totalutslippet var også lavest da. Det må kommenteres her at Figur 23 er en forenkling av bildet for klimapåvirkning fra et slikt utslipp. Vi har for enkelhet skyld brukt GWP 100 (globalt oppvarmingspotensiale over 100 år) som omregningsfaktor til CO<sub>2</sub>-ekv. Dette er et dynamisk utslipp over tid, og det varierer mellom CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub>, gasser med forskjellig levetid og klimapåvirkningspotensiale. I et kortere perspektiv, for eksempel 20 år, har metan et mye høyere klimapåvirkningspotensiale. Det er de neste 20 årene det er viktig å redusere utslippene. Dette understreker viktigheten av å få oksidert utslippet av metan.

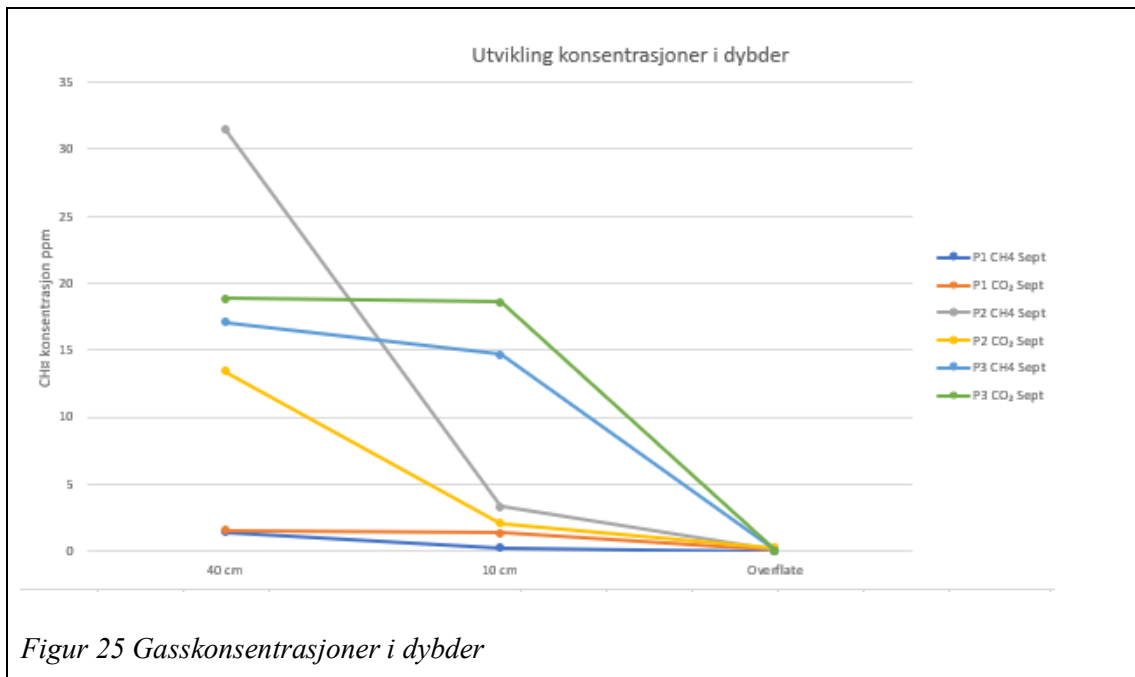
En mulig forklaring på de store forskjellene i totalutslipp kan være endringene i det atmosfæriske lufttrykket. Totalutslipp sammenliknet med endring i atmosfærisk lufttrykk er vist i Figur 24.



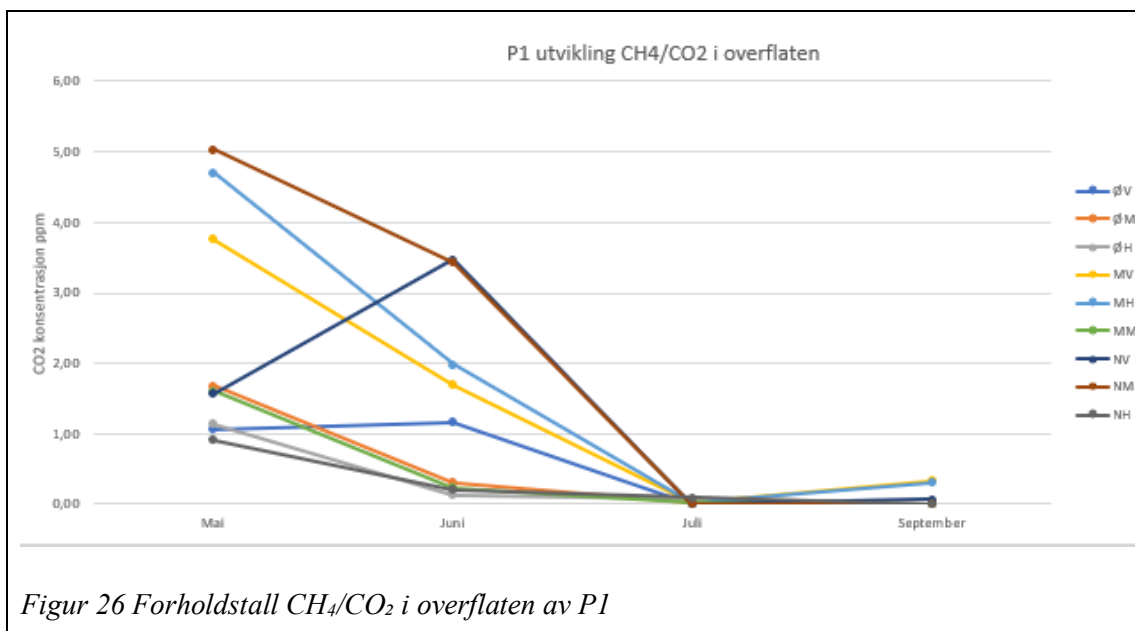
Figur 24 er ikke helt entydig, men vi kan merke oss at målingen gjort i mai er eneste måling gjort med registrert stigende lufttrykk siste 4 timer. Dette antyder at det stigende lufttrykket ved målingen i mai er noe av årsaken til at målt totalemisjon på det tidspunktet er betydelig lavere enn de andre tre målingene.

