

# Skjern Enge som rollemodel

Genetablerede vådområder fjerner kuldioxid fra atmosfæren og binder det som tørv, men samtidig udleder områderne metan, som er en meget stærk drivhusgas. I en unik måleserie er balancen mellem de to processer i Skjern Enge blevet målt kontinuerligt siden september 2008.

Af Mathias Herbst, Rasmus Ringgaard og Kirsten Schelde

■ Danmark kan forbedre sit klimaregnskab ved at bruge nogle af sine arealer anderledes. Men ideen om, at det automatisk gavner klimaet at retablere vådområder, er tvivlsom.

Det viser de første to års målinger af gasstrømmene mellem Skjern Enge og atmosfæren: vådområdet var et drivhusgasdræn i 2009, men året efter var det en drivhusgaskilde.

Skjern Enges drivhusgasbalance påvirkes nemlig af en lang række naturlige og menneskeskabte faktorer som vandstand, temperatur, årstidernes længde, sne, høslæt, afgræsning og bøvsende kvæg.

Det kræver adskillige års fortsatte målinger og analyser at få et overblik over, hvilke faktorer der spiller de største roller – og hvordan de kan påvirkes gennem f.eks. naturpleje.

**Skjern Enge som rollemodel**  
Skjern Enge er med sine 2200 ha Danmarks største genetablerede vådområde. Efter udretningen af Skjern Ås løb i 1960'erne blev Skjern Enge genetableret



Foto: Rasmus Ringgaard

*Afgræsningen af engene betyder, at lysesiv vinder frem i området, da kreaturerne ikke æder dem.*

som vådområde i årene 1999-2002. Anlægsteknisk er det Nordeuropas største naturgenopretningsprojekt og fungerer som rollemodel for lignende projekter. Plante- og dyrelivet i området er ved at udvikle sig mod en tilstand karakteristisk for moser og vådenge, og

sjældne dyr og planter har fået forbedrede levesteder. Derfor har området allerede nu fået en betydelig naturmæssig værdi og er velbesøgt og værdsat såvel af lokale som af en stigende strøm af turister.

Derimod ved man ikke endnu, hvordan genetablerin-

gen påvirker stofstrømmene, kulstofoplagringen og drivhusgasbalancen i denne del af ådalen.

Direkte og kontinuerlige målinger af gasudvekslingen mellem overfladen og atmosfæren kan derfor belyse dette vigtige aspekt af genopretnin-

