

Vejledning i bygning af Biomile/Kompost- varme-anlæg



Denne publikation er udgivet med støtte fra Promilleafgiftsfonden for Landbrug og

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet
NaturErhvervstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne



ØKOLOGISK
landsforening





Dette hæfte er udgivet som del af projektet: Jordforbedring og kompostering via mikrobiel karbonisering, bioreactor og kompoststalde.

Projektet er støttet af Promilleafgiftsfonden for Landbrug og:

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet
NaturErhvervstyrelsen

LDP 2020



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

Tekst: Anna Marie Thierry, Martin Beck og Christina Udby Hansen, Økologisk Landsforening •
Foto: Nicolai Fog Hansen, Langagergaard • Layout: ph7 kommunikation • Tryk: GP-Tryk



VEJLEDNING I BYGNING AF BIOMEILER/BIOMILE/ BIOREAKTOR/KOMPOST- VARME-ANLÆG

Biomilen er en alternativ kilde til opvarmning, jordforbedrende kompost og evt. udvinding af biogas. Biomilen blev udviklet i Provence af den franske øko-pionér og opfinder Jean Pain (1928-1981). Han brugte grenafklip, som han huggede til flis og lod kompostere og vandt derved varmt vand, biogas og ikke mindst værdifuld kompost til dyrkning af grøntsager. Jean Pain viste yderligere, hvorledes biomilen kunne kombineres med et husstandsbiogasanlæg. Han skrev en bog, som hedder: "Another kind of Garden".

På Youtube er der to filmklip om Jean Pain og hans biomile:

<https://www.youtube.com/watch?v=JHRvwNJRnAg>

<https://www.youtube.com/watch?v=zGCj7NAoOIs>

Se i øvrigt yderligere fra Tyskland:

<http://www.native-power.de/de/native-power/biomeiler>



FIGUR 1:
Biomile på
Langagergaard.

Biomilen i detaljer

En biomile er et anlæg til energetisk udnyttelse af biomasse, hvor hovedformålet er at producere varmt vand, jordforbedrende kompost og evt. biogas (i det følgende er biogasproduktion ikke medtaget). Anlægget er opbygget af f.eks.: træflis, halm, græs, vand og evt. gødning. Milen kan være af varierende størrelse fra et par kubikmeter til over 40 m³, som i Jean Pains husstandsmile, og i teorien er der ingen øvre grænse for, hvor stor milen kan være.

I Jean Pains udgave er biomilen opbygget af flis i en konstruktion, der tillader indtrængen af luft fra sider og top. I flis-dyngen indlægges slanger til cirkulation af vand. Udvikling af varme er et naturligt resultat af nedbrydningen af organisk stof. Varmen opvarmer vandet i slangerne. Processen kan levere varmt vand i op til 24 måneder med temperaturer på op til 70°C. Efter 12-24 måneder er flis og evt. gødning reduceret til kompost. Komposten har en beskedne gødningsværdi men indeholder humusstoffer, der øger jordens frugtbarhed.

Ved klassisk kompostering lufter man biomassen for at sikre aerobe forhold. Under den aerobe nedbrydning af organisk stof, frigives CO₂ til atmosfæren. I biomilen iblandes vand/væske. Således foregår nedbrydningen af organisk materiale i biomilen både aerobt og anaerobt. Disse forhold skaber potentiale for mikrobiel karbonisering, der opbygger en pulje af stabilt kulstof og dermed øger værdien af komposten som jordforbedring.