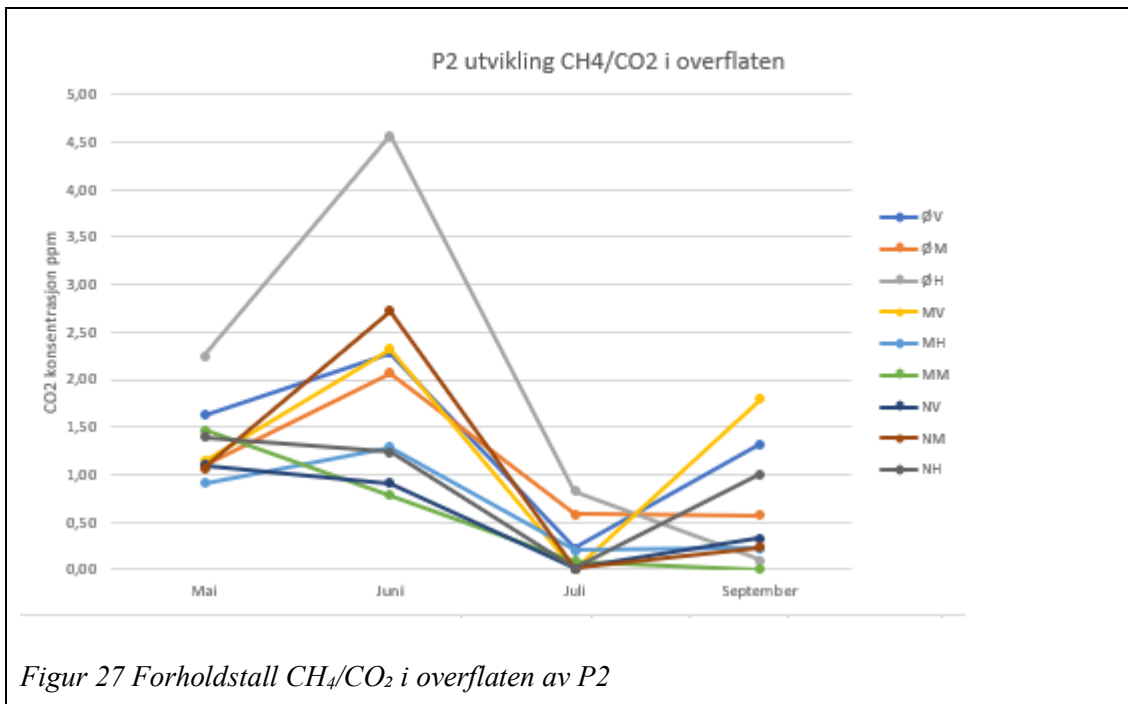
Det skal nevnes her at punkt P3 har, til forskjell fra de to andre punktene, hatt en utvikling i økt totalemisjon fra juli til september. Totalemisjon CH<sub>4</sub> fra punktet har økt noe fra mai til september, mens totalemisjonen av CO<sub>2</sub> har økt betydelig. Mengden gass som går til punktet har altså økt i perioden. En av årsakene til dette kan være at to kummer like ved P3 i forkant av målingene har fått påsatt gasstette lokk. Disse kummene har vært identifisert som store lekkasjepunkt for deponigass. Den økte gassmengden gjennom filtermassene må ikke ses på som at massene ikke fungerer. Gjennomsnittlig konsentrasjon i bunn av P3 er 16% CH<sub>4</sub>, mens gjennomsnittlig konsentrasjon målt med fluksboks på overflaten er 1239 ppm (se Figur 25).

Generelt ser vi at målte konsentrasjoner i overflaten av kompostjorda er kun en liten fraksjon av konsentrasjonene vi måler i dybde. Vi ser også at forholdstallet CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> går markant ned, altså at CH<sub>4</sub> omgjøres til CO<sub>2</sub> i komposten.

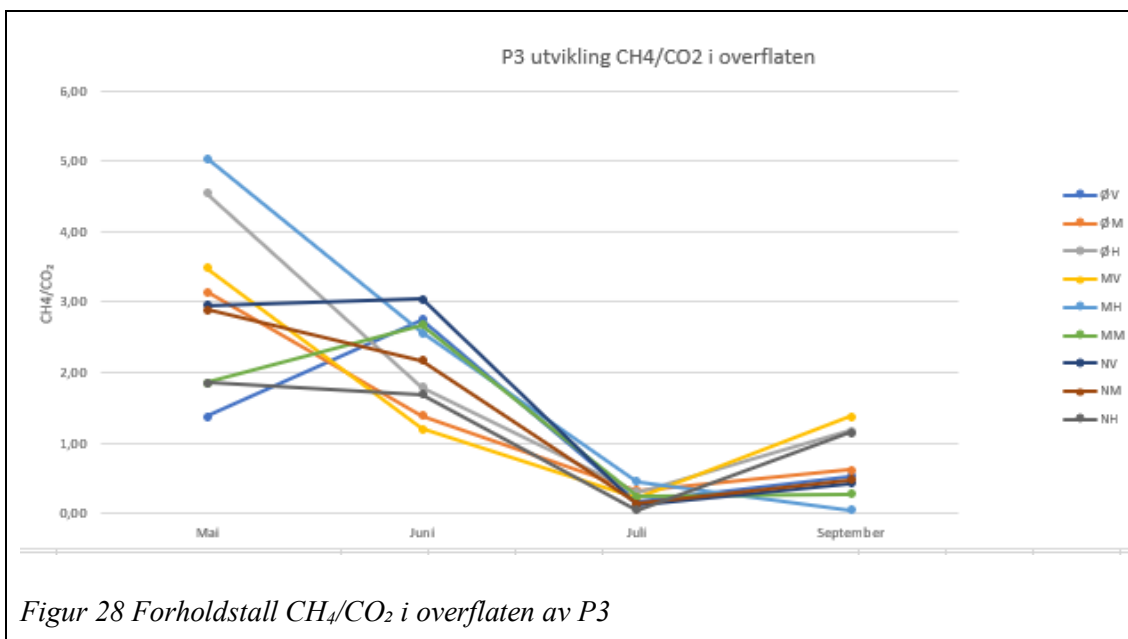


Enda viktigere er det at vi ser at det har vært en positiv utvikling over tid i overflaten av prøveområdene. Dette er vist i Figur 26, Figur 27 og Figur 28. Den klare nedgangen i forholdstallet viser hvordan en større andel av gassen går over til CO<sub>2</sub> etter at kompostjorden ble introdusert. Merk; vi har her trukket fra eventuell ekstra CO<sub>2</sub> forårsaket av eventuell fortsatt kompostprosess i massene.