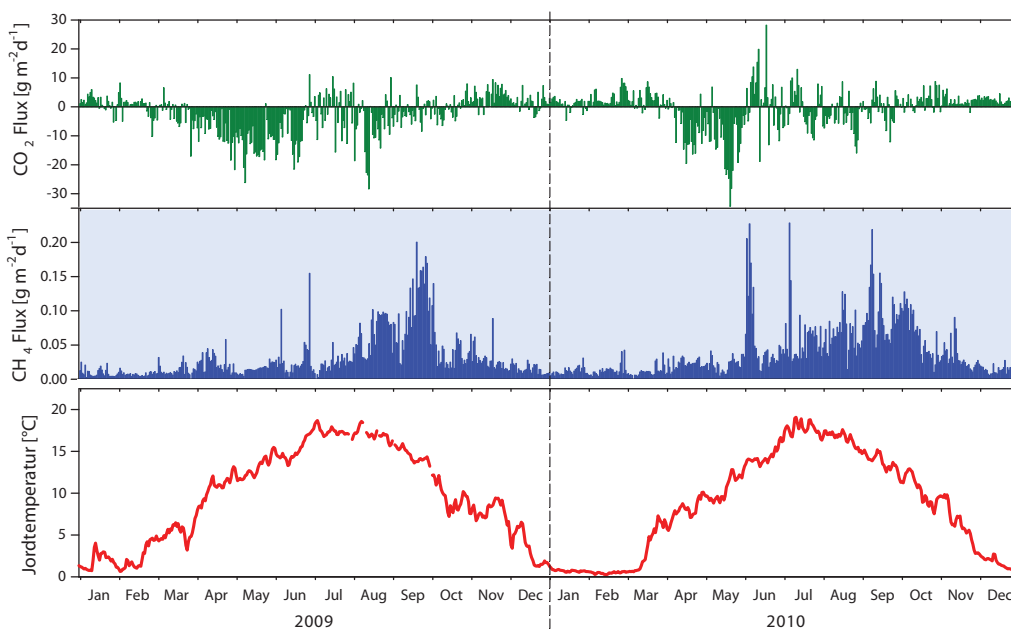
# Målestation

Efter aftale med Skov- og Naturstyrelsen blev måleudstyret på Skjern Enge installeret i et levende hegn midt i området på Gammel Botoftevej, tæt ved trækfærgen over Skjern Å. Målingerne omfatter vejrdata som lufttemperatur og -fugtighed, jordtemperatur, lysindstråling, nedbør, vind og åens vandstand. Områdets udseende kan iagttages gennem et bevægeligt web-kamera, som automatisk gemmer et billede hver dag. Vindhastighed og -retning måles med et ultralydsanemometer, som registrerer både den lodrette og den vandrette vindhastighed 10 gange hvert sekund (10 Hz). Anemometeret er monteret i en højde af 7 m over jordoverfladen.

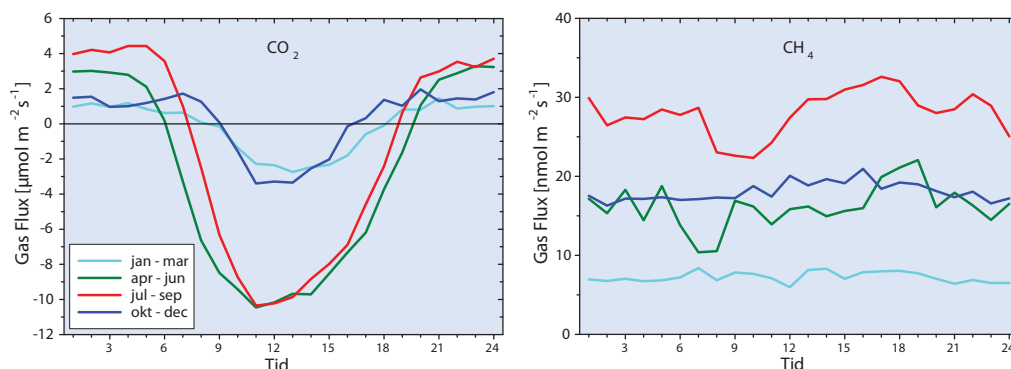
Desuden er 2 gasanalytatorer installeret i et lille skur på hegnets nordvestlige side. Luften bliver med høj hastighed (op til 20 m/s) trukket ned gennem to slanger fra den samme højde, hvor anemometeret er installeret, og koncentrationerne af CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> bliver ligeledes målt med 10 Hz. Strømmene af CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> beregnes ud fra samvariationen mellem den lodrette vindhastighed og gassens koncentration, som står i et direkte forhold til gasstrømmen (metoden kaldes *Eddy covariance*). Metoden integrerer over et stort areal ("fodaftrek"), afhængig af atmosfærisk stabilitet. I gennemsnit "ser" instrumenterne et område ud til en afstand, som er cirka 100 gange større end deres højde over overfladen. Det betyder, at målingerne i Skjern Enge leverer gennemsnitstal for et areal på mange hektar.



Foto: Rasmus Ringgaard



Figur 1. Daglige strømme for hhv. kuldioxid (CO<sub>2</sub>) og metan (CH<sub>4</sub>) samt temperaturforløbet over den toårige måleperiode i Skjern Enge. Opadrettede strømme er vist som positive tal.



