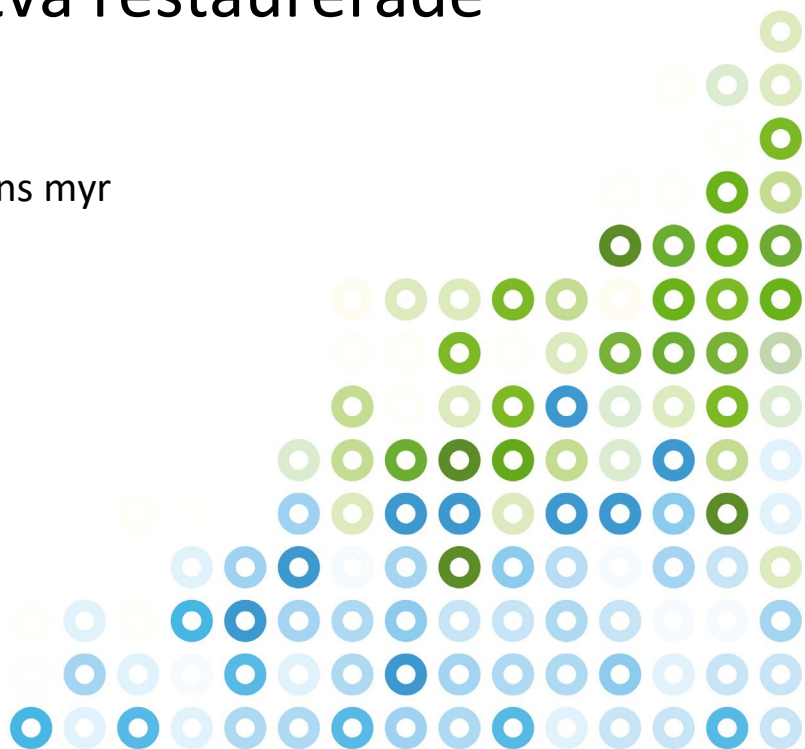




Växthusgasflöden i två restaurerade myrar

Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr

2024-09-24



Projektledare Åsa Kasimir vid Göteborgs universitet har hela ansvaret för innehållet i denna rapport. Innehållet ska inte tolkas som Europeiska unionens eller EU-kommissionens officiella ståndpunkt.

The project leader Åsa Kasimir has full responsibility for the content (text and images) of this report. The content should not be interpreted as the official view of the European Commission or the European Union.

ISBN

978-91-986872-4-8

GRIP on LIFE's rapportserie

2024.04

Författare

Åsa Kasimir

Beställare

Länsstyrelsen i Jönköping län och Länsstyrelsen i Jämtlands län

Projektledare

Åsa Kasimir

Projektgrupp

Sofia Ellergård

Elin Götzmann

Omslag

Leif Klemedtsson och David Allbrand på Anderstorps stormosse,
fotograf Åsa Kasimir

Diarienummer hos Länsstyrelsen i Jönköpings län

511-7280-2024

Diarienummer hos Länsstyrelsen i Jämtlands län

7340-2024



Med bidrag från Europeiska
unionens LIFE-program

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	6
Summary	7
Bakgrund	8
Motiv	11
Metod	13
Modellberäkning	17
Resultat	18
Vegetation	18
Grundvattennivåer	25
Anderstorps stormosse	25
Ånnsjöns myr	27
Temperatur	28
Anderstorps stormosse	28
Ånnsjöns myr	28
Gasmätningar Anderstorp	28
NEE	28
Ekosystemrespiration	29
Fotosyntes	30
Metanflux	31
Lustgas	32
Sammanfattning av gasmätningar	32
Gasmätningar Ånnsjöns myr	34
NEE	34
Ekosystemrespiration	35
Fotosyntes	36
Metan	37
Lustgas	37
Sammanfattning av gasmätningar	37
Analys och diskussion	39
Analys	39
Påverkan av markvattennivå	39
Växternas påverkan	40
Tidsaspekter på återvätningen	43

Skillnader _____	43
Uppskalning för helår med CoupModellen _____	43
Kolbalansen jämfört med andra data _____	44
Diskussion _____	46
Litteratur/källförteckning _____	48

Förord

Länsstyrelserna i Jämtland och Jönköping ingår i EU-projektet *GRIP on LIFE IP* (LIFE16 IPE SE 009, förkortat GRIP). Som en del av detta projekt (Action C6.2, kallat VIRV) genomförde Länsstyrelserna en pilotstudie av koldioxid-, metan- och lustgasbalansen på ett par restaurerade näringsfattiga myrar och ett par jämförbara referensområden som inte påverkats av dränering. Som studieobjekt har två myrar som restaurerats inom EU-projektet *Life to Ad(d)mire* valts ut: Anderstorps stormosse i Jönköpings län och Ånnsjön i Jämtlands län.

I november 2019 skrevs ett samarbetsavtal mellan Länsstyrelsen och Göteborgs universitet om att genomföra mätningar av växthusgaser med mera vid ovanstående myrar. Syftet var att i en pilotstudie studera växthusgasbalanser i de restaurerade myrarna, och gärna också ta reda på om växthusgasbalansen i en restaurerad myr återgår till att bli så som i en hydrologiskt opåverkad myr.

Mätningar av framför allt koldioxid och metan har genomförts under sommarhalvåren 2020, 2021 och 2022. Dessutom har mätutrustning samlat data på vattennivåer och temperaturer under dessa år.

Värdefulla data har generats i projektet som kan användas för att förstå växthusgasbalanser i naturlig och restaurerad myr. Från det här projektet kan vi se att restaurerad myr kan ge liknande växthusgasbalanser som från naturlig myr, men att så inte alltid är fallet, vilket mätningar på Anderstorps stormosse visade.

Göteborg, april 2024

Åsa Kasimir
Docent i Naturgeografi, Göteborgs universitet

Sammanfattning

Syftet med projektet VIRV (Växthusgasbalanser I Restaurerade Våtmarker) var att undersöka ifall den restaurering som genomförts i projektet *Life to Ad(d)mire* med syftet biologisk mångfald också resulterat i liknade gasflöden som naturliga myrar. Göteborgs universitet fick uppdraget att mäta växthusgaser på två av de restaurerade myrarna, en i Småland och en i Jämtland. Efter att spänger byggts över både restaurerad myr och över mer opåverkad naturlig myr på Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr inleddes gasmätningar sommaren 2020. Sammanlagt fyra ytor undersöktes med 12 ramar permanent placerade i marken på vardera ytan där manuell gasmätning gjordes med både kammare/låda med klarglas, som var som ett litet växthus, och ogenomskinlig kammare. Gaskoncentrationen i lådan lästes av med en gasanalysator med fem sekunders mellanrum under några minuter. När gaskoncentrationen i lådan går ner visar det på ett upptag och om den går upp ett utsläpp. Data på vegetationens sammansättning, vattennivåer och temperatur samlades också in. Vardera ytan besöktes för att samla data en gång per månad under sommarhalvåret i tre år.

Sommarens mätningar visade att alla fyra ytor hade ett större upptag av CO₂ genom växternas fotosyntes än vad som andades ut och resulterade i en sammanlagd nettoinlagring av kol i hela ekosystemet. De uppmätta gasflödena dagtid under sommaren visade sig vara lika stora på tre av ytorna, de två ytorna i Jämtland samt referensytan i Småland. Däremot visade den restaurerade ytan i Småland en större kolinlagring än de övriga ytorna. Den senare ytan skiljer också ut sig genom lägre markvattennivå och mer buskvegetation än de övriga ytorna. Vegetationens sammansättning påverkade gasflödena mycket, och de ramar som innehöll ris som till exempel ljung hade både stor fotosyntes och andning som sammantaget blev ett stort upptag. Metanemission var oregelbunden och vid många tillfällen så låg att någon emission inte gick att räkna fram. Särskilt var så fallet på den restaurerade ytan i Småland där metanemissionen var nära noll.

Nettoflöde av kol är resultatet av fotosyntes och respiration. Bägge styrs till stor del av temperatur men bara fotosyntes regleras av ljus. Att utifrån sommarmätningar ge en siffra på kolbalans över året är inte enkelt, eftersom markens andning fortsätter under vintern men fotosyntesen upphör. Mätningar kontinuerligt både dag och natt över hela året behöver då göras, vilket inte har varit möjligt att genomföra i det här projektet. Årliga flöden har i stället beräknats med modell utifrån hur reglerande faktorer varierar över dygn och år. I slutet av projektet gjordes beräkning av årsflöden med CoupModellen där våra uppmätta data användes för att säkerställa att modellen gav samma värde som mätningarna i den tidpunkt som mätningar genomfördes. Tvärtom mot sommarens nettoupptag under dagtid visade modellberäkningen förlust av kol över hela året. Balansen är dock känslig och nettot ligger nära noll. Resultatet kan tolkas som att alla fyra ytor är ganska lika och möjligen nära balans och att restaureringen har lyckats återfå likande växthusgasflöden som de blöta referensytorna har.

Mätdata från den restaurerade ytan på Anderstorps stormosse visade dock att den är något annorlunda än de andra. Det kan betyda att restaureringen här inte helt lyckats ge en hög och stabil markvattennivå som gynnar myrvegetation och förhindrar buskvegetation att utvecklas.

Summary

The purpose of the VIRV project (Greenhouse Gas Balances in Restored Wetlands) was to investigate whether the restoration carried out in the *Life to Ad(d)mire* project, aimed at biodiversity, also resulted in similar gas fluxes as natural wetlands. The University of Gothenburg was tasked with measuring greenhouse gases in two of the restored wetlands, one in Småland and one in Jämtland. Gas measurements began in the summer of 2020 after boardwalks were built over both the restored and more unaffected natural wetlands at Anderstorps stormosse and Ånnsjöns wetlands. A total of four sites were examined with 12 permanent frames placed in the ground at each site, where manual gas measurements were conducted using both chambers/boxes with clear glass, resembling small greenhouses, and opaque chambers. The gas concentration in the chamber was read with a gas analyzer at five-second intervals for a few minutes. When the gas concentration in the chamber decreases, it indicates uptake, and if it increases, it indicates emission. Data on vegetation composition, water levels, and temperature were also collected. Each site was visited to collect data once a month during the summer for three years.

The summer measurements showed that all four sites had a greater uptake of CO₂ through plant photosynthesis than what was respired, resulting in a net carbon sequestration in the entire ecosystem. Daytime measured gas fluxes during the summer were found to be similar on three of the sites, the two sites in Jämtland and the reference site in Småland. However, the restored site in Småland showed a greater carbon sequestration than the other sites. This latter site also stood out due to lower groundwater levels and more shrub vegetation compared to the other sites. Vegetation composition greatly influenced gas fluxes, and frames containing shrubs such as heather had both high photosynthesis and respiration, resulting in a significant uptake. Methane emission was irregular and often so low that no emission could be calculated. This was particularly the case at the restored site in Småland, where methane emission was close to zero.

Net carbon flux is the result of photosynthesis and respiration. Both are largely controlled by temperature, but only photosynthesis is regulated by light. Providing an annual carbon balance based on summer measurements is not straightforward because soil respiration continues during the winter while photosynthesis ceases. Continuous measurements both day and night throughout the year would need to be conducted, which was not feasible in this project. Instead, annual fluxes were calculated with a model based on how regulatory factors vary over day and year. At the end of the project, annual fluxes were calculated using the CoupModel where our measured data were used to ensure that the model provided similar value as when measurements were conducted. Contrary to the summer net uptake during daytime, the model calculation showed a loss of carbon throughout the year. However, the balance is sensitive, and the net is close to zero. The result can be interpreted as all four sites being fairly similar and possibly close to balance, and that the restoration has succeeded in restoring similar greenhouse gas fluxes as the wet reference sites.

Data from the restored site at Anderstorps stormosse, however, showed that it is somewhat different from the others. This may indicate that the restoration has not completely succeeded in providing a high and stable groundwater level that benefits bog vegetation and prevents shrub vegetation from developing.