Figur 27 Forholdstall CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> i overflaten av P2



Figur 28 Forholdstall CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> i overflaten av P3

Konklusjonen fra arbeidet er at kompostjorden fungerer etter hensikten. Det foregår helt klart en oksidasjon av CH<sub>4</sub> til CO<sub>2</sub> i kompostjorda, og klimapåvirkningen av gassutslippet ville helt klart vært høyere hvis ikke kompostjorda hadde ligget over.

## 6.4 Diskusjon om veien videre

Hensikten med undersøkelsene i beskrevet i denne rapporten har vært å kartlegge og foreslå tiltak for å bedre kunne håndtere utslipp av metangass fra deponiet. Bakgrunnen for å redusere metanutslippet er at metan er en sterk klimagass.

Det er installert et deponigassanlegg på stedet. Anlegget er kun satt opp med fakkell, og ingen videre utnyttelse av gassen. Anlegget har man ikke fått til å drive på skikkelig vis på mange år. Med et målt utslipp av gass på mellom 1,2 m<sup>3</sup> og 5,8 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t anses det som lite hensiktsmessig å arbeide for å få anlegget opp å gå igjen. Særlig hvis vi tar med i beregningen at anlegget heller ikke er bygget for energiutnyttelse.

I denne sammenhengen kan det for ordens skyld påpekes at utpumping og fakling av metangass ikke nødvendigvis er et klimatiltak. Årsaken til dette er at med en rask utpumping, og brenning av metangassen (omgjøres til CO<sub>2</sub>), vil man få klimagassutslippet tidligere enn om man lar deponiet ha et passivt utslipp over mange år gjennom en overflate tilrettelagt for metanoksidasjon. Med en rask utpumping og brenning av metanen vil altså CO<sub>2</sub>-utslippet få lengre tid til å varme opp kloden enn hvis vi slipper ut gassen passivt over en lengre tidsperiode.

I kapittel 5.2 identifiserte vi områdene på deponiet med de høyeste metanutslippene. Det ble vist hvordan hoveddelen av utslippene kommer fra tre relativt avgrensede områder.

Forsøkene med å dekke til kjente utslippspunkt med kompost har vist seg som en suksess. En stor del av metanutslippet blir gjort om til CO<sub>2</sub>, og klimapåvirkningen fra utslippene reduseres.

Ved å dekke til de større områdene med forhøyede metanutslipp (definert i Figur 14) med kompost vil man på en enkel og kostnadseffektiv måte få kontroll på metanutslippet på deponiet.

## 6.5 Utforming av kompostoverdekking

Vi har erfaring med varierende tykkelser på oksidasjonslag.

På Heggstadmoen i Trondheim designet vi biofilter som skal ha kapasitet til å ta all deponigassen derfra. Dette er 3 stk 300 m<sup>2</sup> store filtre som all gassen fra 33 deponigassbrønner samt gassdreneringsgrøfter dreneres til. Vi valgte da å gå for et over en meter tykt lag med kompostert hageavfall i som filtermasse. To av filterne fikk over 1,5m tykt filterlag, mens det siste fikk ca. 1 m tykt filterlag. Bakgrunnen for dette var både at vi ønsket et tykt filter for å sikre at filtermassen holdt en viss temperatur vinteren igjennom, samt å sikre tilstrekkelig oksidasjonskapasitet. Vi viste den gang spesielt til arbeider utført på Klindholms losseplass i Danmark, godt dokumentert i (Pedersen, 2012). Maksimal oksidasjonskapasitet oppnås ved ca. 30 grader celsius. Dette hadde de greid å opprettholde vinteren igjennom med 1 m tykt lag med kompost. Siden anlegget på Heggstadmoen ble etablert har vi hatt i oppgave å overvåke det. Våre erfaringer nå tilsier at man ikke skal gå noe særlig over 1 m tykkelse før setningene i massene blir så store at det tetter seg etter hvert (at det tetter seg er relevant i et definert filter, men mindre viktig i et generelt "biocover" med kompost). Videre har ikke temperaturen vært særlig forskjellig 30 cm ned i massene og 1 m nede i massene. Hadde vi etablert filterne i dag hadde vi laget dem 0,5 – 1m tykke.

Vi kan også ta med et utdrag fra litteraturstudien som ble gjort i forbindelse med prosjektet på Heggstadmoen. I Østerrike har Huber-Humer (2004)<sup>1</sup> gjort forsøk på "biocover" materialer til deponier. Det beste resultatet ble oppnådd med et 1m tykt lag av grovt kompostert avløsslamm blandet med store treflis. Gassfordelingslaget var et 30 cm tykt gruslag. Dette kompostlaget opprettholdt gunstige temperaturer igjennom hele vinteren. Senere ble denne kunnskapen tatt i bruk i fullskala med at 5 deponier i Østerrike ble dekket med "biocover". Det ble da brukt 50 cm gassfordelingslag. Oksidasjonslagene er 1,2 m tykke, og består av enten velstrukturert avløsslamm-/trefliskompost eller en kompost av kommunalt avfall, avløsslamm og treflis. Erfaringen fra forsøkene i Østerrike tilsier at man må regne med 20% setninger de første 2 årene. Erfaringer fra Canada viser over 9% setning det første året. Over en 2-års periode har vi erfart opp mot 50% setninger i biofilterne på Heggstadmoen.

Basert på våre erfaringer fra Heggstadmoen vil vi ikke anbefale et like tykt lag som de har brukt i Østerrike.

Vi har sett at et dekke med ca. 50 cm tykkelse har virket meget bra på Korperud deponi i Kongsvinger. Det skal nevnes at vi ikke har målt der om vinteren, men sent på høsten.

For P1, P2 og P3 kan det legges ytterligere 30 cm på toppen av det som ligger der i dag. Bakgrunnen for dette er et ønske om å la gassen få et større filter å passere igjennom. For P3 er det også et ønske om å få spredd gassen enda mere horisontalt i kompostjorda for å begrense belastningen akkurat over punktet det kommer mest gass nå.

Med erfaringene vi nå har gjort oss med prøvepunktene på Skjördalen deponi vil vi anbefale en kompostoverdekking med en tykkelse på ca 40-60 cm.