Figur 2. Gennemsnitlige døgnvariationer for strømmen af hhv. CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> på forskellige årstider gennem 2009.

gen af vådområder. I projektet, som gennemføres af Center for Hydrologi (HOBE), ser vi både på de hydrologiske processer i Skjern Å's opland i Vestjylland og på områdets drivhusgasbalance. Vi har således registreret en af verdens længste uafbrudte måleserier af metan, hvorved HOBE-projektet udvider Skjern Enges status til en rollemodel inden for klimaforskning.

## Drivhusgasstrømmens variationer

Målingerne af den daglige udveksling af drivhusgasser mellem jordoverfladen og atmosfæren i perioden 2009-10 viser, at udvekslingen generelt var større i sommerhalvåret, når luft- og jordtemperaturen ligeledes var højere. Dog fulgte hverken kuldioxid (CO<sub>2</sub>) eller metan (CH<sub>4</sub>) temperaturudviklingen gennem året særligt tæt (se figur 1).

På døgnbasis blev der gennem foråret kontinuerligt oplagret CO<sub>2</sub>, mens resten af året viste et blandet billede, da døgnværdierne ofte skiftede fortegn. Strømmen af metan skiftede derimod aldrig retning, idet der konstant blev afgivet metan fra vådområdet til atmosfæren. Forløbet var uregelmæssigt og indeholdt nogle perioder med ekstremt høje døgnværdier, f.eks. midt i september 2009 og i begyndelsen af juni 2010.



Eksempel på "forstyrrelse" der påvirkede drivhusgasregnskabet set gennem målestationens webkamera – her afgræsning den 2.6.2010.

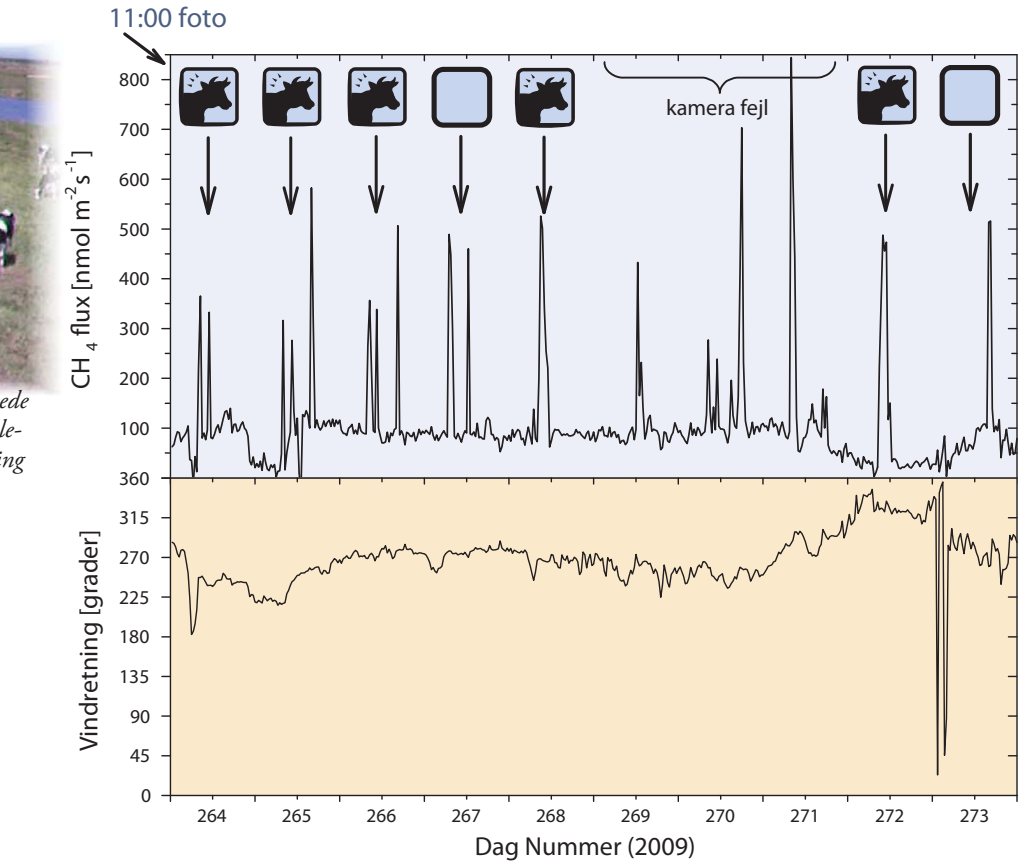
Man finder altså kun døgnvariationer i strømmen af CO<sub>2</sub>, ikke i CH<sub>4</sub> (figur 2). Gennem hele året var CO<sub>2</sub>-strømmen rettet nedad om dagen og opad om natten. De dage, der havde flest timer med CO<sub>2</sub>-optag, fandtes i perioden april til juni, hvor indstrålingen allerede var høj, men temperaturerne og dermed økosystemets respiration stadigvæk var lavere end senere på sommeren.