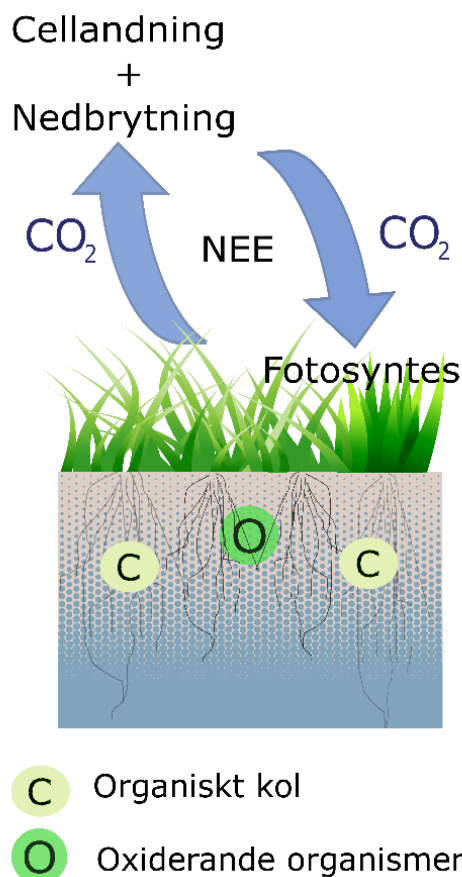
Bakgrund

Torv är växtrester som ansamlats i mark som är vattenmättad och fattig på syre, och därför går nedbrytningen mycket långsamt. I den sanka marken kan bara vissa anpassade växter klara sig, vilket är mossor och växter med ytliga rötter.

Torvbildande våtmarker kallas för myrar och finns av många sorter, de vanligaste kallas för kärr och mossar. All världens torvmarker innehåller mer kol än all världens skogar, trots att torvmarker täcker endast ca 3 % av markytan. Här i Sverige täcker torvmarker 1/5 av landytan och torven började ansamlas efter förra istiden, vilket med tiden har lett till att en del mossar nu har många meter djupa torvlager. Myrar lagrar per kvadratmeter mer än dubbelt så mycket kol som europeiska skogar (Hendriks *et al.*, 2020). De är dessutom relativt okänsliga för störningar så som bränder, vindskador och insektsangrepp, vilket skogar är känsliga för. Däremot tar de inte upp kol lika snabbt som skogar gör.

Över långa tidsskalor på tusentals år kyler myrar klimatet då de bortför koldioxid ur atmosfären, som lagras in i torvens organiska kol. Detta trots att orörda våtmarker avger metan som är en starkare växthusgas än koldioxid. Det förklaras av en kortare uppehållstid för metan i atmosfären än för koldioxid. Världens våtmarker bidrar till atmosfärens naturliga bakgrundskoncentration av metan. Orörda våtmarker är alltså långsiktiga kolsänkor, som måste skyddas och bevaras för största möjliga klimatnytta. I myrar har ackumuleringshastigheten varierat över tid och kan historiskt ha varit så hög som 13 ton koldioxid per hektar och år för mossar och 8 ton för kärr (Frolking *et al.*, 2001). Men hastigheten avtar med tiden och är nu någonstans mellan 0,8 och 2,6 ton koldioxid per hektar och år (Järveoja *et al.*, 2018). Denna kolbalans kan även mätas genom att uppskatta själva nettoutbytet av koldioxid mellan ekosystemet och atmosfären, och uttrycks på engelska som Net Ecosystem Exchange, eller NEE, figur 1¹. Beräkningar visar att våtmarker under de senaste 10 000 åren har sänkt jordens medeltemperatur med 0,6 °C (Frolking and Roulet, 2007); Joosten *et al.*, 2016).

¹ Figur som använts i boken ”Torvmarker, klimat och återvätning”.



Figur 1. Schematisk figur över processerna inblandade i kolcykeln. När fotosyntesen är större än cellandning + nedbrytning blir balansen (NEE) negativ vilket betyder en kolinlagring.

Torv skiljer sig från annan mark genom att vara mycket porös, med upp till 95 % porer, och fungerar som svampar i landskapet med stora vattenförråd (ref). Om torvens alla hålrum är vattenfyllda säger man att marken är vattenmättad, vilket också definierar grundvattennivån. I våtmarker kan den nå ända upp till markytan, och ibland över markytan så att vattenspeglar skapas. Vanligen ligger vattennivån något under markytan, vilket lämnar utrymme även för luftfyllda porer.

Människor har dikat myrmarker för att få mer mark till odling och för att öka avkastning av foderproduktion eller öka skogstillväxten. Torvmarker har också dränerats genom byggande av infrastruktur och hus samt för torvtäkter. Från mitten av 1800-talet ökade behovet av energi och nya maskiner möjliggjorde en ökad torvbrytning, av framför allt mossar med djupa torvlager. Oroliga perioder som andra världskriget ökade brytningen för energiändamål. Numera pågår torvbrytning på ca 12 000 hektar, och det mesta säljs som jord för trädgårdsändamål.

När marken blivit dränerad kommer mer syre ner i marken och torven bryts ner till koldioxid (CO₂) och om marken är näringsrik kan också lustgas (N₂O) avgå. Från dikad torvmark som används för jord- och skogsbruk avgår varje år drygt 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter vilket motsvarar 20 % av Sveriges territoriella växthusgasutsläpp, mer än från den svenska personbilstrafiken (data från Sveriges klimatrapportering 2023). Globalt är utsläpp från dikade torvmarker i

storleksordningen två miljarder ton (Leifeld and Menichetti, 2018). Det enda sättet att stoppa utsläppen från dessa marker är att göra dem blöta igen.

Kolbalansen är känslig för förändrade vattennivåer. Dikning och torkstress medför att jorden blir syrerik och varmare vilket leder till att torven som tidigare varit skyddad från nedbrytning i den syrefattiga blöta jorden bryts ner snabbare och CO₂ avgår. För torvmarker gäller generellt att ju djupare dränerad en torvmark är desto större blir förlusten av koldioxid, medan inbindning av kol är störst om grundvattenytan ligger nära markytan (Evans *et al.*, 2021).



Figur 2. Anderstorps stormosse när marken är helt vattenmättad och vattnet syns ovan ytan. Foto: Åsa Kasimir

Motiv

Stora arealer myrmark har dikats och torven utsatt för luftens syre och därmed har den brutits ner med stort utsläpp av koldioxid. Den värsta sortens destruktion av torvmark är torvtäkt där torven grävs upp och bränns eller bryts ner i trädgårdar där det mesta som bryts i Sverige hamnar. Sverige rapporterar ett utsläpp om 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. Dikningarna har också negativt påverkat den biologiska mångfalden, näringsretention, buffring av vatten i landskapet med mera. Genom att restaurera våtmarker finns det stora möjligheter att påverka utsläppen och samtidigt främja den biologiska mångfalden. Det senare har i många fall varit motivet för restaureringsåtgärder i landskapet. Intresset har ökat för att återställa vattennivåer som klimatåtgärd, både i Sverige och i andra länder med liknande problematik. Med det ökade intresset för restaurering och återvätning blir det extra viktigt att tillgodose behovet av ett kunskapslyft för beslutsfattare och praktiker ute i fält. Forskningen har också gjort framsteg som påvisar just klimatnyttan av återvätning av dränerade torvmarker.

Flest våtmarksrestaureringar har motiverats med ökad biologisk mångfald, vilket också var motivet för att restaurera Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr. Dessa restaureringar gjordes i programmet *Life to Ad(d)mire*. Därmed finns inga mätdata på storleken av växthusgasflöden innan restaureringen gjordes eller strax därefter.

Anderstorps stormosse är sedan 2009 naturreservat och Natura 2000-område. Syftet med naturreservatet var att bevara Sydsveriges största myrkomplex med högmossar, men även att återställa de delar som tidigare varit myr. Tidigare var två områden torvtäkt varav den ena av de restaurerade täktområden använts för mätningar i det här projektet. Torvtäkterna inleddes under 1940-talet varvid mossen dikades med många parallella diken med 20 meters mellanrum och där torven togs upp bildades djupa torvgravar.

I EU-projektet *Life to Ad(d)mire* restaurerades hydrologin i torvtäktssområdena mellan 2013 och 2015. Torvgravar dämades upp och diken pluggades. Träd- och buskvegetation röjdes bort från den tidigare dränerade marken för att förhoppningsvis återfå en öppen högmosse. Det rapporterades då att vattennivån i marken steg och att vitmossa återkommit i den nu blötare miljön.



Figur 3. Torvgrav efter torvbrytning på Anderstorps stormosse 2020, fem år efter återvätning. Torvbrytning pågick här under andra världskriget, men området är nu naturreservat. Foto: Åsa Kasimir

Ånnsjön omges av myr och en del skog och längre bort fjäll. Myrmarkerna är mosaikartade med stor variation i flora och vegetation. Ånnsjön och omgivande myr är en viktig fågellokal. Nära byn Ånn dikades markerna 1915–1916, uppgift saknas om varför, men troligen för att man ville öka foderproduktionen, eftersom det står en lada som minner om att marken troligen har använts till att skörda hö. Många myrar dikades från 1800-talet på grundval av kampanjer i Sverige som påstod nödvändigheten av att bekämpa det som man då såg som vattenskadad och frostförande marker. Den tidens tro att myrmarker skulle leda till mer frost har tillbakavisats helt. Att myrmark är blöt är helt naturligt men uttrycket vattenskadad är trots allt kvar i språkbruket.

Också på Ånnsjöns myr genomfördes en hydrologisk restaurering inom EU-projektet *Life to Ad(d)mire* 2013, men här igenfylldes diken med torv. Restaureringen lyckades först inte då vatten fortsatte att rinna genom diken. 2014 gjordes ett nytt försök att stoppa upp vattnet genom att fylla diken med mer torvjord som skrapades ytligt från 10–15 meter på var sida av diket, som djupast 0,5 meter lager av jord skrapades bort. Den nakna jorden täcktes på några år med ny vitmossa.

Metod

På restaurerad myr i Småland (Anderstorps stormosse (AS)) respektive Jämtland (Ånnsjöns myr (ÅM)) genomfördes mätningar under tre år. För att inte störa marken vid installation av mätutrustning och frekvent spring vid insamling av data byggde länsstyrelserna i Jönköping och Jämtland spänger våren 2020, och därefter påbörjades installation av utrustning och mätning.

Anderstorps stormosse ligger i Småland (57°20'N, 13°35'E, 165 m.ö.h.). Väderdata från SMHI visar att för perioden 1991–2020 var medeltemperaturen 6,4°C och årsnederbörden 718 mm per år (Väderstation Jönköpings flygplats). Under mätperioden var den årliga nederbörden 860 mm varav 360 mm föll i genomsnitt under maj t.o.m. september då mätningar genomfördes. 2021 var det torraste året med 250 mm under maj t.o.m. september. Årsmedeltemperaturen var 7,8°C, och under maj t.o.m. september 14,1°C. SMHI open data från mätstation Hagshult i Småland.



Figur 4. Anderstorps stormosse, Google Earth-bild från 2020-09-22. I mitten på bilden kan spången skönjas med 12 sidospänger. På den restaurerade ytan i norr kan man fortfarande se spår av de många parallella diken som går från söder mot norr till torvgravarna. I södra änden av spången finns den orörda myren, referensytan. Det är tydligt att vegetationen har olika färg på respektive yta.

Ånnsjön är belägen i Jämtland (63°18'N, 12°31'E, 530 m.ö.h.). Väderdata från SMHI visar att för perioden 1991–2020 var medeltemperaturen 2,1°C och årsnederbörden 826 mm per år (Väderstation Storlien, Storvallen A). Ånnsjöns myr; under mätperioden var den årliga nederbörden 740 mm varav 310 mm föll i genomsnitt under maj t.o.m. september då mätningar genomfördes. 2022 var det torraste året med 270 mm under maj t.o.m. september. Årsmedeltemperaturen var 2,5°C, och under maj t.o.m. september 9,2°C (SMHI open data från mätstation Storlien-Storvallen A i Jämtland).



Figur 5. Ånnsjöns myr, överst den restaurerade ytan och därunder referensytan. Två parallella spänger ca 18 meter långa på vardera ytan kan knappt skönjas.