Områdene aktuelle for tildekking er definert i Figur 14. Kompostjorda tilgjengelig på anlegget har vist seg å fungere godt til formålet og må gjerne brukes videre.

## 7 Referanser

Pedersen, R. B. (2012). *Reduksjon af metanemissionen fra Klintholm losseplads ved etablering af biocover. Rapport for Miljøministeriet. Miljøprosjekt nr. 1401. 2012.* . Miljøministeriet.

Scheutz, C. &-H. (2009). "Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions". *Waste management & Research, Volume 27, Issue 5*, 409-455.

Rozej, A & Stepniewski, W. : "The effect of disinfected sewage sludge amendment on methane oxidation in a model landfill cover". *Management of Pollutant Emissions from Landfills and Sludge*. Pawlowska og Pawlowski (eds). 2008 Taylor & Francis , London. ISBN 978-0-415-43337-2. s.37 – 47

---

<sup>1</sup> Gjengitt i (Scheutz, 2009)

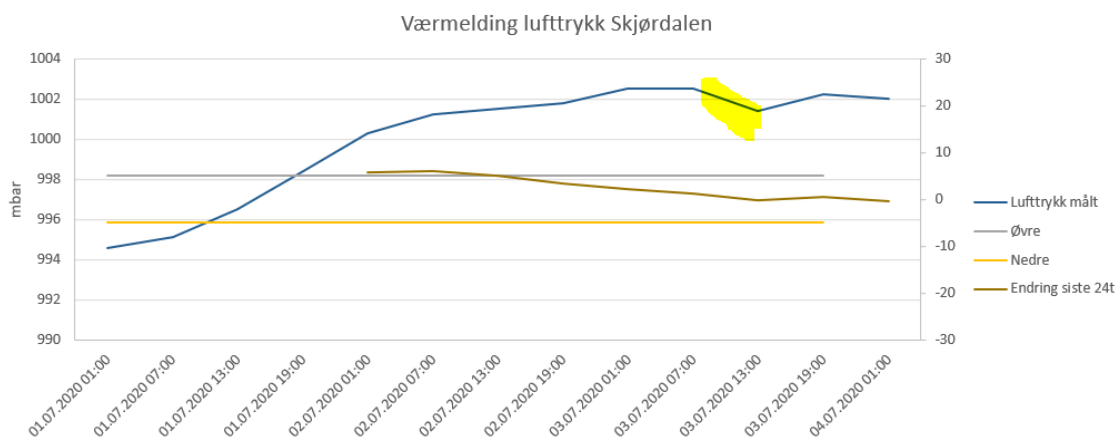


## 8 Tabeller og detaljerte resultater

### 8.1 Generelle opplysninger 1. test ny overdekking

Tabell 7 Generelle opplysninger . 1. test av ny overdekking

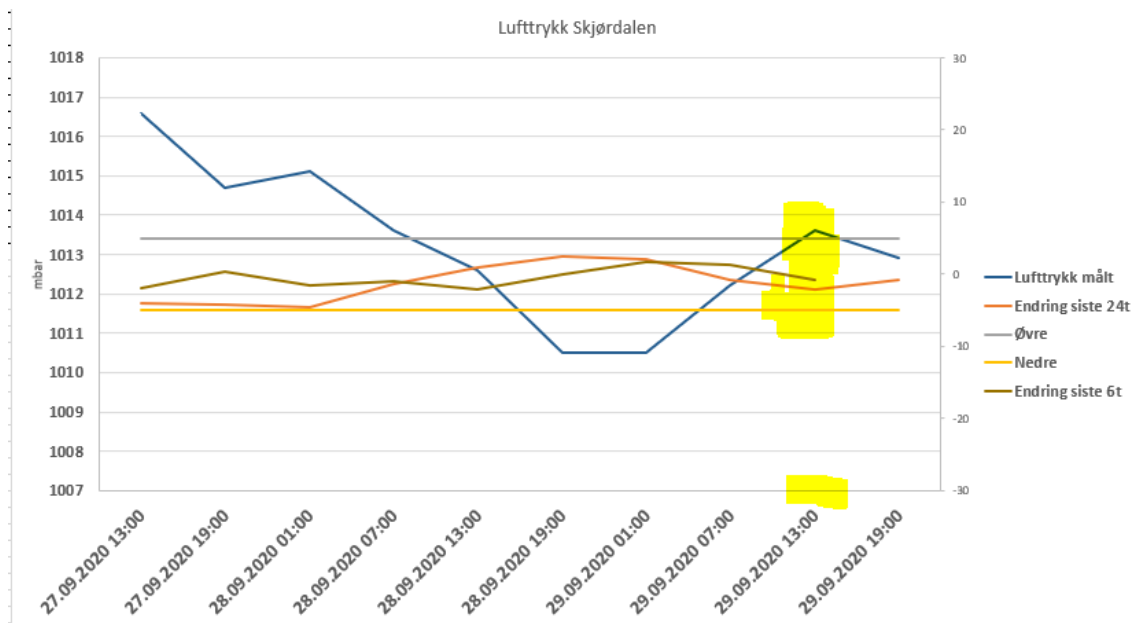
Tidspunkt	03.07.2020 fra 10:30 til 15:30		
Gjennomført av	Marius Johansen		
Betegnelse sniffer	GMI GT-40		
Betegnelse gassmåler	Geotech Biogas 5000		
Betegnelse CO <sub>2</sub> -måler	Kimo AQ 200 (kun brukt til måling av P1, P2 og P3)		
Betegnelse H <sub>2</sub> S-måler	GMI GT-43 (ikke registrert)		
<b>Observasjon</b>	Observasjon	Kommentar	
Generell beskrivelse av vær (1)	Overskyet.		
Lufttemperatur	Ca 15 grader celsius C		
Dager siden siste regnfall	1. Det kom et skikkelig skyll mens siste 6 målinger på P3 skulle utføres utført	Før målingene var det kun registrert et bittelite regnfall i steinkjer 1.7 kl 13. Overflaten framstod som ekstra tørr.	
			Tidspunkt, måling
Utvikling lufttrykk siste 48 t (2)	Mellom +7,4 og +7,5 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 24 t (2)	Mellom -0,1 og +0,4 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 12 t (2)	Mellom - 1,1 mbar og -0,3 mbar		
Utvikling lufttrykk siste 6 t (2)	Mellom -1,1 og +0,8 mbar		
(1) Vindstille.			
Målestasjon: Egge Steinkjer			