### Køer påvirker metanmålinger

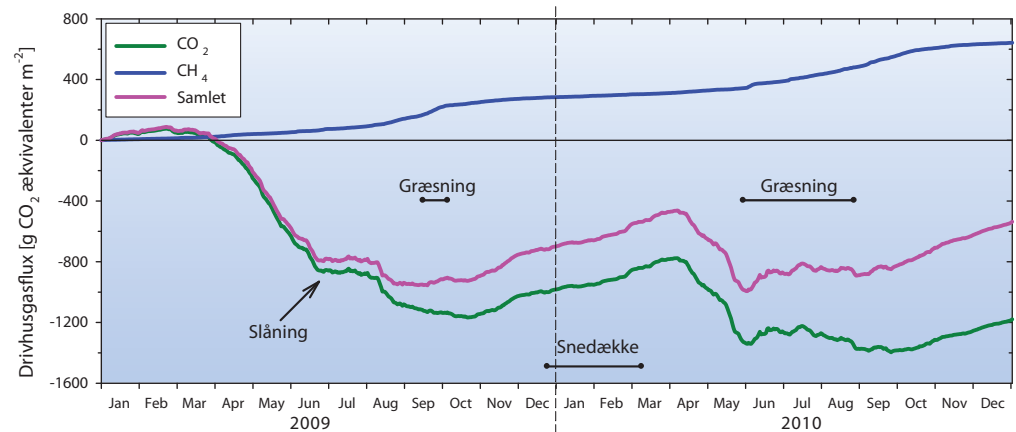
Metanudslippet fulgte ikke kun de meteorologiske forhold. Ved hjælp af et web-kamera blev det opdaget, at perioder med ekstremværdier i metanudslippet (hvor strømmene blev femdoblet i forhold til den gennemsnitlige baggrundsstrømning) altid faldt sammen med tilstedeværelsen af græssende kreaturer på engene (figur 3).

Kvæg er kendetegnet ved at afgive metan via deres respiratoriske system ("prutter og bøvsér"). Ifølge Danmarks Miljøundersøgelser udleder køer i Danmark gennemsnitligt 126 kg metan per hoved om året og tyre 37 kg per hoved om året.

De ko-inducerede ekstremværdier bidrog med ca. 14 % til det samlede toårige metanudslip. Da afgræsningen fandt sted på alle enge omkring målestati-



Figur 3. Tidsforløbet for CH<sub>4</sub>-udslippet i en 10 dages periode i september 2009 med afgræsning og vestenvind. Ko-symboler indikerer kreaturerens tilstedeværelse i måleområdet ifølge webkameraets daglige billeder mod vest, som altid blev optaget kl. 11:00 (tidspunkterne er indikeret med pilene).



Figur 4. Skjern Enges kumulerede drivhusgasbudget over hele måleperioden. CH<sub>4</sub>-udslippet er omregnet til CO<sub>2</sub> ækvivalenter. Perioder med "forstyrrelser" i området er også indikeret.

onen og vindretningen skiftede uafhængigt af kreaturerens aktuelle opholdssted, kan man gå ud fra, at man efter en tilstrækkeligt lang periode (som f.eks. to år) vil have registreret kreaturerens gennemsnitlige bidrag til områdets metanudslip.