Växthusgaser mättes manuellt på 12 ramar på den restaurerade ytan plus 12 ramar på en yta som vi bedömde som opåverkad av mänskliga aktiviteter. Av praktiska skäl kunde vi inte slumpa ut placeringen av ramarna utan fick hålla oss till området vid spången. Ramarna placerades ut på olika typ av vegetation med totalt 24 ramar i Jämtland och 24 i Småland. Ramarna var av rostfri plåt och täckte en yta av 45 x 45 cm och stack 30 cm ner i jorden och bara den övre falsen med gummipackning

syntes ovanför markytan med ca 5–10 cm. Vid mättillfället sattes först en kammare med glasväggar och därefter en likadan kammare men med ogenomskinliga väggar på ramens gummipackning. När lådan står på ramen kan koncentration av gas i lådan antingen öka eller minska, och koncentrationen av koldioxid (CO₂) och metan (CH₄) mättes med en LosGatos portabel gasanalysator (UGGA). Mätning gjordes var femte sekund under fyra minuter, och från koncentrationsändringen räknas fluxen ut. Med transparent kammare får vi ett mått på nettokolutbytet (fotosyntes och respiration 'Net Ecosystem Exchange' (NEE)) samt mått på metanflödet vid den tidpunkt på dygnet som mätning genomfördes. Opak kammare ger mått på respiration från mark och växter, samt metanflödet. Provtagning för lustgas gjordes i en särskild isolerad kammare med hjälp av en liten pump som cirkulerar gasen mellan kammaren och en gastät glasflaska under en minut vid sju tidpunkter under de 60 minuter kammaren är stängd. Glasflaskan analyserades med gaskromatografi på halten av lustgas vid hemkomsten till laboratoriet i Göteborg, varvid flux beräknades. Vi hade problem med att ramar och kammare inte passade ihop, så det blev färre mätningar än planerat.

Ramarna vid Anderstorps stormosse var placerade i par med 1–2 meters mellanrum vid varje sidospång, 6 par vid restaurerad yta och 6 par vid referensytan. Vid Ånnsjöns myr placerades ramarna utmed spängerna. På restaurerade ytan var ram 1–4 utmed spången längst ifrån det igenfyllda diket och ram 5–12 utmed spången närmast diket men utanför det område som påverkats av jordskrap vid igenfyllning av diket. Referensytans ramar var placerade utefter två spänger, 6 utmed varje spång.

Förutom mätning av gaser har vi mätt grundvattennivåer med Solinst Levelogger. För det använde vi två meter långa plaströr med slitsar så att vatten kunde komma in i röret. Vid varje ram placerades ett rör. För att få ner rören i torvmarken förborrade vi hål i marken och därefter trycktes rören ner så att ca 10 cm stack upp och var synligt. I vartannat rör hängdes en barometer, på ca 1,8 meters djup, exakt längd noterades. I ett av rören hängdes en referensbarometer i ytan ovanför vattennivån, och skillnaden i tryck mellan denna och de övriga barometrarna djupt i marken användes för att beräkna vattennivåer. Dessutom mättes vattennivån i rören utan barometer med klucklod vid varje fältbesök. Tomstgivare loggade därutöver markfukt, temperatur på 10 cm under markytan, i markytan och i luften 10 cm ovanför markytan. Data på vattennivåer och temperatur insamlades över hela året. Vegetationens utveckling har följts genom att fotografera samtliga ramar vid varje tillfälle då gasmätningar gjorts. Dessutom gjordes en skattning av täckningsgrad av olika vegetationstyper i samtliga ramar.

Första mätningen gjordes på Anderstorps stormosse 2020-05-12 och därefter med ungefär fyra veckors intervall under sommarhalvåret 2020, 2021 och 2022. Den sista mätningen gjordes 2022-10-25, sammanlagt 19 mättillfällen. Resa till Anderstorps stormosse gjordes med Skogaryds forskningsstations buss och med egen bil. Oftast kunde mätning göras under en arbetsdag och ingen övernattning behövdes utom vid några tillfällen då vi sov över vid Stora Mosse nationalparks övernattningshus Kittlakull.

Vid Ånnsjöns myr gjordes första mätningen 2020-07-15 och sista 2022-11-01, med fyra veckors mellanrum totalt 14 gånger. Resa till Ånn gjordes med nattåg från Göteborg till Åre där vi hyrde en bil för transport vidare till Ånn. I Ånn hyrde vi rum och förråd för övernattning och för utrustningen. Mätningar genomfördes under

Covid-pandemin och egen sovkupé bokades till alla medverkande, och det var gott om plats att ta med mätutrustningen på tåget. Svårare var det med bokning av tågresor på grund av många banarbeten och inställda tåg.

Medverkande vid mätningar var:

Åsa Kasimir, projektledare och med vid de flesta mätningar.

Leif Klemedtsson, föreståndare vid Skogaryd forskningsstation, Göteborgs universitet. Utrustningen som användes i detta projekt hyrdes från forskningsstationen. Leif var med vid många mätningar.

David Allbrand, fälttekniker vid Skogaryd forskningsstation. David ansvarade för att all utrustning fungerade och att allt var packat inför mätning. Han var också med vid de flesta mätningar.

Vi hade också hjälp av tillfälliga sommaranställda vid Skogaryd forskningsstation. Under 2020 medverkade Haldor Olsson, Elio Bottagisio, Mario Rudner och Ulrika Ervander. Under 2021 David Ek och Andreas Arleborg, samt under 2022 Anja Lindfors.



Figur 6. Mätning vid Ånnsjöns myr augusti 2020. Överst den restaurerade ytan och därunder referensytan. Foto Åsa Kasimir

Modellberäkning

Dagtid på sommaren ger mätningar ett stort negativt värde på NEE eftersom fotosyntesen då tar upp CO₂. På natten är det sen bara respiration och då ett positivt värde på NEE. Och under vintern pågår enbart respiration. Från mätningar som enbart genomförts dagtid under sommaren är det inte möjligt att skala upp till en årlig flux eller kolbalans.

Därför involverades Per-Erik Jansson i projektet för att utifrån de mätdata som tagits fram i projektet simulera med CoupModellen en möjlig årlig nettoflux av koldioxid, respiration och fotosyntes samt metanflöden. Modellen har vi tidigare använt för modellberäkningar av andra våtmarker och då visat god överensstämmelse med mätdata (He *et al.*, 2016; Kasimir *et al.*, 2021). Klimatdata för simuleringarna hämtades från en oberoende datavärd (Open Meteo²). Ett första steg var att se till att modellen kunde beskriva variation och medelvärden för grundvattennivåer och temperatur i marken, vilket har stor betydelse för kol och metanflöden. Kalibrering gjordes sedan mot alla våra NEE och Reco-data som vi samlat under de tre somrarna. Simulering gjordes över tre hela år från januari 2020 till och med december 2022. Från 2000 simuleringar valdes de fyra ut med minsta avvikelsen mot mätdata. Dessa fyra simuleringar var underlag för att ge en uppskattning på årligt kol och metanflöde.

² <https://open-meteo.com/>

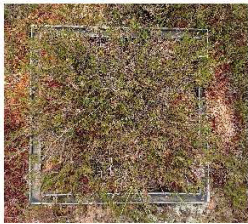
Resultat

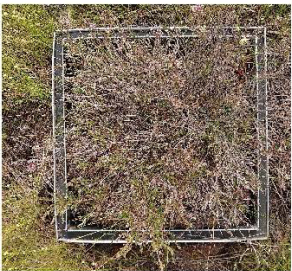
Vegetation

Vi har mätt gasflux i en ram 45x45 cm som innehåller ett helt litet ekosystem. Dessa ekosystem skiljer mellan de olika ramarna. På Anderstorps stormosse domineras en del rammar av ljung och andra av mossa. Det är slående hur stort vegetationen kan skilja på så små avstånd som någon meter. Vegetationen vid Ånnsjöns myr domineras av mossa med inslag av andra växter som hjortron och ljung. Bilderna nedan, figur 7 och 8, visar vegetationen i varje ram.

 1 50 % ljung, 45 cm hög. 50 % gräs, 45 cm hög.	 2 75 % mossa (typ väggmossa). 25 % tranbär. Lite tranbär.
 3 90 % ljung, 30 cm hög. 10 % med lav och förna.	 4 80 % blåbär. 20 % mossa (typ väggmossa)
 5 80 % mossa (typ väggmossa). 20 % blåbär.	 6 90 % ljung, 20 cm hög. 10 % gräs. Lite rosling.

 7 30 % rosling. 30 % ljung, 15 cm hög. 30 % förna. 10 % gräs. Lite mossa och renlav.	 8 90 % ljung, 40 cm hög. 10 % mossa (typ väggmossa).
 9 90 % bar mark med förna och uttorkad mossa. 10 % ljung, 5 cm hög. Lite gräs och renlav.	 a 10 90 % ljung, 40 cm hög. 10 % förna. Lite renlav och hjortron.
 11 50 % ljung, 20 cm hög. 50 % förna och uttorkad mossa (typ väggmossa).	 a 12 90 % ljung, 33 cm hög. 10 % förna. Lite mossa och gräs.

 13 70 % bar mark som varit översvämmad. 30 % Sphagnum (torr). Några strån halvgräs.	 14 80 % ljung på en kulle. 20 % Sphagnum..
 15 30 % bar mark som varit översvämmad. 70 % bar mark med förna. Några strån av halvgräs.	 16 50 % ljung, 30 cm hög. 40 % kråkbär. 10 % Sphagnum, halvgräs och rosling.
 17 90 % bar mark som varit översvämmad. 10 % bar mark med förna. Lite halvgräs.	 18 60 % Sphagnum på liten kulle. 20 % ljung, 25 cm hög. 20 % kråkbär. Lite halvgräs, renlav och rosling.

 19 90 % halvgräs, 30 cm hög. 10 % bar mark. Lite mossor.	 a 20 90 % ljung, 25 cm hög, med Sphagnum under. 10 % renlav. Lite kråkbär och halvgräs.
 21 80 % ljung, 40 cm hög. 10 % halvgräs. 10 % mossor och lav.	 b 22 90 % levande och dött halvgräs, efter översvämning. 10 % bar mark.
 b 23 90 % levande och dött halvgräs, efter översvämning. 10 % bar mark.	 24 100 % Sphagnum på liten kulle därav täcks: 50 % ljung, 20 cm hög. 20 % halvgräs.

Figur 7. Anderstorps stormosse, fotografier från 2022-08-02 och vegetationsbeskrivningar 2021-09-07. Ram med udda siffra var placerad närmast huvudspången. Ramar med störst upptag, mest negativt NEE visas med ett litet a och de med litet upptag närmare noll NEE visas med ett litet b, de är statistisk åtskilda. De utan bokstav har ett NEE någonstans däremellan.



1

50 % täcks av mossa, mest Sphagnum.
Dessutom ljung, halvgräs och hjortron.



2

100 % täcks av Sphagnum.
Dessutom lite halvgräs, hjortron och
rosling.



3

50 % täcks av mossa, tät Sphagnum.
50 % täcks av ljung.
Dessutom hjortron och halvgräs.



4

75 % täcks av mossa, både Sphagnum
och andra.
25 % täcks av Cladonia.
Dessutom halvgräs och hjortron.



5

Vatten syns ofta i ytan.
100 % täcks av Sphagnum.
Några strån av halvgräs.



6

Lika som nr 5 men grönare mossa.
Inslag av rosling och halvgräs.



7

100 % mossa, Sphagnum och väggmossa.
Dessutom lite rosling, hjortron, dvärgbjörk och ljung.



8

100 % Sphagnum.
Dessutom lite ljung, hjortron, halvgräs, Cladonia och rosling.



9

Kulle med mossa, 100 % Sphagnum.
Inslag av ljung, hjortron och Cladonia.



10

80 % täcks av mossa, sphagnum.
20 % täcks av Cladonia.
Inslag av hjortron, halvgräs och ljung.



11

90 % täcks av mossa, sphagnum.
10 % täcks av Cladonia.
Inslag av ljung, hjortron och halvgräs.



12

80 % täcks av Cladonia.
20 % täcks av mossa, Sphagnum.
Inslag av ljung, hjortron och halvgräs.



13
100 % Sphagnum
Inslag av hjortron, ljung och halvgräs.



14
100 % mossa, mest Sphagnum.
Inslag av ljung, hjortron, dvärgbjörk, Cladonia och odon.



15
100 % Sphagnum.
Inslag av hjortron, ljung, rosling och krypljung.



16
100 % mossa, mest Sphagnum.
Inslag av ljung, halvgräs och hjortron.



17
100 % Sphagnum.
Inslag av hjortron, halvgräs, rosling.



18
100 % Sphagnum.
Inslag av hjortron, halvgräs, rosling.



19
50 % Cladonia.
Gles mossa.
Inslag av halvgräs, hjortron och ljung.



20
90 % täcks av mossa, både Sphagnum och andra.
Cladonia, ljung, hjortron, dvärgbjörk och rosling.

 21 100 % täcks av Sphagnum. Inslag av hjortron, halvgräs och rosling.	 22 20 % (i mitten) täcks av Sphagnum. Runtom finns ljung, hjortron, Cladonia och rosling.
 23 100 % Sphagnum. Inslag av hjortron, halvgräs och rosling.	 24 100 % Sphagnum. Inslag av hjortron, halvgräs och rosling.