Da der er tale om en mikrobiel forbrænding af det organiske stof (det er egentligt ikke en kompostering), kræver processen, at den kan komme af med CO₂, for at mikroorganismene ikke bliver forgiftet. Ilt får mikroorganismene lidt af fra atmosfæren, men i denne proces mest ved spaltning af vand. Enzymet, der kan spalte vand (hydrogenase), kan kun produceres af de fotoautotrofe (lyskrævende som har fotosyntese) mikroorganismer. Processen har således brug for lys. Det er i høj grad denne proces, energien kommer fra. Det er også forklaringen på, hvorfor der er mere energi vundet ved at "kompostere" det organiske stof i en biomile, end ved at brænde det af i et fyr. Biomilen har således brug for sollys og regnvand, og må derfor ikke overdækkes. Derfor er det ikke i Danmark lovligt at tilføre gødning i opbygningen af biomilen – hvilket ellers vil sikre højere temperatur og højere sandsynlighed for, at processerne forløber som ønsket.

Materialeliste:

- 60-95% ligninholdigt (vedagtigt) organisk materiale (grenflis, pil, poppel, halm mm.).
- 5-40 % kvælstofholdigt, let omsætteligt organisk materiale (hø, græsafklip mm.).
- Vandslange i en passende længde - til vanding. Overvej om du vil bruge andet end vandværksvand?
- Evt. rionet. Til både varmeveksler og til at skabe en ydre form. Lette, billige med store masker som kan krummes.
- Evt. hønsetråd, som kan bindes på indersiden af rionettet
- Polyethylen-vandslanger (PEL-slange). ¾ eller 1 tomme i diameter. Jo større og mere slange, jo mere vand kan biomilen rumme og dermed fungere som buffer-tank.
- Diverse fittings, samlinger, strips, evt. termometer, rør-isolering m.v.
- Cirkulationspumpe.
- En mindre langsomgående pumpe.

- Evt. varmeveksler.
- Der er mulighed for at tilslutte en billig styring fra et solvarmeanlæg, som kan indstilles til at slukke for cirkulationen, hvis temperaturen går under 35 grader og tænder igen ved ca. 40 grader. I de fleste tilfælde er dette dog overflødigt, idet temperaturen i biomilen sjældent kommer under 45 grader.
- Plasticbund med en diameter ca. 10 cm bredere end diameteren på biomilen.
- Brædder eller lægter til at binde sammen og fiksere vandslangen inden i biomilen med
- Værktøj
- Maskiner som det er godt at have (evt. leje): Flishugger, frontlæsser, minilæsser

Typer af biomasse

Egnede typer af organisk materiale kan være: træflis, tagrør, halm, buskads, affald fra parker, haver, pil, poppel, etc. Det er vigtigt, at materialet er friskt, når det blandes i biomilen. En højere andel af træholdigt biomasse vil medføre en langsommere omsætning.

Samlede omkostninger ved konstruktionen af en biomile kan variere meget afhængig af, hvilke kilder til biomasse man har til rådighed. Det kan derfor betale sig at være kreativ og fremsynet i fremskaffelsen af biomasse.

Flis-hugning skal indregnes som en arbejdsopgave, der kræver mange mandetimer, og som tidligst må foregå dagen før selve bygningen af biomilen.

Kvælstofholdigt materiale

Frisk græsafklip, kløvergræs eller andet frisk grønt plantemateriale anbefales som kvælstofholdigt og energirigt materiale. Der skal tilsættes 5-40%. En god tommelfingerregel vil dog være, at ca. 1/3-del af materialet i biomilen skal være kvælstofholdigt og energirigt for at løbe komposteringen i gang.

Tilsætning af husdyrgødning var ikke oprindeligt en del af ideen bag biomiler. Tilsætning af ca. 30% kvælstofholdigt materiale inkl. husdyrgødning blev afprøvet af W. Witte og resulterer i et højere kvælstofindhold i slutproduktet samt en hurtigere og mere fuldendt kompostering. Egnede kilder til let omsætteligt materiale er komøg eller anden husdyrgødning og gylle.

Tilstedeværelse af antibiotikarester kan have særdeles negativ påvirkning på mikroorganismerne, og dette bør overvejes, hvis man anskaffer gødning.

Bemærk det pt. i Danmark ikke er lovligt at tilsætte gødning, hvis biomilen ikke er overdækket (hvilket frarådes i forhold til at det hæmmer eller stopper mikroprocesserne, som kræver sollys – ligesom biomilen gerne skal have regnvand). Der kan dog søges dispensation i forhold til at måtte tilsætte husdyrgødning.