## 8.2 Generelle opplysninger 2. test ny overdekking

Tabell 8 Generelle opplysninger . 1. test av ny overdekking

Tidspunkt	29.09.2020 fra 12:03 til 17:00	
Gjennomført av	Marius Johansen	
Betegnelse sniffer	GMI GT-40	
Betegnelse gassmåler	Geotech Biogas 5000	
Betegnelse CO <sub>2</sub> -måler	Kimo AQ 100 (kun brukt til måling av overflateemisjon i P1, P2 og P3)	
Betegnelse H <sub>2</sub> S-måler	GMI GT-43 (ikke registrert)	
<b>Observasjon</b>	Observasjon	Kommentar
Generell beskrivelse av vær (1)	Overskyet.	
Lufttemperatur	Ca 10-14 grader celsius (Målestasjon GRunnfors)	
Dager siden siste regnfall	Mer enn 4 dager (Egge)	Overflaten framstod som så tørr som den kan være for årstiden.
		Tidspunkt, måling
Utvikling lufttrykk siste 48 t (2)	Mellom -3 til - 1,8 mbar	
Utvikling lufttrykk siste 24 t (2)	Mellom 1 til 2,8 mbar	
Utvikling lufttrykk siste 12 t (2)	Mellom 3,1 mbar og 0,7 mbar	
Utvikling lufttrykk siste 6 t (2)	Mellom 1,4 og +0,7 mbar	
(1) Vindstille.		
Målestasjon: Egge Steinkjer		



### 8.3 Resultater

Tabell 9 Resultater fra målinger 40 cm nede i kompostjord lagt ut på prøvepunkter 03.07.20

(Resultatet for CO<sub>2</sub> er trukket fra gjennomsnittlig konsentrasjon registrert på tilsvarende dybde i tilsvarende kompostjord lagt på utsiden av deponiet. Se Tabell 11)

40 CM nede i filter				
Prøvepunkt	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>	Temperatur
P1	<b>2</b>			
ØV	0,0055			24,8
ØM	0,00036			26,1
ØH				24,2
MV	0,65			44,8
MH	0,32			35,5
MM	0,00015			23,6
NV	11,2			46,1
NM	2			42,2
NH	0,00037			28,8
P2	<b>18,98</b>	<b>19,46</b>	0,98	
ØV	21	21		52,2
ØM	28	23		50,7
ØH	36	26		47
MV	4	15		42,4

MH	34	24		48,9
MM	37	25		44,8
NV	1	14		43,6
NM	10	17		51,7
NH	1	11		44,3
P3	<b>20</b>	<b>21</b>	0,94	
ØV	16	21		46,2
ØM	17	21		46
ØH	13	17		41,6
MV	19	21		44
MH	31	24		42,6
MM	27	23		44,4
NV	24	23		43,6
NM	21	21		43,2
NH	9	17		43,8

Tabell 10 Resultater fra 10 cm nede i P3 03.07.20

(Resultater for CO<sub>2</sub> er fratrukket gjennomsnittlig konsentrasjon registrert i testområdet. Se Tabell 12)

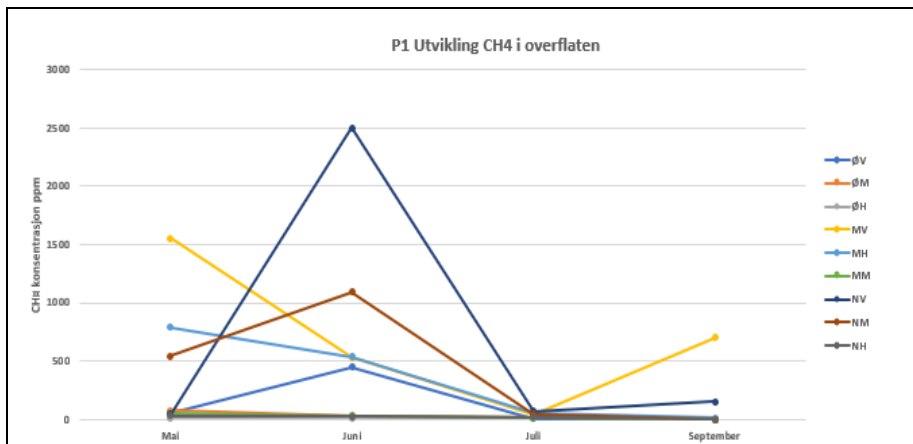
10 CM nede i filter		
P3	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %
ØV	9	0
ØM	8	4
ØH	10	0
MV	5	5
MH	17	4
MM	10	3
NV	9	2
NM	8	0
NH	1	6

Tabell 11 Resultater fra 40 cm nede i kompostjorden 29.09.20. For P1, P2 og P3 er resultat for CO<sub>2</sub> fratrukket gjennomsnittlig konsentrasjon registrert i testområdet. Resultatene for testområdet er lengst nede i tabellen