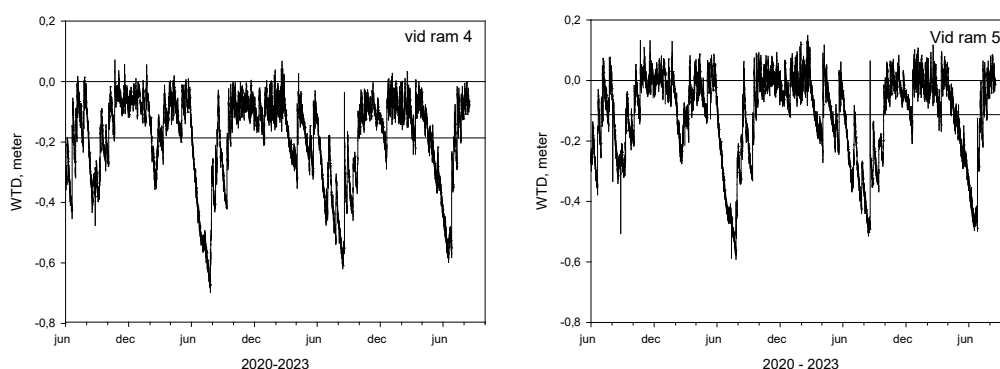
Figur 8. Ånnsjöns myr, restaurerad yta, där ram 1–12 är från restaurerad yta och ram 13–24 på referensytan. Ingen statistisk skillnad i NEE mellan ramarna. Fotografier och beskrivningar från 2022-07-19.

Grundvattennivåer

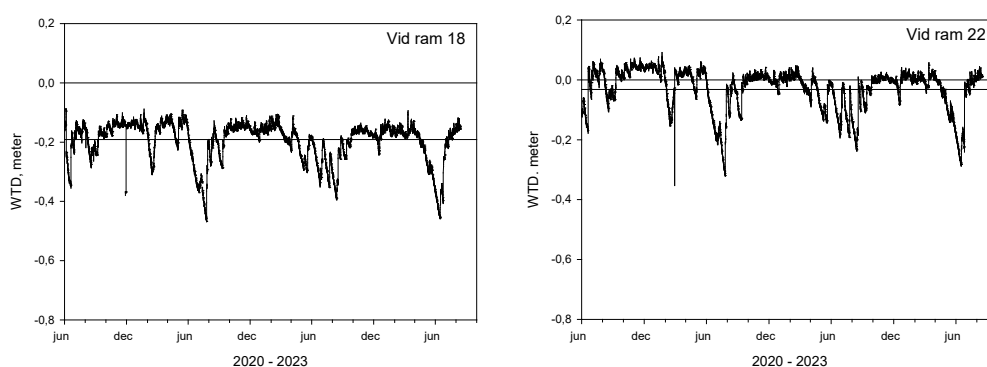
Vattennivån i marken loggades varannan timme i 6 rör på vardera ytan. Nivån noll sattes i den punkt där röret stack ner i marken, vilket är en nivå som kan vara lite högre i tuvorna och lägre i höljorna. Med tryckskillnaden mellan barometern djupt ner och en referensbarometer ovanför vattenytan kan vattennivåer över åren räknas fram.

Anderstorps stormosse

Vattennivåer fluktuerade över året, blötare på vintern med vattennivå i markytan eller till och med lite ovanför. Under juli och augusti sjönk vattennivån som mest ner till 0,6 meter under markytan. Vattennivån under sommaren sjunker allra mest på den restaurerade ytan. På referensytan är det blötare och vattennivån fluktuerar mindre än på den restaurerade ytan. På Anderstorps stormosse var medelvattennivån under året 16 cm under marken på den restaurerade ytan vilket kan jämföras med 8 cm djup på referensytan.



Figur 9. Exempel från ram 4 och 5 på hur markvattennivån varierar över åren på Anderstorps stormosse restaurerade yta. Noll är marknivå och linjen nedanför visar medelvärdet.



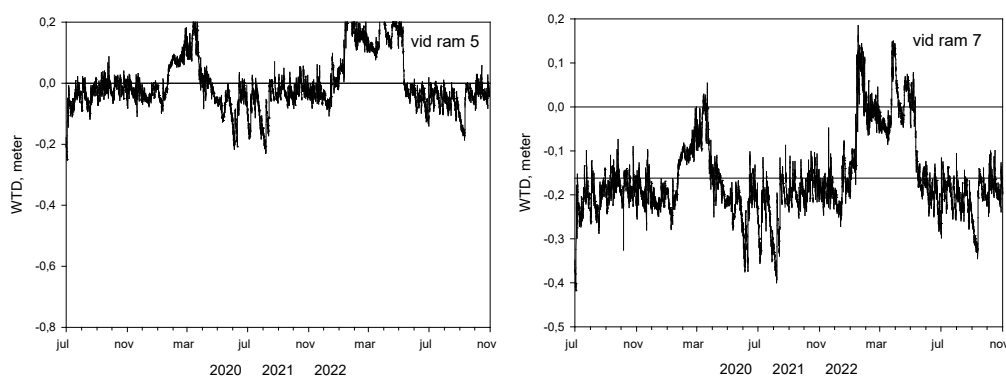
Figur 10. Exempel från ram 18 och 22 på hur markvattennivån varierar över åren på Anderstorps stormosse referensyta. I figuren visas en linje för marknivå (=0) och där nedanför en linje som visar medelvärdet.

Tabell 1. Vattennivåmedelvärden och fluktuationer för samtliga rör på Anderstorps stormosse.

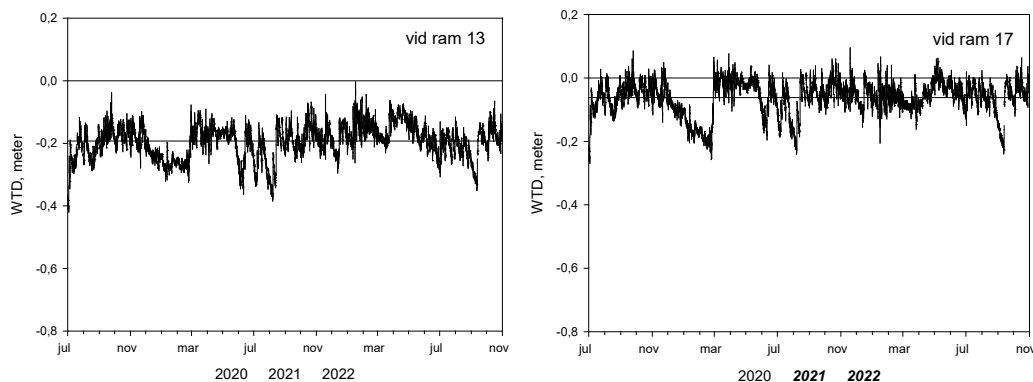
Ram nummer	Medel över åren	Medel sommar	Max över åren	Min över åren
2	-0,18	-0,27	0,04	-0,71
4	-0,19	-0,28	0,07	-0,70
5	-0,11	-0,21	0,15	-0,59
7	-0,16	-0,24	0,09	-0,65
9	-0,14	-0,21	0,10	-0,61
11	-0,16	-0,23	0,10	-0,64
13	-0,06	-0,10	0,05	-0,32
15	0,01	-0,03	0,12	-0,29
18	-0,19	-0,22	-0,07	-0,47
19	-0,12	-0,15	0,02	-0,41
22	-0,03	-0,07	0,09	-0,35
23	-0,09	-0,13	0,04	-0,38

Ånnsjöns myr

På Ånnsjöns myr fick vi ovälkommet besök från och med november 2022, då någon varit där ett flertal gånger och dragit i snörena så att de hamnat på olika höjd i rören. Därför presenterar vi endast data på vattennivåer från och med projektets start i juli 2020 till och med oktober 2022. Under den första vintern 2020/2021 visade mätningarna att det restaurerade området blev delvis översvämmat men att referensytan samtidigt hade en lägre vattennivå än medelvattennivån. Vattnet fluktuerade mindre på referensytan än på den restaurerade ytan. Över åren var medelvattennivån på de två ytorna dock ganska lika, -20 cm respektive -17 cm på restaurerad och referensyta. Medelvattennivå för respektive ram visas i tabell 2.



Figur 11. Exempel vattennivåns variation från ram 5 och 7 vid Ånnsjöns myr restaurerade yta. Linjen vid noll visar markytan och den andra linjen medelvärdet, vid ram 5 sammanfaller medelvärdet med markytans läge.



Figur 12 Exempel vattennivåns variation från ram 13 och 17 vid Ånnsjöns myr referensyta. Linjen vid noll visar markytan och den andra linjen medelvärdet.

Tabell 2. Vattennivåmedelvärden och fluktuationer för samtliga rör på Ånnsjöns myr.

Ram nummer	Medel över åren	Medel sommar	Max över åren	Min över åren
1	-0,20	-0,21	-0,08	-0,42
3	-0,25	-0,24	-0,13	-0,51
5	0,00	-0,05	0,35	-0,25
7	-0,16	-0,21	0,19	-0,42
9	-0,37	-0,39	-0,06	-0,61
12	-0,22	-0,25	0,11	-0,51
13	-0,19	-0,21	0,00	-0,42
15	-0,29	-0,30	-0,12	-0,49
17	-0,06	-0,06	0,10	-0,27
19	-0,29	-0,30	-0,08	-0,44
21	-0,12	-0,13	0,04	-0,32
24	-0,08	-0,09	0,05	-0,27

Temperatur

Anderstorps stormosse

Under det första året (juni 2020 till juni 2021) visade Tomstgivarna att temperaturen i luften 10 cm över markytan var som kallast -21 °C att jämföra med 10 cm ner i marken där temperaturen var som lägst -2 °C (ram 12). Marktemperaturen var som oftast på vintern (januari till april) runt 0 °C på 10 cm djup i marken.

Årsmedeltemperaturen (SMHI-data Jönköpings flygplats) var under de tre åren vi mätte glasflux 8,2 °C, 6,7 °C och 7,5 °C vilket var något varmare än perioden 1990–2020.

Ånnsjöns myr

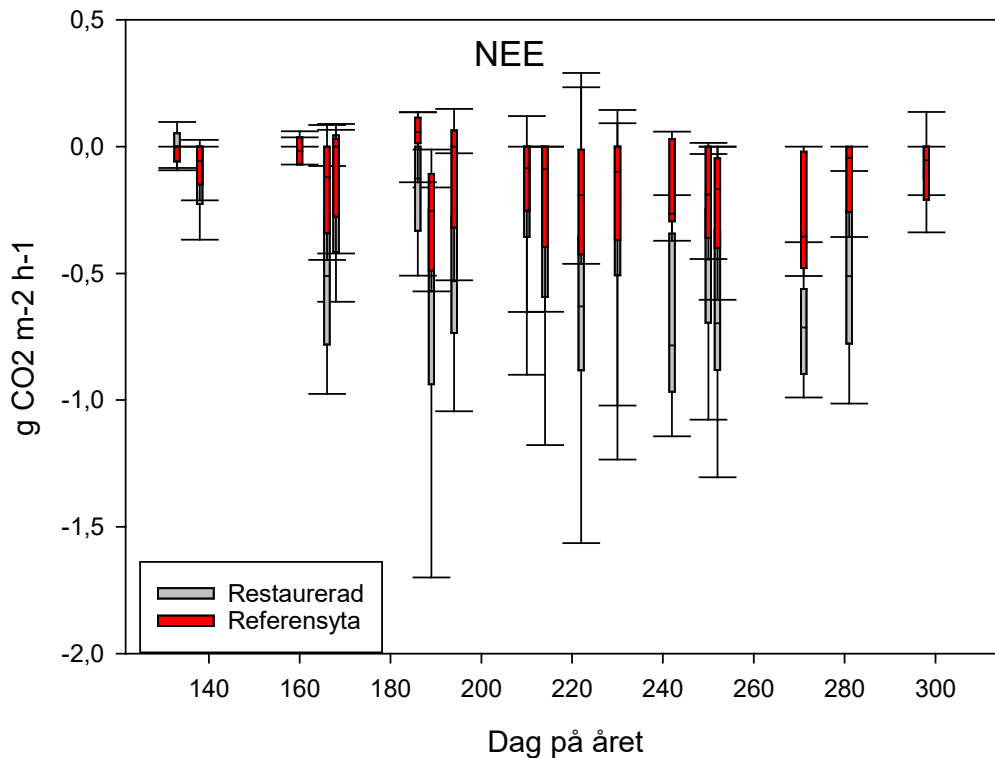
Vid Ånnsjöns myr (oktober 2021 till september 2022) visade Tomstgivarna att temperaturen sjönk till som lägst -16 °C i luften men aldrig under 0 °C i marken på 10 cm djup (ram 13), men var kring 0 °C från slutet av december till slutet av maj. Årsmedeltemperaturen (SMHI-data Storlien Storvallen A) var under de tre åren vi mätte glasflux 3,3 °C, 1,6 °C och 2,5 °C vilket var något varmare än perioden 1990–2020.