FIGUR 2:
Træflis gøres klar.



Vandindhold

Vandindholdet bør være ca. 60 %. Biomassen bør føles fugtig, men man bør ikke kunne klemme vand ud af blandingen. Den korrekte fugtighed er vigtig dels for at holde processerne i gang dels for at forhindre en forrådnelse. Afhængig af årstid bør man være særdeles opmærksom på, at milen ikke tørrer ud. Derfor bør vanding også ske løbende under opbygningen af milen.

Kilder til vand kan være vandværksvand, men potentielt også å-, søvand eller spildevand (ajle eller gylle). Det anbefales, som før nævnt at anvende frisk biomasse. Er der alligevel tilsat tørt flis eller spåner til blandingen, kan dette med fordel fugtes over et par dage forud for bygning af biomilen, og inden det blandes i den resterende biomasse.

FIGUR 3:
Træflis, græsslæt og
halm blanding.



Blandingsforhold

Blandingsforholdet mellem træflis og kvælstofholdigt materiale er angivet i relative brede intervaller ovenfor. Blandingsforholdet varierer afhængig af kvalitet og sammensætning af substraterne. Det er således en vurderingssag, hvor hver biomile er unik.

Egnet plads

Man skal overveje, hvor varmen skal bruges. Det er ikke nemt at flytte med varme, og det kan blive dyrt i isolerede rør, hvis varmen skal flyttes langt. Det er også altid forbundet med et varmetab at transportere varmt vand i rør over afstand.

Det er en fordel, hvis man har mulighed for at opsamle væsken, som løber fra Biomilen de første dage. Derfor kan man med fordel lægge biomilen på kraftig plast eller fast bund. Med et plastunderlag på jordbund vil der kunne nedgraves en spand på det laveste punkt, hvor væskeafløb kan opsamles. De først par dage kan der løbe noget overskudsvand fra. Senere er det kun en meget lille mængde perkolat, som evt. løber fra, men det har stor værdi (se herom i afsnittet om Perkolat).

Størrelse

Ønsker man at opvarme et hus, skal man op i en vis størrelse. Omkring 30-40 m³ bør man regne med til et parcelhus. Vil man holde grundtemperatur i et drivhus eller værksted er 15-20 m³ nok.



FIGUR 4:

Placeringen af milen skal tage højde for, hvor man skal bruge varmen, og at underlaget bliver hårdt belastet under opbygning af milen.



Der er eksempler på små demonstrations-biomiler i palle-størrelse, ca. 1,5 m³, som har fungeret fint i nogen tid. Man skal dog betænke, at de yderste lag fungerer som isolering, og først inde i kernen foregår processen, så hvis det bliver rigtig koldt og / eller blæsende, kan en lille biomile let gå i stå.

Der findes eksempler på meget store biomiler. F.eks. hoteller, som har opvarmet deres brugsvand udelukkende fra en biomile, som har holdt en temperatur på 50 °C i 20 måneder. Læs mere herom på native-power.de.

FIGUR 5:
Mini-big baller bruges her til at stabilisere milen i stedet for en rionet-form.



Udformning

Jean Pain byggede biomilen trapezformet, hvilket havde den fordel, at man opnåede en form for skorstenseffekt. Ulempen er, at der er en stor mængde flis, som tjener til isolering og derved ikke bliver omsat. Biomilen kan være rund eller firkantet, det har ingen betydning. Ofte er det varmeveksleren, som bestemmer grundfladen. Den runde form er mest brugt og har den fordel, at overfladen i forhold til volumen er mindst og dermed minimeres mængden af flis, der går til isolering, og andelen af komposteret materiale øges.