For at finde ud af, hvilke andre faktorer der styrer metanudslippet, blev ekstremværdierne fjernet fra data. De

korrigerede daglige metanstrømninger blev sammenlignet med jordtemperaturen, men der viste sig kun en klar sammenhæng i den periode, hvor vandstanden i Skjern Å var høj, dvs. cirka 10-20 cm under jordoverfladen. Sammenhængen mellem metanstrømme og temperatur forsvandt, når vandstanden faldt under dette niveau. Således bestemmer både hydrologien,

klimaet og naturplejeaktiviteter som græsning den aktuelle størrelse af metanudslippet og dermed områdets rolle i Danmarks drivhusgasbudget.

### Skjern Enges samlede regnskab

Betragter man den samlede udvikling i drivhusgasregnskabet over hele den toårige måleperiode (se figur 4), kan det for





Foto: Rasmus Ringgaard

## Vådområder og drivhusgasser

I naturen bliver  $\text{CO}_2$  optaget af vegetationen gennem fotosyntese og afgivet til atmosfæren gennem planters og dyrs ånding og gennem forrådnelse af organiske stoffer. Fotosyntesen styres hovedsageligt af sollyset, men begrænses også af meget lave eller meget høje temperaturer. Respiratoriske processer som ånding og forrådnelse stiger generelt med stigende temperatur.

Hvis fotosyntesen er større end de samlede respiratoriske processer, er et område et naturligt kulstofdræn – dvs. der trækkes kulstof ud af

atmosfæren og bindes i plantemateriale. Men det betyder ikke altid, at det også er et drivhusgasdræn. I vådområder afgives nemlig en del af kulstoffet til atmosfæren som metan ( $\text{CH}_4$ ). Metan er 25 gange mere effektiv som drivhusgas end  $\text{CO}_2$  og produceres gennem forrådnelsesprocesser i iltfattige, organiske jorde. Findes der et tørt jordlag ved overfladen, frigives dog kun en del af det opståede metan, mens resten på vejen op bliver nedbrudt til  $\text{CO}_2$ . Desuden kan organiske jorde udlede kvælstof i form af lattergas, som er 298 gange mere effektiv som drivhusgas end  $\text{CO}_2$ .

det første ses, at udledningen af metan næsten halverer den positive effekt som kuldioxidoptaget har på drivhuseffekten – et resultat, der først og fremmest skyldes de perioder, hvor afgræsningen fandt sted på engene.

For det andet understreger resultaterne, at naturplejeaktiviteter ligeledes har påvirket  $\text{CO}_2$ -udvekslingen. Mens kreaturerne var til stede blev der ikke målt noget nettooptag af  $\text{CO}_2$ . Det samme gælder den første halvanden måned efter græsslåningen i sommeren 2009. I 2010 blev perioden med et  $\text{CO}_2$ -optag yderligere forkortet på grund af den usædvanligt lange periode hvor området var snedækket. Det forsinkede starten af vækstsæsonen med over en måned i forhold til 2009.

De naturlige og menneskeskabte forstyrrelses betydning for Skjern Enges drivhusgas-

budget bliver endnu mere tydelig, når man opdeler måleserien i to separate år (se tabel). Mens 2009 næsten var fri for forstyrrelser (bortset fra høslæt og en kort afgræsningsperiode i efteråret), var 2010 præget af afgræsning gennem hele sommeren, sne samt en meget høj vandstand i sensommeren pga. store regnmængder i august (figur 5). Når man omregner  $\text{CH}_4$ - til  $\text{CO}_2$ -ækvivalenter, viser det sig, at Skjern Enge var et drivhusgasdræn i 2009 (700 g  $\text{CO}_2$ -ækvivalenter/ $\text{m}^2$  blev fjernet fra atmosfæren), men en mindre drivhusgaskilde i 2010, da 163 g  $\text{CO}_2$  ækvivalenter/ $\text{m}^2$  blev frigivet. Selvom dette genetablerede vådområde altså hele tiden oplagrede kulstof (259 g/ $\text{m}^2$  i 2009 og 42 g/ $\text{m}^2$  i 2010), havde det kun periodevis en positiv effekt på oplandets drivhusgasbudget.