Gasmätningar Anderstorp

NEE

Mätningar med transparent kammare och UGGA ger en uppskattning av nettot mellan upptag i fotosyntesen och avgivning genom respiration av CO₂. Mätning gjordes dagtid, oftast mellan kl.10 och 14, då fotosyntesen var som störst. Därför också ett negativ NEE som visar att det oftast varit ett nettoupptag under tiden vi har mätt.

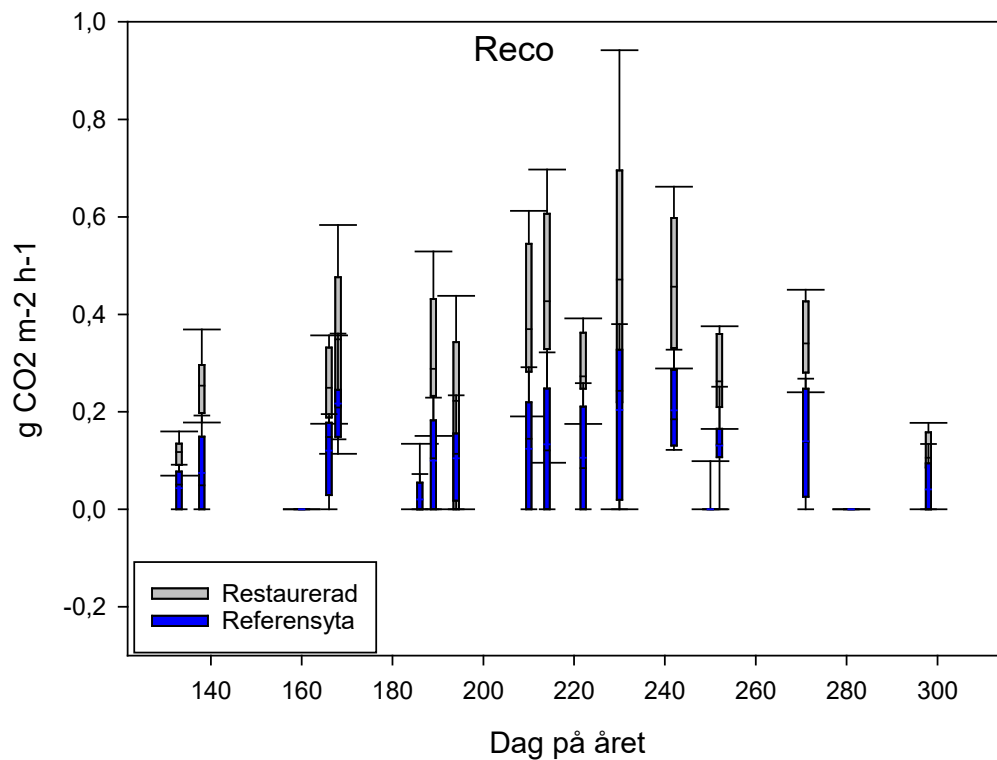
Mätningar på Anderstorps stormosse gav en median för NEE på -0,25 och -0,08 g CO₂ m⁻² h⁻¹ på den restaurerade respektive referensytan, vilka är statistiskt åtskilda P<0,001 (Anova on ranks).



Figur 13. Anderstorps stormosse NEE, mätningar dagtid över tre år på restaurerad yta (grå) och referensyta (röd), n=228 på vardera ytan. Tidigaste datum 22/4 och senaste 25/10. Box plot visar median med 25 % och 75 % percentiler, och whiskers från 10 till 90 % av samtliga data.

Ekosystemrespiration

Med opak (eller om man så vill mörk) kammare mäts respiration (andning) från växter och alla andra organismer som är inneslutna i lådan, vilket vi kallar ekosystemrespiration (Reco). Respirationen var högre på den restaurerade ytan, med en median på 0,22 g CO₂ m⁻² h⁻¹ medan den på referensytan var 0,07 g CO₂ m⁻² h⁻¹, och ytorna är statistiskt åtskilda (P<0,001 One Way Anova on ranks).



Figur 14. Anderstorps stormosse ekosystemrespiration, samlade mätningar över tre år, $n=228$ på vardera ytan. Tidigaste datum 22/4 och senaste 25/10. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och blå referensytan.

Fotosyntes

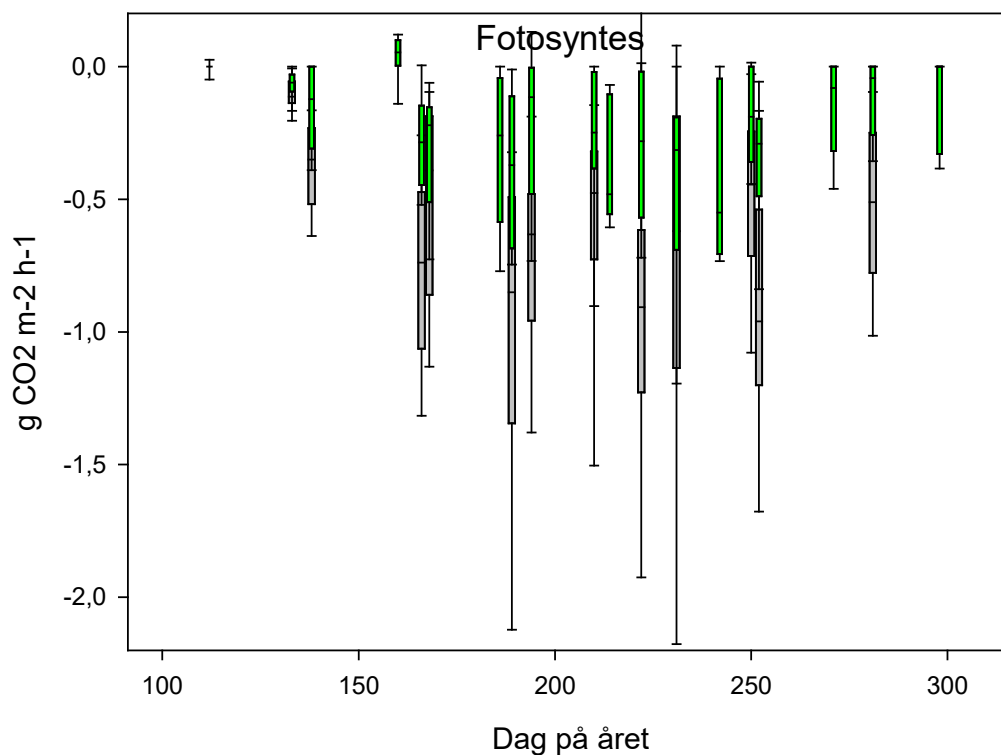
Fotosyntesen räknas fram som en skillnad mellan mätning i transparent och opak kammare genom att:

$$NEE = \text{Fotosyntes} + \text{Ekosystemrespiration}$$

Eller om man vill:

$$\text{Fotosyntes} = NEE - \text{Ekosystemrespiration}$$

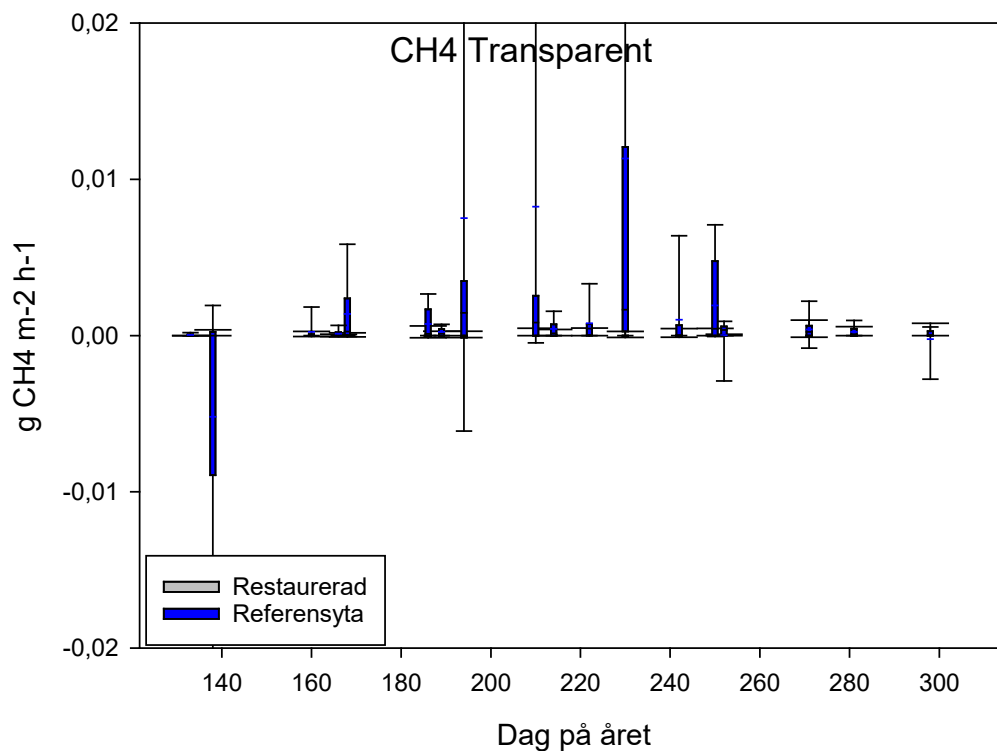
Fotosyntesen var mer än dubbelt så stor på den restaurerade ytan jämfört med referensytan, median -0,48 jämfört med -0,16 g CO₂ m⁻² h⁻¹, och signifikant åtskilda $P < 0,001$ (One way Anova on ranks). Fotosyntesen är den viktigaste komponenten som bestämmer NEE dagtid under sommaren. Ramar med ljung visade sig ha ca 5 gånger högre fotosyntes jämfört med rammar med mossa eller knappt några växter. Och rammar med ljung var vanligare på den restaurerade ytan.



Figur 15. Anderstorps stormosse fotosyntes, samlade mätningar över tre år, $n=228$ på vardera ytan. Tidigaste datum 22/4 och senaste 25/10. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och grön referensytan.

Metanflux

Metanfluxen var överlag låg i Anderstorp. På den restaurerade ytan var fluxen så låg att det i 75 % av mätningarna inte gick att få en lutning som gav $r^2 > 0,95$ varvid vi anser att den inte är tillräckligt signifikant för att räkna fram en flux. Det beror oftast på att fluxen är så låg att vad som mäts blir ett brus, och för att inte överskatta mätningarna har dessa mätningar fått värdet noll. På referensytan kunde vi mäta flux oftare, men även där var fluxen så låg att den sattes till noll i 37 % av mätningarna. Medianen var 0 respektive 0,09 $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ för den restaurerade respektive referensytan, och de var statistiskt åtskilda. På den restaurerade ytan mättes en liten metanavgivning från ramar där ljung dominerade medan de med mossa och småvuxna växter hade i medeltal ett litet upptag, mycket små flöden. På referensytan var avgivningen störst under sommaren och då från de våta ramarna som knappt hade vegetation.



Figur 16. Anderstorps stormosse metanflöden, samlade mätningar över tre år, $n=228$ på vardera ytan. Tidigaste datum 22/4 och senaste 25/10. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och blå referensytan.

Lustgas

Lustgasmätningen 2022-09-28 visade inget gasflöde, eftersom lutningen över en minut och för 7 mätpunkter hade ett r^2 i bästa fall på 0,67 men i de flesta fall mycket lägre än så och därmed tolkar vi det som noll flux i de ramar som mättes.

Sammanfattning av gasmätningar

Eftersom ramarnas vegetation skiljer ganska mycket på Anderstorps stormosse och därmed NEE visar vi medelgasflöden för varje ram, Tabell 3. Ram 6 med 90 % ljungr är den med mest negativt NEE och ram 17 ofta översvämmad och med naken jord och sparsamt med växter dess motsats, ett utsläpp av CO_2 trots mätning dagtid under sommaren.