Biomilen skal have tilført ilt for nedden, og CO₂ skal kunne afdampe foroven. Rionet eller armeringsnet er velegnet til at skabe en ydre form, hvori man kan opbygge biomilen. Nettet er tilstrækkeligt kraftigt til at holde på kompostmediet samtidig med, at der stadig kan ske udveksling af gasser mellem atmosfæren og milen. Det kan være nødvendigt at sikre yderligere med hønsetråd eller lignende for at holde på mediet.

Biomilen må ikke tildækkes, da processen har brug for sollys. Højden bør ikke overstige 3 meter, da CO₂ skal kunne komme ud og ilt ind. Milen synker også en smule, især hvis den ligger i mere end et år.



FIGUR 6:
En frontlæsser er brugbar i opbygningen af milen.

Fremgangsmåde:

1. Forberedelse af arealet:
 - Hvis milen konstrueres på bar jord, så start med at lave en lille jordvold rundt. Brug evt. sandfyldte aflange sække ligesom dem man bruger til at dække ensilagestakken med eller et drænrør.
 - Sørg for at en svag hældning på arealet leder vand til en nedgravet murerbalje.
 - Et plastic underlag i bunden bidrager til en øget opsamling og forhindrer nedsivning. Plasticdugen bør være ca. 10 cm bredere end diameteren på biomilen. Lav en tud på plasticbunden, som leder væsken ned i baljen.
 - Man kan, med en dykpumpe, pumpe vandet op på dyngen igen de første dage. Baljen kan efterfølgende bruges til at opsamle perkolat.
2. Opbygning af skelettet:
 - Opsæt et rionet omkring plastikbunden. Sørg for at rionettet overlapper med 50 – 100 cm ved samlingerne.
 - Er rionettet for grovmasket, kan man yderligere binde hønsetråd på indersiden, således at træflis og de andre substrater ikke falder ud.
 - Høballer eller andet difusionsåbent materiale kan evt. også bruges som afgrænsning (se figur 5 og 6).
3. Biomilen opbygges:
 - Det er bedst at blande substraterne, inden man fylder i. Man kan dog også gå frem efter lagkageprincippet, hvis det er i tynde lag. Typisk fylder man med en frontlæsser, og så er man nogle stykker inde i biomile-nettet/på biomilen, som fordeler.
 - Det er afgørende vigtigt at gennemvæde godt, mens man bygger milen op. Man kan bruge forskellige kilder til vand, så længe det ikke indeholder bakteriehæmmende stoffer. Bruger man vand, er det bedst at bruge overfladevand fra en sø, et vandløb, tagrende el. lign.

- For at sikre at biomile-materialet pakkes godt – også især omkring vandrøret og ude i kanten, så formen holdes, så er det godt at gå/trampe rundt i lagene i løbet af opbygningen
- Undervejs i opbygningen kan det være en fordel at tilsætte mikroorganismer til at foretage en mikrobiel processtyring. Har man ikke prøvet dette før, anbefales det at bruge Bioss Herb (mikroorganismer og fermenterede urter). Hvis ikke man bruger husdyrgødning, er det især vigtigt at have styr på processen. Se evt. afsnittet om mikrobielprocesstyring i "Opbygning af jordens frugtbarhed med kompost" udgivet af Økologisk Landsforening www.okologi.dk/jordforbedring
- Bunden af biomilen bliver ikke lige så varm som kernen. Derfor lægges det første lag varmeveksler ind, når man har fyldt biomilen 50-80 cm. En PEL-slange, som er fikseret til et rionet eller bundet fast til nogle brædder for at holde styr på den. Her skal man have gjort sig nogle tanker om, hvordan man senere vil få Biomilen skilt ad igen.
- Typisk lægger man varmeslager ind med 40-70 cm mellemrum mellem hvert lag. Typisk haves 3 varmeslange-lag, men de kan også ligge tættere.
- I hvert lag skal slangerne køre udefra og ind mod centrum i cirkler med ca. 35-40 cm mellem slangerne. Da det yderste lag af flisblandingen virker isolerende bør de yderste vandrørsvindinger ikke ligge tættere end 40 cm på milens yderside.
- Man slutter af med 70-80 cm biomasse oven på sidste varmeslangelag, idet der skal være noget at isolere med.
- Toppen af biomilen formes som en kuppel for at sikre, at regnvand ledes væk.
- Under opbygningen af milen bør rørenderne beskyttes med plasticposer eller lign. for at undgå skidt i slangen.
- Når man er færdig med byggeriet, skal den tilsluttes med det samme. Vandingen må godt fortsætte i nogen tid endnu. Når man tilslutter vandcirkulationen, skal man have indløb for neden og udløb for oven. Biomilen er varmest i toppen.
- Rør eller slange hen til stedet, hvor varmen skal bruges, bør isoleres godt evt. nedgraves.