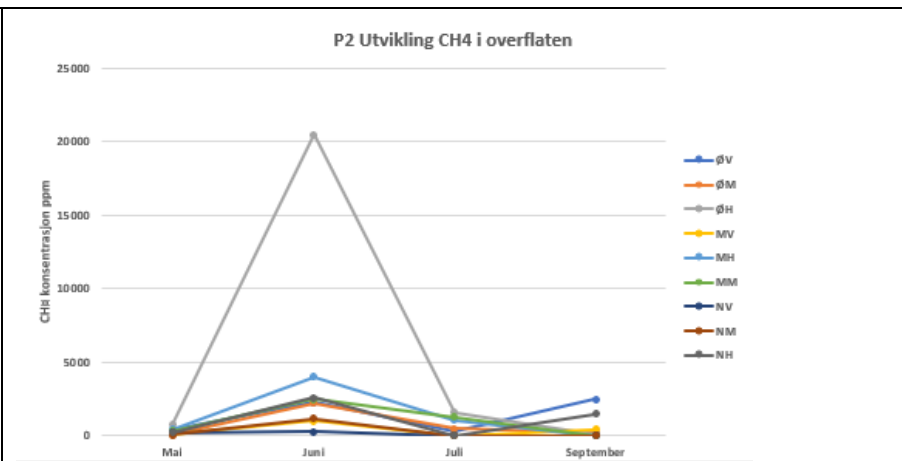
Sept 40 CM nede i filter				
Prøvepunkt	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>	Temperatur
<b>P1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0,90</b>	
ØV	0,1626	0		24,8
ØM	0,002	0		26,1
ØH	0,0002	0		24,2
MV	11,9	12		44,8
MM	0,2	0		35,5
MH	0,016	0		23,6
NV	0,2	0		46,1
NM	0,172	2		42,2
NH	0	0		28,8
<b>P2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1,12</b>	
ØV	6	10		52,2
ØM	0	7		50,7
ØH	2	5		47
MV	4	2		42,4
MH	0	0		48,9
MM	0	2		44,8
NV	0	0		43,6
NM	0	0		51,7
NH	32	13		44,3
<b>P3</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>0,86</b>	
ØV	19	19		18,3
ØM	15	18		21,1
ØH	11	17		21,5
MV	30	22		25,1
MH	6	16		23,1
MM	15	17		23,9
NV	15	15		27,1
NM	12	18		25,7
NH	17	19		24,9
<b>TEST</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0,000141</b>	
ØV	0,0006			18,3
ØM	0,0007			21,1
ØH	0,0003			21,5
MV	0,0008	3,4		25,1
MH	0,0008	5,8		23,1
MM	0,0007	6,7		23,9
NV	0,0014	4,6		27,1
NM	0,0010	4,7		25,7
NH	0,0008	8,3		24,9

Tabell 12 Resultater fra 10 cm nede i kompostjorden 29.09.20. For P1, P2 og P3 er resultat for CO<sub>2</sub> fratrukket gjennomsnittlig konsentrasjon registrert i testområdet. Resultatene for testområdet er lengst nede i tabellen

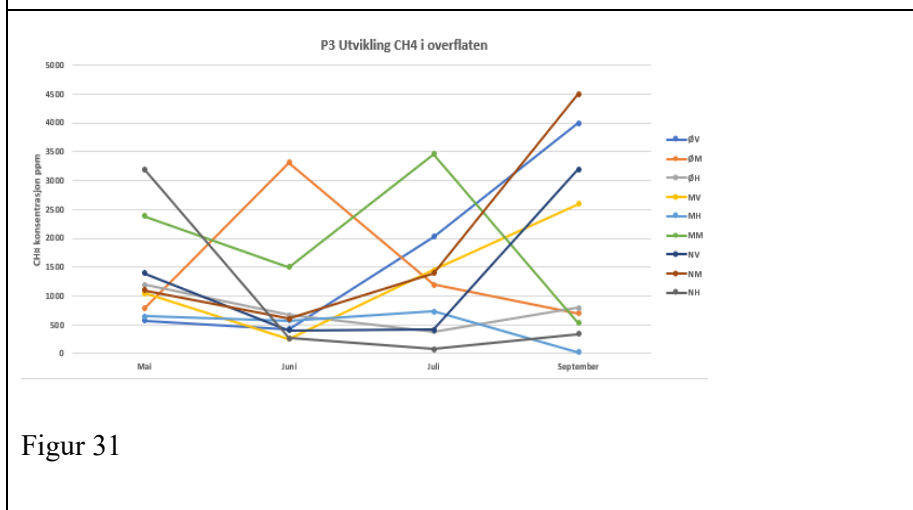
Sept 10 CM nede i filter				
Prøvepunkt	CH <sub>4</sub> %	CO <sub>2</sub> %	CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>	Temperatur
<b>P1</b>	<b>0,26</b>	<b>1,38</b>	0,19	
ØV	0,015	0		11,6
ØM	0,0011	0		13,4
ØH	0	0		19,9
MV	2,1	7		14,5
MM	0,03	0		14,7
MH	0	0		12,8
NV	0,2	3		13
NM	0,004	3		12,3
NH	0	0		11,8
<b>P2</b>	<b>0,80</b>	<b>0,77</b>	1,03	
ØV	<b>3</b>	4		23,4
ØM	0	0		15,3
ØH	0,7	0		14
MV	0	0		17,3
MH	0	1		13,7
MM	0	0		13,4
NV	0	0		14,9
NM	0	0		15,2
NH	3	2		14,6
<b>P3</b>	<b>12,43</b>	<b>18,87</b>	0,66	
ØV	21	24		18,8
ØM	4	14		19,3
ØH	4	16		20,2
MV	26	24		23,9
MH	1	14		20,8
MM	15	21		24,1
NV	15	19		24,6
NM	13	20		25,4
NH	15	19		22,2
<b>TEST</b>	<b>0,00</b>	<b>2,02</b>	0,00	
ØV	0,0010			18,8
ØM	-			19,3
ØH	-			20,2
MV	0,0004			23,9
MH	0,0006	3,1		20,8
MM	0,0002	1,5		24,1
NV	0,0002	1,8		24,6
NM	0,0005	1,1		25,4
NH	0,0003	2,6		22,2