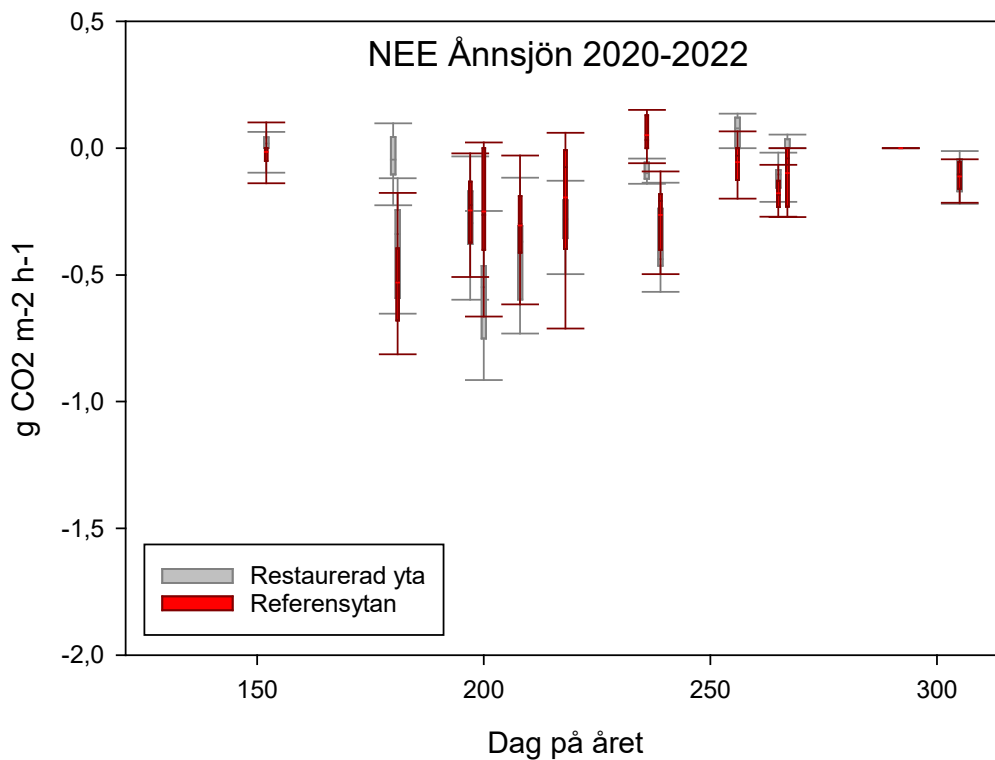
Tabell 3. Anderstorps stormosse, samtliga ramar medelvärde och standardavvikelse för uppmätt flux, g CO₂ m⁻² h⁻¹ samt mg CH₄ m⁻² h⁻¹. Grönmarkerade och gulmarkerade ramar har signifikant skilda NEE, gröna mest negativt NEE och domineras av ljung eller andra växter, och de gulmarkerade med ett lågt upptag har ofta varit översvämmade och med sparsam vegetation.

Ram nr	NEE, CO ₂	Std	Reco, CO ₂	Std	CH ₄	Std
1	-0,56 ^a	0,46	0,30	0,25	0,53	0,36
2	-0,34	0,38	0,24	0,18	-0,02	0,03
3	-0,29	0,37	0,23	0,15	-0,03	0,04
4	-0,43 ^a	0,42	0,23	0,21	-0,02	0,04
5	-0,09 ^b	0,15	0,16	0,13	-0,01	0,03
6	-0,74 ^a	0,58	0,33	0,24	0,01	0,03
7	-0,23	0,20	0,17	0,12	-0,01	0,02
8	-0,42 ^a	0,39	0,25	0,20	-0,03	0,04
9	-0,06 ^b	0,11	0,14	0,10	0,00	0,00
10	-0,43 ^a	0,35	0,34	0,23	0,01	0,03
11	-0,26	0,25	0,18	0,11	-0,01	0,02
12	-0,38 ^a	0,31	0,25	0,20	0,00	0,03
13	-0,06 ^b	0,09	0,07	0,09	3,02	9,48
14	-0,24 ^a	0,18	0,09	0,08	-0,19	2,17
15	-0,02 ^b	0,06	0,05	0,07	5,39	18,95
16	-0,23	0,16	0,13	0,10	-1,08	5,01
17	0,02 ^b	0,05	0,02	0,05	3,76	17,68
18	-0,23	0,18	0,15	0,11	1,25	3,44
19	-0,18 ^b	0,19	0,10	0,11	1,57	1,55
20	-0,26 ^a	0,19	0,15	0,11	0,68	0,95
21	-0,20	0,17	0,17	0,12	0,91	1,21
22	-0,08 ^b	0,30	0,06	0,07	1,94	16,36
23	0,00 ^b	0,06	0,04	0,07	0,70	2,14
24	-0,26	0,28	0,12	0,10	0,64	1,26
Restaurerad	-0,35	0,40	0,24	0,19	0,04	0,18
Referens	-0,15	0,21	0,10	0,10	1,56	9,66

Gasmätningar Ånnsjöns myr

NEE

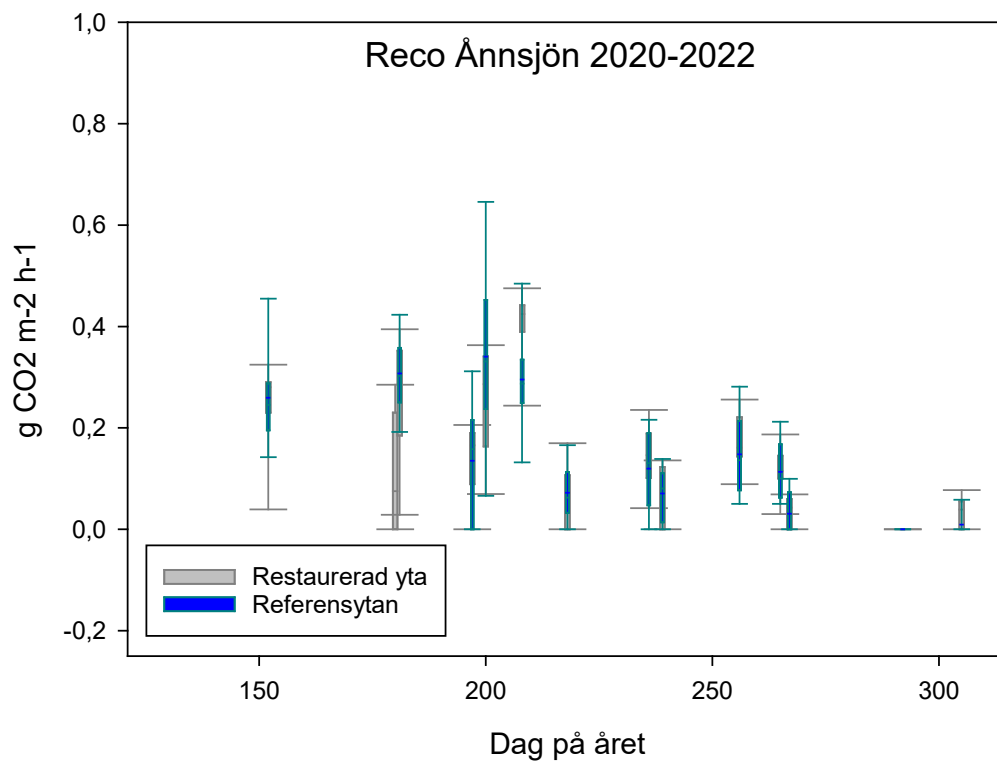
Mätning med transparent kammare visade lika litet upptag på båda ytorna, med medianvärden -0,11 och -0,12 g CO₂ m⁻² h⁻¹, inte statistiskt åtskilda (P=079). Något färre mätdata från referensytan på grund av krångel med logger.



Figur 17. Ånnsjöns myr NEE, mätningar dagtid över tre år på restaurerad yta (grå) och referensyta (röd), $n=168$ och 156 på restaurerad respektive referensytan. Tidigaste datum 1/6 och senaste 1/11. Box plot visar median med 25 % och 75 % percentiler, och whiskers från 10 till 90 % av all data.

Ekosystemrespiration

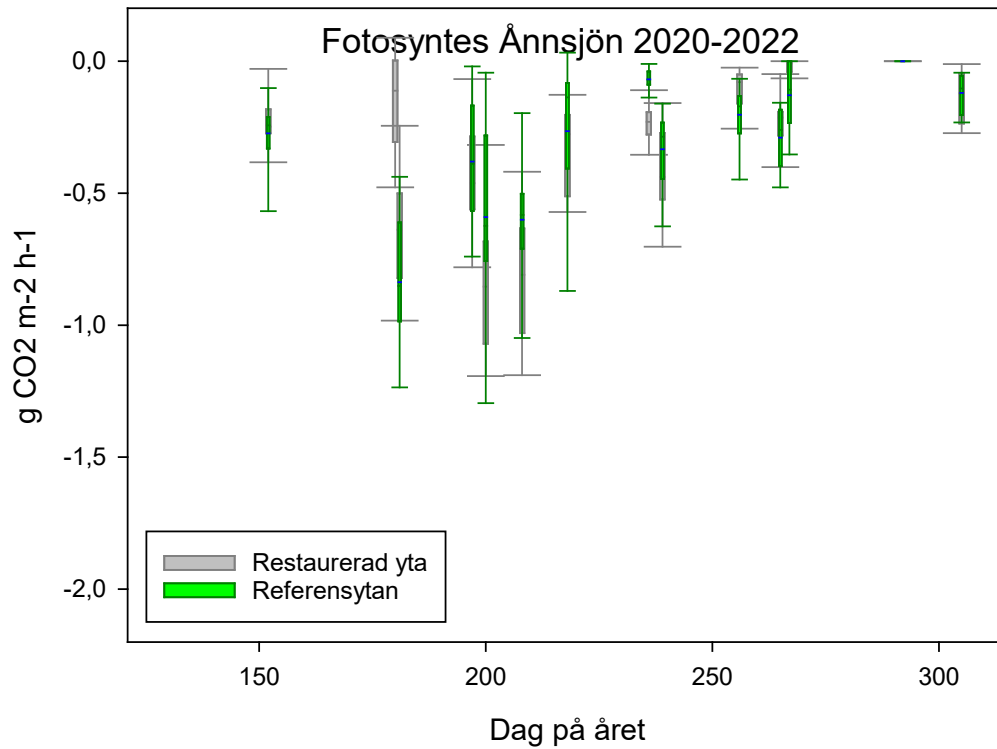
Ekosystemrespirationen var inte heller statistiskt åtskiljda ($P=0,79$) med median på 0,13 och 0,11 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. De ramar med litet upptag (NEE), 5 och 16, visade också låg respiration, $<0,1 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Ram 15 hade högst respiration, vilken var en av de ramar med störst negativ NEE. Vegetationen avgör storleken på både respirationen och NEE.



Figur 18. Ånnsjöns myr ekosystemrespiration, samlade mätningar över tre år, $n=168$ och 156 på restaurerad respektive referensytan. Tidigaste datum 1/6 och senaste 1/11. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och blå referensytan.

Fotosyntes

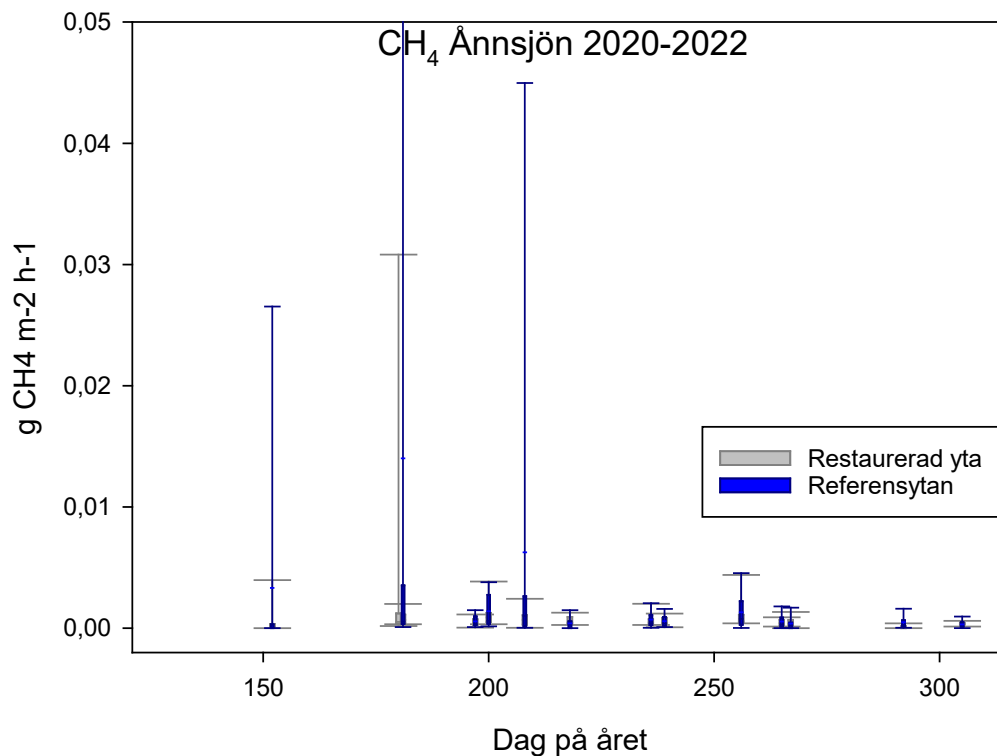
På Ånnsjöns myr var det svårare att se ett tydligt mönster i vegetationstyp eller vattennivå för när fotosyntesen var stor eller liten.