FIGUR 7:
Biomassen bør
vædes løbende
under opbygning af
milen.



Perkolat

Efter at komposteringsprocessen har kørt i nogen tid, kan der løbe en mindre mængde sort perkolat (olie- eller tjærelignende væske) fra dyngen. Dette er på ingen måde miljøskadeligt, tværtimod er det huminstoffer i den reneste form. Det indeholder rigtig mange næringsstoffer, men de er hårdt bundtet i humus/huminstofferne. Dette perkolat bør samles op i spande/tønder/palletanke og gemmes til efterfølgende brug i kompost-te, til bejdsning af frø, stimulering af plantevækst, til at pøde ny kompost, eller til at processtyre mikrobielle processer.

Kontrol

Temperaturen i biomilen bør ikke falde til under 34 °C. Ved ca. 28°C kan vigtige mikroorganismer dø og processerne, der generer varme, kan stoppe. Det kan derfor være relevant at installere en kontrolfunktion, der regulerer cirkulationen enten ved en manuel tidsindstilling eller automatisk ved temperaturmålinger i ind- og udløb.

Trykket i rørene bør være 0,5 bar. Den optimale placering af et manometer vil være tæt på cirkulationspumpen.

VVS-arbejde

Varmesystemet, der skal udnytte varmen, bestemmer det videre design. Skal biomilen producere varmt vand til husets centralvarme, skal man have en varmeveksler, således at vandet fra biomilen ikke cirkulerer i husets radiatorer. Dette er for at undgå oxidation i husets varmeanlæg. Til opvarmning af f.eks. et drivhus kan rørene føres direkte ind i drivhuset og placeres på gulvet.

Hyppige begynderfejl:

- For tør. Manglende vanding eller kun vandet til sidst, hvorved midten er tør. Der skal vandes løbende og gerne eftervandes dagligt de første dage efter opsætning.
- For løs. Ikke trådt nok fast. Biomilen damper tør, og det er umuligt at væde den op igen.
- Lukkede sider. Ingen ilt fra siden. Der skal helst luft til fra siden. En køresilo, gyllebeholder eller anden lukket beholder er heller ikke optimal. Man kan dog også få den til at virke uden luft fra siden. Som sagt skaffer mikroorganismene sig ilt ved at spalte vand, så hvis der er enzymer nok hertil, kan det lykkes alligevel.
- Manglende lys. Overdækket eller bygget indendørs. Biomilen skal have lys. Den må ikke bygges indendørs, overdækkes eller placeres i alt for meget skygge.
- Manglende "tændstof". Der er eksempler på, at biomilen ikke har taget varme. Hvis man f.eks. bruger ren træflis uden ret meget bark, er der ikke "tændstof" nok. Det er nødvendigt med noget kvælstofholdigt og/eller sukkerholdigt, frisk, let omsætteligt som f.eks. husdyrgødning eller kløvergræs.
- Substraterne er ikke friske. Hvis træflisen leveres nogle dage før, at man begynder at bygge, og den begynder at tage varme inden. I dette tilfælde er processen gået i gang, og det er meget uheldigt at afbryde på det tidspunkt, da der ikke vil være "tændstof" nok til at starte processen op på ny.
- Tilsluttet for sent. Varmeslangerne skal tilsluttes med det samme, eller senest dagen efter for at undgå, at biomilen bliver for varm.