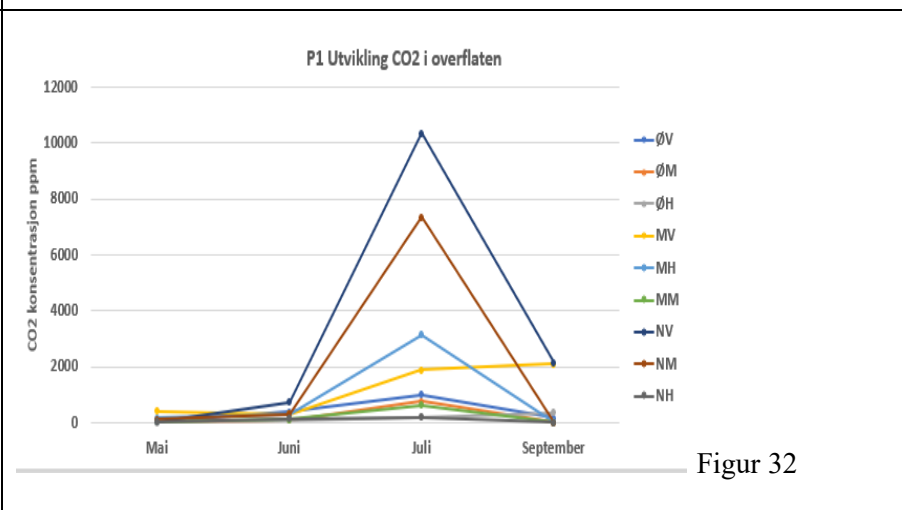
Figur 29



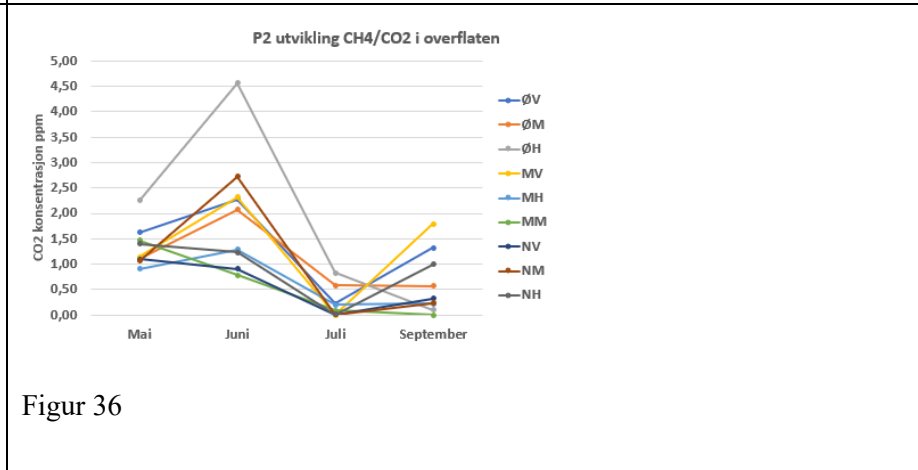
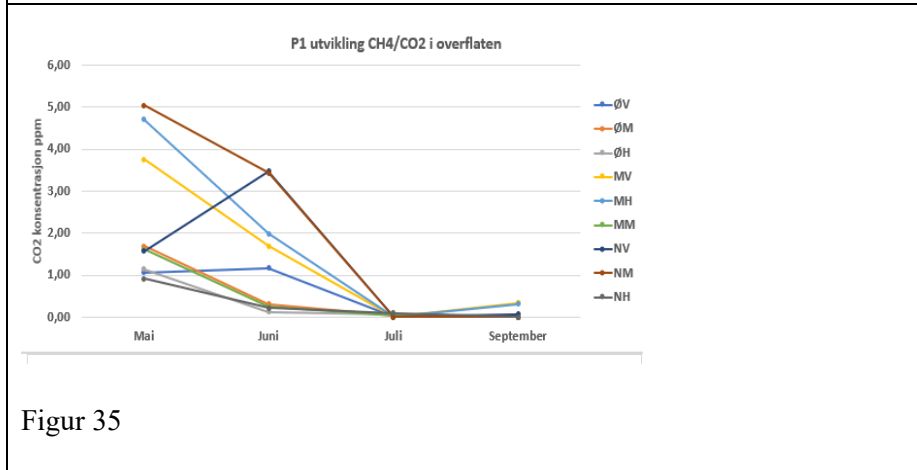
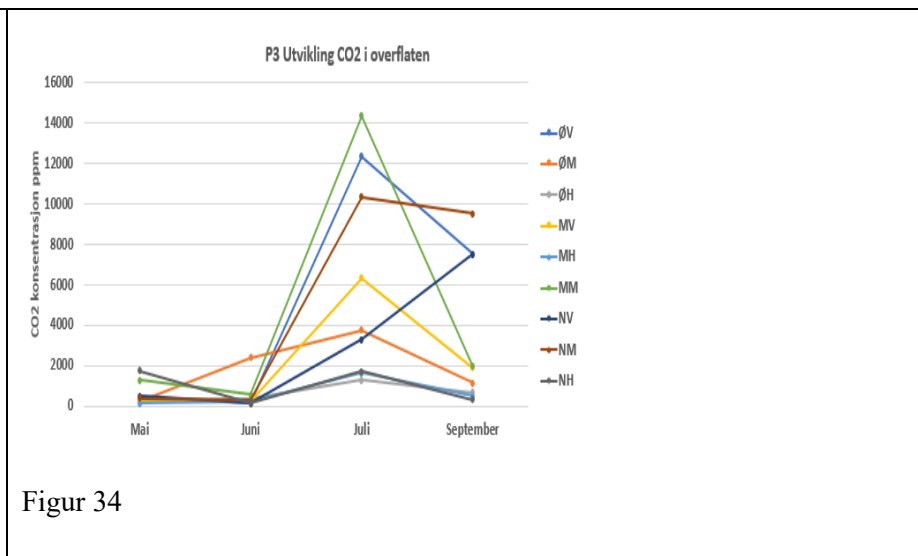
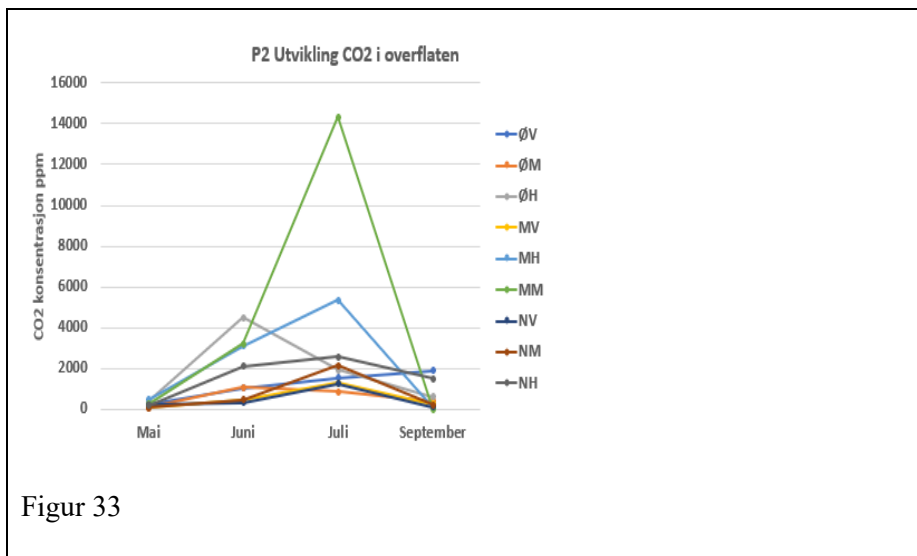
Figur 30