Figur 19. Ånnsjöns myr fotosyntes, samlade mätningar över tre år, $n=168$ och 156 på restaurerad respektive referensytan. Tidigaste datum 1/6 och senaste 1/11. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och grön referensytan.

Metan

Metanfluxen var högre på Ånnsjöns myr än på Anderstorps stormosse. Här var det bara 8 % och 15 % av mätningarna på de två ytorna som hade flux så låg att det inte gick att beräkna en lutning som gav $r^2 > 0,95$. Så vi fick fler signifikanta fluxvärden. De båda ytorna på Ånnsjöns myr var statistiskt lika ($P=0,21$) med median 0,44 respektive 0,35 $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ för den restaurerade respektive referensytan.



Figur 20. Ånnsjöns myr metanflux, samlade mätningar över tre år, $n=168$ och 156 på restaurerad respektive referensytan. Tidigaste datum 1/6 och senaste 1/11. Boxplot visar median och innesluter 50 % av all data, och med whiskers 80 %. Grå box visar restaurerad yta och blå referensytan.

Lustgas

Mätning av lustgas gjordes aldrig vid Ånnsjöns myr då vi behövde tillverka speciallock som passade på ramarna, och sedan blev dessa mycket tunga och var svåra att få med på tåget.

Sammanfattning av gasmätningar

Vid Ånnsjöns myr är det svårare än för Anderstorps stormosse att se ett tydligt mönster för hög och låg flux. Här nedan visar vi uppmätt flux för varje ram.

Tabell 4. Ånnsjöns myr, flux samtliga ramar, medelvärde och standardavvikelse, g CO₂ m⁻² h⁻¹ samt mg CH₄ m⁻² h⁻¹.

Ram nr	NEE, CO ₂	Std	Reco, CO ₂	Std	CH ₄	Std
1	-0,27	0,29	0,16	0,13	0,95	0,51
2	-0,14	0,14	0,09	0,11	0,99	1,07
3	-0,25	0,24	0,19	0,15	0,51	0,42
4	-0,25	0,24	0,16	0,14	0,55	0,29
5	-0,04	0,07	0,07	0,10	3,64	11,01
6	-0,11	0,13	0,09	0,12	1,39	0,98
7	-0,30	0,32	0,18	0,12	0,23	0,15
8	-0,16	0,20	0,14	0,13	0,22	0,13
9	-0,18	0,22	0,17	0,10	0,21	0,17
10	-0,16	0,20	0,14	0,14	0,80	1,15
11	-0,16	0,19	0,15	0,13	0,54	0,23
12	-0,17	0,21	0,17	0,13	0,82	1,18
13	-0,30	0,26	0,14	0,12	0,25	0,18
14	-0,20	0,20	0,16	0,13	0,19	0,14
15	-0,34	0,30	0,27	0,20	0,22	0,15
16	-0,02	0,07	0,09	0,08	0,05	0,05
17	-0,24	0,19	0,12	0,12	1,21	0,98
18	-0,15	0,15	0,10	0,11	0,44	0,37
19	-0,12	0,19	0,15	0,13	0,71	0,51
20	-0,13	0,15	0,18	0,13	0,21	0,13
21	-0,11	0,12	0,09	0,10	1,33	1,25
22	-0,10	0,21	0,21	0,15	0,73	0,73
23	-0,21	0,18	0,13	0,12	2,18	0,76
24	-0,10	0,11	0,11	0,11	20,42	42,51
Restaurerad	-0,18	0,23			0,90	3,37
Referens	-0,17	0,21			2,33	13,46

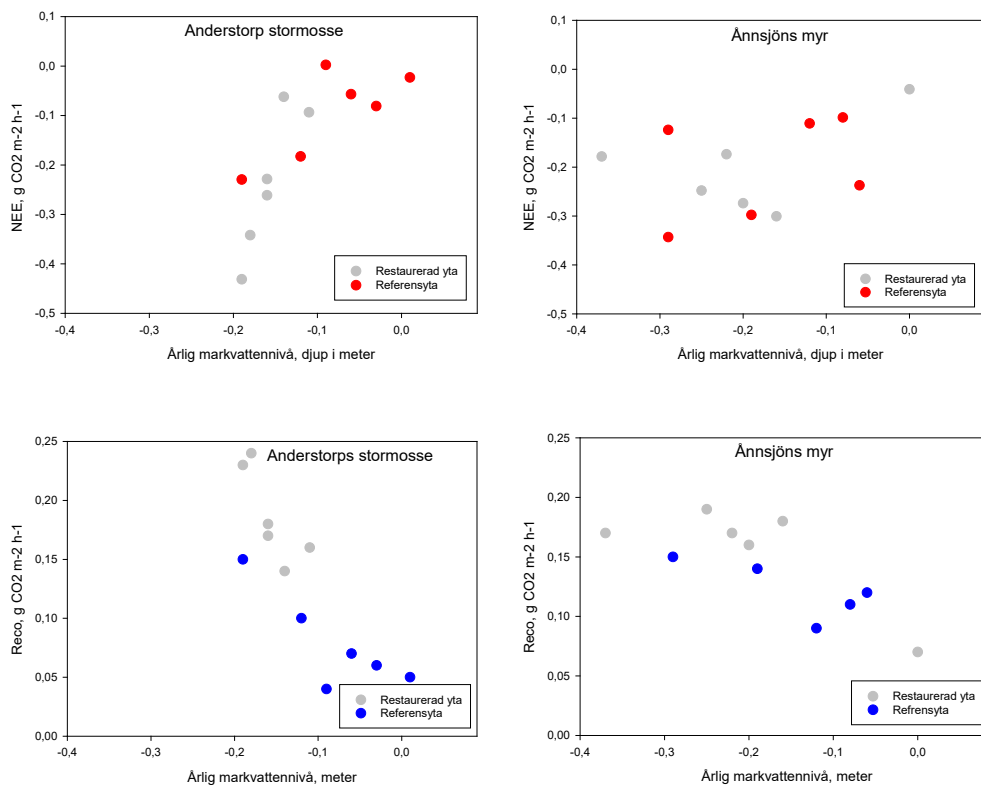
När det gäller NEE visar statistiken (Anova on ranks P<0,05) ingen skillnad mellan ramarna på Ånnsjöns myr.

Analys och diskussion

Analys

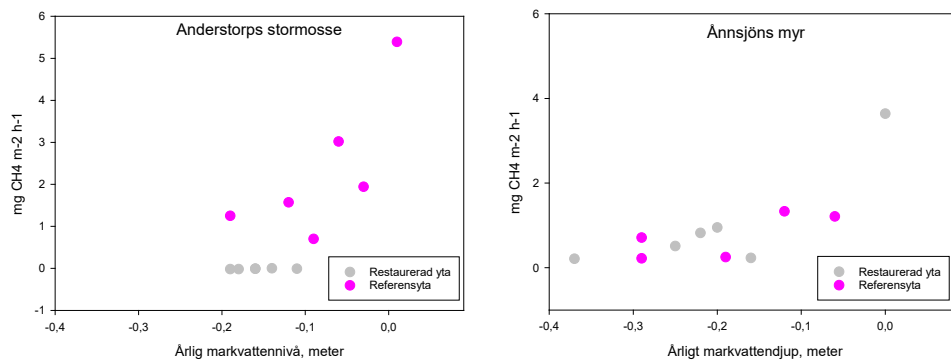
Påverkan av markvattennivå

Markvattennivån är en faktor som kan påverka NEE. Mätdata visar att en lägre vattennivå ger ett mer negativ NEE, ett större upptag, figur 21. Här dominerar fotosyntesen över ekosystemrespirationen (Reco), som består av nedbrytning av organiskt material och andning från levande växter, trots att Reco också ökar med sjunkande vattennivå. Båda de restaurerade ytorna visade sig ha en lite djupare vattennivå jämfört med referensytorna.



Figur 21. Uppmätt medelflux från de ramar där rör installerats intill med Solinst Levelloggers som loggat markvattennivån. Övre bilder visar NEE från Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr, de nedre visar uppmätt Reco, ekosystemets respiration. Grå prickar visar restaurerad yta och färgade referensytan.

Metanutsläppet förväntas öka med blötare mark, vilket syns tydligast på Ånnsjöns myr, där våtare mark ger högre metanflux (figur 22). Det tenderar att vara så även i våra mätningar på Anderstorps stormosse där rör och ramar vid våtare ställen ger högre metanemission, men här har referensytan alltid en högre metanemission jämfört med den restaurerade ytan oavsett årlig medelvattennivå, vilket indikerar att något annat än vattennivån i sig påverkat metanfluxen. En förklaring kan vara att vattennivån fluktuerade mycket mer på den restaurerade ytan vilket där skulle kunna ha hämmat metanproduktionen.



Figur 22. Uppmätt metan medelflux från de ramar där rör installerats intill med Solinst Levelloggers som loggat markvattennivån. Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr, grå prickar visar mätning på restaurerad yta och rosa från referensytan.

Växternas påverkan

Vi vet inte exakt hur vegetationen har utvecklats på de restaurerade områdena strax efter restaureringen, men det var tydligt att under de tre år vi mätte på Anderstorps stormosse växte lövslyet till kraftigt. Lövsly har vi dock inte kunnat inkludera i våra mätningar. Med mer vegetation förväntas ett större kolupptag som kan leda till kolinlagring.

Anderstorps stormosse

Vegetationens sammansättning har stor påverkan på gasfluxen. Ramar med mycket ljung visade ett större nettoupptag av koldioxid än de med naken jord eller gles vegetation. Att vegetationen kan skilja sig mycket visas av fotografier, figur 23 och 24. Uppmätt gasflöde avgörs till stor del av den vegetation som är just på mätplatsen. Fördelningen av växtligheten över hela myren har därför betydelse, men är inget vi har mätt i detta projekt. Att vi samlat mätdata från ramar med olika vegetation gör det möjligt att efteråt göra en vegetationskartering över området och skala upp gasflöden.



Figur 23. Anderstorps stormosse. Överst ram 1 och 6 med ljung på restaurerade ytan. NEE $-0,56$ och $-0,74 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ i medeltal vid mättillfällena. Nedre bilder är ram 20 och 24 från referensytan. NEE i båda var $-0,26 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ i medeltal vid mättillfällena.



Figur 24. Anderstorps stormosse. Överst ram 5 och 9 dominerade av mossa på restaurerade ytan. NEE $-0,09$ och $-0,06 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ i medeltal vid mättillfällena. Nedre bilder visar ram 17 och 23 från referensytan. NEE $-0,02$ och $-0,002 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ i medeltal vid mättillfällena.

Ånnsjöns myr

Trots avsaknad av statistisk skillnad mellan ytorna kan man skönja att NEE var som mest negativ (stort upptag) när Sphagnum-mattan var tjock, vilket var en dominerande vegetation på referensytan. Däremot blöta översvämmade ramar, vilket fanns på den restaurerade ytan, hade ett lågt upptag, se figur 25 och 26.



Figur 25. Ånnsjöns myr. Ramar med stort nettoupptag var de med tjock Sphagnum-matta, ram 7 (restaurerade ytan) översta bilden, samt ram 13 och 15 på referensytan, vilka hade ett NEE i medeltal på $-0,30$, $-0,30$ och $-0,34 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.