- Hul på en varmevekslerslange. Dette er rigtigt ærgerligt. Hullet kan som regel kun findes ved at skille det hele ad igen. Det kan derfor anbefales at trykprøve varmeveksleren for hvert lag og undgå samlinger inde i biomilen og i stedet trække alle samlinger ud på en side og lave et lille, let isoleret teknikskab på siden af milen.

Er det første gang, du bygger en biomile, anbefales det at starte med en mindre og gøre dig nogle erfaringer, inden du bygger en på flere hundrede kubikmeter, der kan varme hele sognet op.

Nedtagning

Når temperaturen i biomilen falder drastisk, er materialet omsat. I dette tilfælde bør man nemt kunne findele træstykker med fingrene. Komposten kan bruges som jordforbedring.

Hvis biomilen skilles omhyggeligt, kan rør og rionet genbruges flere gange. Vær derfor omhyggelig og skil biomilen lag for lag. Det kan være en tidskrævende proces.

Vær også opmærksom på, at milen kan være levested/overvintringssted for f.eks. pindsvin eller snoge.

Biomilen på Langagergaard

Som led i projektet "jordforbedring med komposteret flis", blev der i november 2015 konstrueret en biomile på Langagergaard. Formålet med biomilen var at opvarme en grisehytte til to smågrise. Denne vejledning udgør en huskeliste samt en erfaringsdeling, udviklet på baggrund af erfaringerne fra Langagergaard, litteratur samt andre lignende projekter.

Da ønsket var, at biomilen på Langagergaard skulle producere varme forholdsvis hurtigt, blev den konstrueret af 50% træflis lavet af grenafskær med høj barkandel, 40% slæt-græs og 10% halm. Materialerne blev blandet ved brug af minilæsser på støbt underlag – og transporteret med minilæsser til byggestedet.

Biomilen på Langagergaard blev placeret i forbindelse med fangefolden, hvor grisehytten skulle placeres. Bygger man en større biomile, kræver det, at man kan køre med læssemaskine. I dette tilfælde kan det være rart med en plads med fast bund, for at det ikke bliver noget smadder. På Langagergaard blev der ikke brugt køreplader, og underlaget omkring biomilen var kørt en del op pga. arbejdet.

På Langagergaard blev milen bygget rund med et fundament af minibigballer og uden brug af rionet. I milen på Langagergaard blev det første lag slange lagt efter 60 cm materiale. 3 gamle taglægter blev bundet sammen på midten, så de dannede en basis, hvorpå vandslangen blev fikseret med strips. Vandslangen er uden samlinger i milen.



FIGUR 8:
PEL-slanger monteret på lægter.

På Langagergaard blev følgende komponenter fremskaffet til VVS-arbejdet:

- Blandeventil: Blandeventilen sikrer, at temperaturen på returvandet ikke er under 30 °C. Hvis temperaturen er under 30 °C, blandes varmt vand. Dette sikrer, at omsætningen ikke går i stå som følge af nedkøling om vinteren.
- Cirkulationspumpe: Cirkulationspumpen sikrer cirkulationen i anlægget.
- Udluftningsventil: Anlægget er forsynet med udluftningsventil da dette anlæg, i lighed med traditionelle centralvarmeanlæg, er følsomt over for luft. Vi har også forsynet anlægget med stophaner og en mulighed for at tappe vand på anlægget.
- Radiator: Varmeafgivelsen fra anlægget sikres ved at føre vand ud i en klassisk radiator, som er placeret i svinehytten.
- Termometer: Varmestyring er jo en kerneopgave omkring optimal kompostering. Derfor er tre termometre monteret på biomilen på Langagergaard. Så nu kan der måles temperatur på vand ud, vand retur, vand i blandeventilen.

FIGUR 9:
Den færdige biomi-
le med påbegyndt
opsætning af
VVS-installationer.