### Stadig huller i viden om metanudslip

Skjern Enges  $\text{CO}_2$ -oplagring i 2009 stemmer overens med tidligere undersøgelser i Holland og England, hvor vådengene gennemsnitligt oplagrer cirka 200 til 300 g kulstof/ $\text{m}^2$  om året. Mens drænede enge ofte taber kulstof, der har været bundet i jorden, i form af  $\text{CO}_2$ , binder genetablerede vådområder altså atmosfærisk  $\text{CO}_2$  igen som tørv.

$\text{CH}_4$ -udledninger fra vådområder er dog mere vanskelige at forudsige end  $\text{CO}_2$ -oplagringen. Mens udledningen fra kreaturer er kendt, mangler der troværdige langtidsundersøgelser af det samlede  $\text{CH}_4$ -udslip fra vådområder. Man ved heller ikke, om kreaturerne  $\text{CH}_4$ -produktion på engene er den samme som i laboratoriet, og om deres tilstedeværelse har yderligere effekter på metanproduktion og oxida-

tion i jorden pga. ændringer i vegetationen og jordstruktur. F.eks. er det tydeligt, at lysesiv normalt ikke ædes af kreaturerne, og afgræsningen fremmer således udbredelsen af lysesiv, som transporterer metan fra rodzonen direkte til atmosfæren udenom de tørre jordlag, hvor det ellers nedbrydes til  $\text{CO}_2$ .

De hydrologiske forhold, som er mest afgørende for  $\text{CH}_4$ -udledninger fra organiske jorde, kan have en stor rumlig variabilitet i et genetableret vådområde. Det skyldes blandt andet, at gravearbejdet har skabt uregelmæssigheder i landskabet, og det afspejles i, at metanstrømmen varierer med vindretningen. For at få et retvisende billede af udledningen af drivhusgasser kræver det derfor en målemetode, som ikke kun indsamler data gennem hele året, men som desuden integrerer over et repræsentativt udsnit af arealet.



Figur 5. Andre eksempler på "forstyrrelser" der påvirker drivhusgasregnskabet set gennem målestationens webkamera: snedækning 6.3.2010 og oversvømmelse 25.8.2010.

### Om forfatterne



Mathias Herbst er postdoc ved Institut for Geografi og Geologi Københavns Universitet  
E-mail: mh@geo.ku.dk



Rasmus Ringgaard er ph.d.-studerende ved Institut for Geografi og Geologi Københavns Universitet  
rr@geo.ku.dk



Kirsten Schelde er seniorforsker ved Institut for Agroøkologi Aarhus Universitet  
Kirsten.Schelde@agrsci.dk

### Videre læsning

Herbst M, Friborg T, Ringgaard R, Søgaard H (2011) Catchment-wide atmospheric greenhouse gas exchange as influenced by land use diversity. *Vadose Zone Journal* 10, 67-77.

Herbst M, Friborg T, Ringgaard R, Søgaard H (2011) Interpreting the variations in atmospheric methane fluxes observed above a restored wetland. *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 841-853.

Dröslér M, Freibauer A, Christensen TR, Friborg T (2008) Observations and status of peatland greenhouse gas emissions in Europe. In: Dolman, A.J., Freibauer, A. og Valentini, R. (eds.) *The continental-scale greenhouse gas balance of Europe. Ecological Studies* 203, pp. 243-261. Springer Verlag, Berlin.