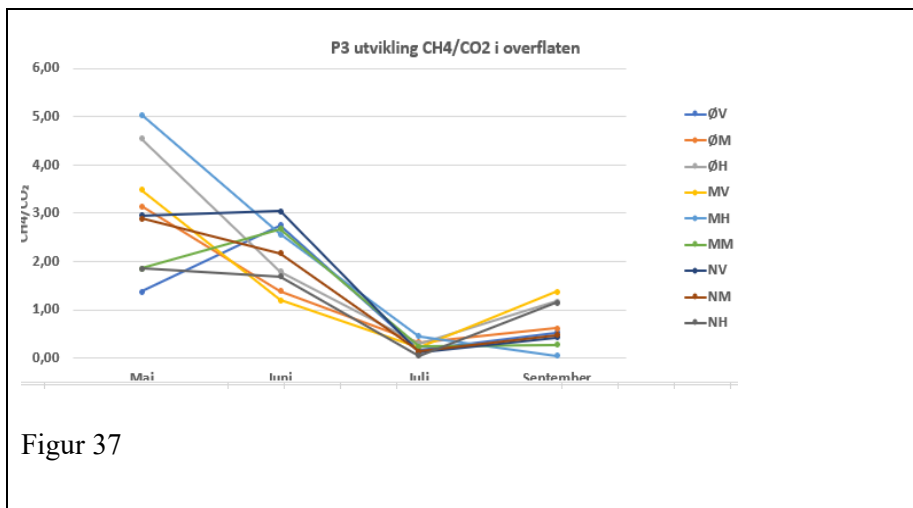
Figur 31



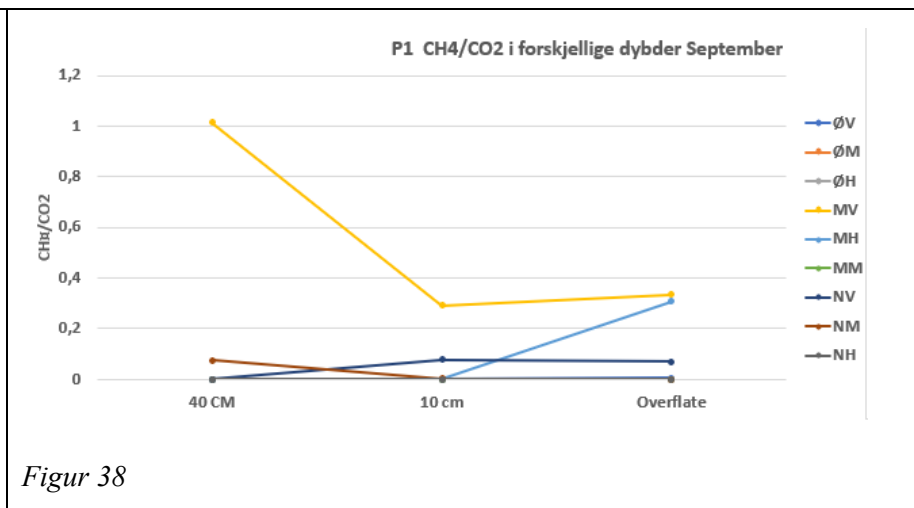
Figur 32



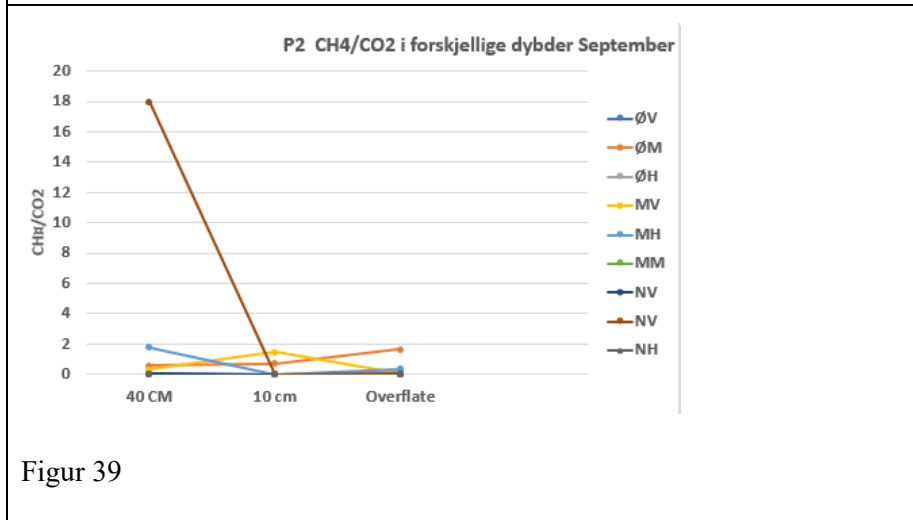




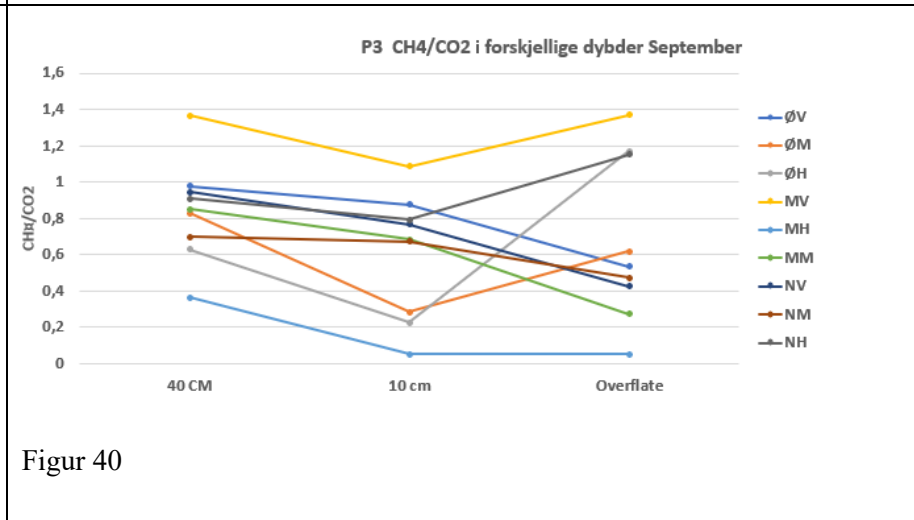
Figur 37



Figur 38



Figur 39



Figur 40