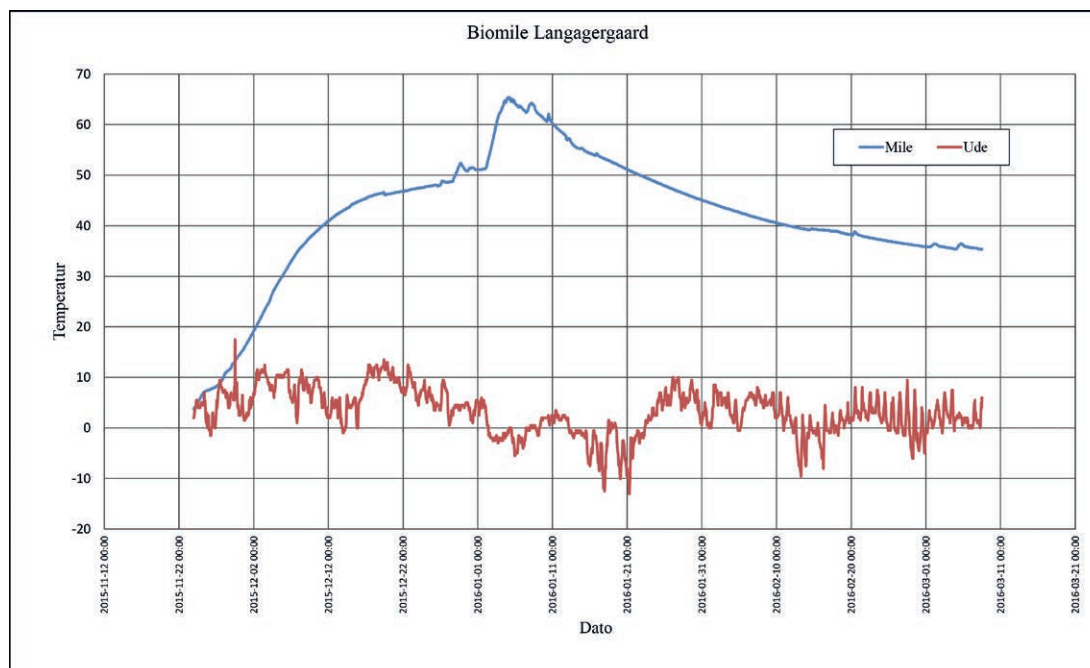


Resultater

CO₂-udledning fra biomile på Langagergaard:

Dato for måling	Målt 10 cm nede i biomilien	Målt lige oven på biomilien	Målt 1 m over biomilien	Temperatur i luften	Luftfugtighed
7/12-15	3096 ppm	394 ppm	435 ppm	11,5 C	84,2 % HM
19/12-15	874 ppm	451 ppm	397 ppm	11,2 C	85,0 % HM
7/1-16	1448 ppm	404 ppm	417 ppm	-0,7 C	61,6 % HM
11/2-16	1205 ppm	460 ppm	384 ppm	5,3 C	80,9 % HM
3/3-16	865 ppm	393 ppm	390 ppm	5,1 C	73,6 % HM

Temperaturudvikling fra biomile på Langagergaard:



VVS- installationerne har drillet på Langagergaard. Der er ingen samlinger inden i milen, og alle samlinger ude er testet igen og igen. Alligevel trækker systemet luft ind, så trykket i vandcirkulationen falder. Der er tilført mere vand til systemet, men selve cirkulationen lykkes ikke med at blive holdt i gang. Varmen blev derfor ikke konstant trukket ud af milen og transporteret over i radiatoren til afgivelse der. Det kan forklare, hvorfor temperaturen relativt hurtigt steg kraftigt – og siden er faldet til et stabilt leje.

Den VVS-mæssige side af biomile-projektet har brug for noget udvikling, og at fagfolk arbejder med at udtænke den optimale opsætning. Det er desværre ikke muligt inden for rammerne af dette projekt.