Tabel: CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> bidrag til hhv. kulstof- og drivhusgasbudget

Tidsperiode	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> som CO <sub>2</sub> -ækvivalenter	Samlet budget som CO <sub>2</sub> ækv.
2009	983 g optag (268 g kulstof)	11 g udslip (9 g kulstof)	284 g udslip	700 g optag
2010	195 g optag (53 g kulstof)	14 g udslip (11 g kulstof)	359 g udslip	163 g udslip
2 år samlet	1179 g optag (322 g kulstof)	26 g udslip (19 g kulstof)	642 g udslip	536 g optag

### Lattergas – en ukendt faktor

Lattergas er den tredje vigtige drivhusgas i det åbne land. Lattergas er en stærk drivhusgas, som kan bidrage betydeligt til drivhusgasbalancen for dyrkede mineralske eller organiske jorde. I Skjern Enge oplandet har vi ikke målt udslippet af lattergas, så vi kender ikke dens bidrag til balancen for oplandet. Lattergasudslip forekommer især, når jorden er lun og hverken for våd eller for tør, så de største udslip finder typisk sted i sommerhalvåret, når grundvandet ikke står så højt. Udenlandske undersøgelser har vist, at arealer, hvor moser og engområder er uopdyrkede eller dyrkes uden brug af gødning, kun viser små udslip af lattergas. På organiske jorde, der gødskes eller hvor der er hyppig afgræsning, kan der til gengæld måles forhøjede udslip, så lattergas udgør op til 45 % af den samlede drivhusgasbalance.

Da Skjern Enge kun afgræsses ekstensivt som en del af naturplejen, forventer vi at området har en lav udledning af lattergas, måske af størrelsesordenen 1,6 kg N<sub>2</sub>O/ha/år. Idet lattergas har en drivhuseffekt, som er ca. 298 gange stærkere end den for CO<sub>2</sub>, svarer det til en drivhus-

gaskilde på årligt 47 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Det estimerede bidrag fra lattergas forrykker engenes samlede balance yderligere i retning mod en drivhusgaskilde.

### Langtidsundersøgelser nødvendige

Kun de seneste års teknologiske udvikling har gjort det muligt at måle kuldioxid- og metanstrømme mellem jordoverfladen og atmosfæren direkte og kontinuerligt over et stort areal ved hjælp af *Eddy covariance*-metoden (se boks om målestation). Med denne teknik kan dataindsamlingen fortsættes gennem flere år, og det er nødvendigt både for at vurdere naturplejens betydning for drivhusgasbalancen og for at fange en bred vifte af vejrforhold gennem alle årstider. Det forventes, at flere års målinger vil vise, hvordan forskellige tidspunkter og varigheder af vandstandsændringer i åen eller forskellige tids-

punkter og frekvenser af græsning og græsslåning vil påvirke ådalens drivhusgasbudget. Det gælder ikke kun CO<sub>2</sub>-optaget fra atmosfæren som tørvedannelse, men i høj grad også metanregnskabet. Metan spiller en vigtig rolle i drivhusgasbudgettet, og det vil give et vildledende resultat, hvis metans effekt ikke medregnes i årsbudgetterne.

Den simple vurdering, at retablering af vådområder automatisk hjælper klimaet gennem et øget optag af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, er derfor utilstrækkelig. De fortsatte målinger af variationerne i Skjern Enge i de kommende år vil belyse, hvilke naturlige og menneskeskabte faktorer der har størst betydning for drivhusgasudvekslingen mellem jordoverfladen og atmosfæren, og hvordan naturplejen muligvis kan tilpasses for at forbedre de genoprettede vådområders drivhusgasbudget. ■

## Tværfagligt center

Center for Hydrologi, Det hydrologiske Observatorium HOBE, har siden 2007 bragt syv tværfaglige forskergrupper sammen om at øge den videnskabelige forståelse af omfattende hydrologiske processer. Centret har til huse på Københavns Universitet og er finansieret fra Villum Fonden med 32,8 mio. kr. for 2007-2012 og 32 mio. kr. for 2012-2017.