Figur 26. Ånnsjöns myr. Ram 5 (restaurerad yta) och ram 16 (referensytan) med lägst nettoupptag, NEE i medeltal $-0,04$ och $-0,02 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

Tidsaspekter på återvätningen

Anledningen till att mäta gasflöden på Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr var att undersöka ifall den restaurering som gjordes i projektet *Life to Ad(d)mire* resulterat i liknande storlek på växthusgasemissioner som kan förväntas från en naturlig myr, alltså ifall restaureringen kan ses som lyckad ur klimatsynpunkt. Mätningar i det här projektet genomfördes ca 7 år efter genomförd restaurering och det finns inga mätdata som visar gasflöden innan restaureringen. Vi kan därför inte visa ifall gasflöden har förändrats över tid från att restaureringen genomfördes. Det vi kan säga är att den restaurerade ytan vid Ånnsjöns myr har fått en liknande växthusgasbalans som referensytan. Så var inte fallet på Anderstorps stormosse. Om det är för att det här behövs mer tid för att också denna yta ska bli lika som referensytan vet vi inte.

Skillnader

Gasmätningar på Ånnsjöns myr visade så lika flux på de två ytorna att det inte går att statistiskt fastställa någon skillnad. Det gäller för NEE, Reco, fotosyntes och metanflux. Däremot visade mätningarna på Anderstorps stormosse en statistisk skillnad mellan restaurerad och referensyta, med större NEE, Reco och fotosyntes på den restaurerade ytan samt minst metanavgång jämfört med referensytan.

Trots lite olika klimat i Småland och Jämtland skiljer sig inte NEE på Anderstorps stormosse referensyta från de två ytorna på Ånnsjöns myr. Att den restaurerade ytan på Anderstorps stormosse visar annorlunda gasflöden jämfört med den orörda myren kan tolkas som att restaureringen på Anderstorp inte har lyckats fullt ut där marken fortsatt är mer dränerad jämfört med opåverkad myr. Anderstorp restaurerad yta har också en mer ymnig vegetation vilket ger både stor fotosyntes och stor respiration, där en stor del av Reco utgörs av växternas andning. Det är också mycket tydligt på Anderstorps stormosse att de ramar som innehöll tuva med ljung, med stor fotosyntes, resulterade i ett stort negativt NEE (stort upptag). I ramar med knapp vegetation var NEE nära noll.

Tabell 5. Sammanställning av uppmätt flux dagtid under sommarhalvåret, medel $\pm$ std dev av samtliga mätdata. Här uttryckt som $\text{g C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ och för CH_4 $\text{mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

	Anderstorp, restaurerad	Anderstorp, referens	Ånnsjön, restaurerad	Ånnsjön, referens
NEE	-0,10 $\pm$ 0,11	-0,04 $\pm$ 0,06	-0,05 $\pm$ 0,06	-0,05 $\pm$ 0,05
Reco	0,06 $\pm$ 0,05	0,03 $\pm$ 0,03	0,04 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,04
GPP	-0,16 $\pm$ 0,14	-0,06 $\pm$ 0,07	-0,09 $\pm$ 0,08	-0,08 $\pm$ 0,08
CH ₄	0,03 $\pm$ 0,16	1,3 $\pm$ 8,3	0,8 $\pm$ 2,9	2,0 $\pm$ 11,5

Orangea rutor visar Anderstorpsmätningarna vilka statistiskt skiljer sig från referensytan. Övriga ytor har en statistiskt lika flux.

Uppskalning för helår med CoupModellen

När vi baserat på vår data simulerar hela året med CoupModellen blir NEE positiv, en förlust av kol, för samtliga de fyra ytorna. I tabell 6 ser det ut som att referensytorna förlorar mer än de restaurerade ytorna, vilket ska tolkas med försiktighet. Och det går inte att utesluta att det trots att det ser ut som en förlust varit en inlagring.

Tabell 6. Modellberäknad flux över året, som kumulerad flux, $\text{g C m}^{-2} \text{år}^{-1} \pm$ standardavvikelsen för fyra accepterade simuleringar. För N_2O är enheten $\text{ng N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{år}^{-1}$.

	Anderstorp, restaurerad	Anderstorp, referens	Ånnsjön, restaurerad	Ånnsjön, referens
NEE	33±5	51±31	12±40	22±8
Reco	412±11	281±28	212±51	165±9
GPP	-378±6	-230±17	-200±11	-142±7
CH_4	0,00±0,28	0,04±0,02	0,14±0,03	0,03±0,01
N_2O	<1	<1	<1	<1

Kolbalansen jämfört med andra data

Det har också tidigare visat sig vara en utmaning att utifrån data i enskilda tidpunkter under sommarhalvåret räkna fram ett årligt nettoutsläpp eller nettoupptag (Jauhiainen *et al.*, 2019). Olika metoder har använts för att skala upp sommarmätningar till helår; modellberäkningar som vi gjort eller användning av uppskalningsfaktorer som temperatur, ljus och bladmassa (grönhetsindex), det senare föreslogs av (Jarveoja *et al.*, 2018).

Vi kan också jämföra med andra mätningar, till exempel sommarmätningar genomförda på Degerö Stormyr utanför Umeå där automatiska kammare använts. Datainsamling över hela dygnet resulterade här i ett sammanlagt NEE på -61 g C m^{-2} över mätperioden (Jarveoja *et al.*, 2018). Eftersom mätningarna visade mycket låga gasflöden på våren och hösten kan sommarens mätningar grovt representera ett årligt gasflöde. Mätningar har också genomförts över hela år på Degerö Stormyr med mikrometeorologisk teknik (EddyCovariance) (Rinne *et al.*, 2020), där man tydligt ser att under den kalla årstiden är gasflöden nära noll, och grovt sett börjar i april och slutar i september. Här resulterade blöta år i ett årligt NEE på $-31 \text{ g C m}^{-2} \text{år}^{-1}$, och det torra året 2018 ett positivt värde på NEE $+15 \text{ g C m}^{-2} \text{år}^{-1}$, då myren var en kolkälla. Dessa mätningar visar på att variationen kan vara stor mellan år, där både upptag och utsläpp är möjligt.

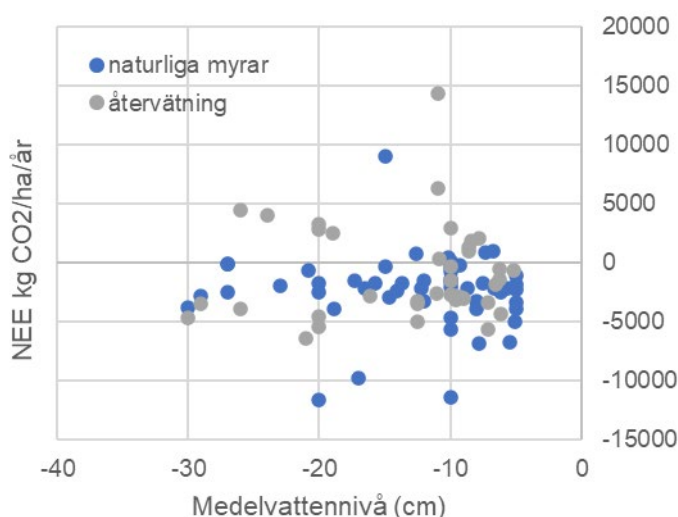
Våra mätningar på Ånnsjöns myr dagtid under sommaren visade en liten kolinlagring på $-0,05 \text{ g C m}^{-2} \text{h}^{-1}$, men man kan förvänta sig att Reco fortsätter under natten och vintern då fotosyntesen upphört. Så om vi gör ett grovt överslag för att få med hela dygnet under sommaren och antar 4 sommarmånader och lika respiration dag och natt med en fotosyntes hälften så stor som den vi uppmätt eftersom ingen fotosyntes under natten ($\text{NEE} = \text{Reco} + (\text{GPP}/2)$) blir kolbalansen (NEE) -15 g C m^{-2} under sommaren, ett upptag på den restaurerade ytan och 0 g C m^{-2} på referensytan. Uppskalning med CoupModellen baserat på våra mätdata vid Ånnsjöns myr visade dock på förlust av kol över hela året, NEE på $+12$ och $+22 \text{ g C m}^{-2} \text{år}^{-1}$ för den restaurerade ytan respektive referensytan, där mean error mellan modellens resultat och våra mätningar indikerar att det inte är någon skillnad mellan ytorna. Och det är också svårt att säga ifall det är någon skillnad jämfört med mätningarna på Degerö Stormyr.

Om samma grova uppskattning av sommarens totala netto görs som ovan på mätdata från Anderstorps stormosse får vi ett NEE på -73 och 0 g C m^{-2} sommar⁻¹

(här antas 5 sommarmånader) för restaurerad respektive referensytan. Simulering över hela året med CoupModellen visade däremot förlust på $+33$ och $+51 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ från de två ytorna på Anderstorps stormosse, restaurerad och referensyta. Modellen visar återigen att en förlust av kol är mer trolig än en upplagring över hela året. Mätning med mikrometeorologisk teknik som täcker hela året från en myr i södra Sverige, Mycklemossen vid Skogaryds forskningsstation i Västra Götaland (Rinne *et al.*, 2020) visade att NEE här var en aning negativ för referensåren $-1,4 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, ett upptag, men förlust det torra året 2018, $+58 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. Variationen är därmed också stor mellan åren.

Ifall det på Ånnsjöns myr och Anderstorps stormosse sker inlagring eller utsläpp av koldioxid kan inte med säkerhet avgöras. Vad resultatet blir beror på troligen på ifall det blir ett vått eller torrt år och hur vegetationen utvecklas.

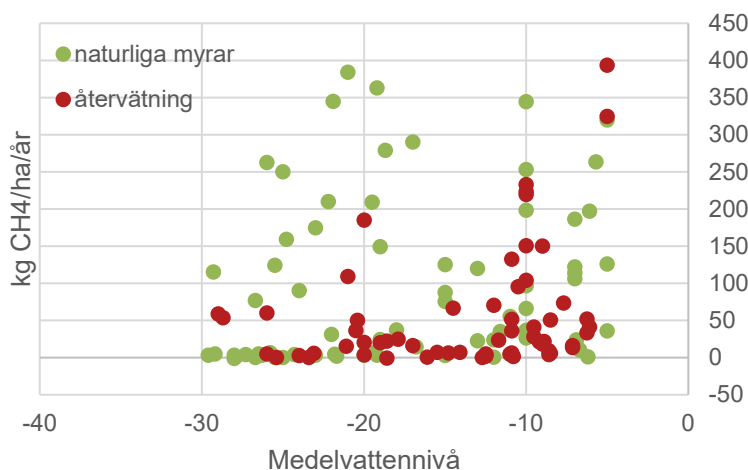
I boken ”Torvmarker, klimat och återvätning”³ har vi sammanställt data på NEE från myrmarker vilka sammanfattas i figur 27, där $5000 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ motsvarar $136 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. Projektets alla genererade mätdata och modellerade data samt de vi har diskuterat ovan faller inom vad som visas i figuren.



Figur 27. Insamlade data i boken ”Torvmarker, klimat och återvätning” över NEE för markvattennivå -30 till -5 cm från platser där återvätning skett, samt från naturliga myrar. Referenser finns i boken.

Om metanflöden skalas upp rakt av från mätdata, från $\text{mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ till $\text{kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ blir metanemissionen 4 och $137 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ från Anderstorps stormosse, och 79 och $204 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ från Ånnsjöns myr, där den första siffran är från restaurerad yta och den andra från referensytan. Uppmätt metanemission på Anderstorps stormosse och Ånnsjöns myr ligger därmed inom vad som uppmätts i andra vetenskaplig publicerade studier, sammanställda i boken ”Torvmarker, klimat och återvätning”, figur 28.

³ Boken ”Torvmarker, klimat och återvätning” författad av Åsa Kasimir och Amelie Lindgren 2024, finns att ladda ner från www.gu.se/forskning/atervatning.



Figur 28. Insamlade data över metan ($\text{kg CH}_4/\text{ha}/\text{år}$) för markvattennivån -30 till -5 cm från platser där återvätning skett, samt från naturliga myrar. Referenser i boken "Torvmarker, klimat och återvätning".

Diskussion

Varför bör vi återväta när projektet visade att det knappt är någon kolinlagring på de återväta markerna? Varför vi bör återväta är inte en fråga som det här projektet VIRV svarar på. I VIRV jämför vi växthusgasbalans på ytor som tidigare har restaurerats för en bättre biologisk mångfald. Frågan i VIRV var ifall växthusgasbalansen också blivit återställd efter restaureringen. I debatten om klimatet lyfts ibland fram återvätning av torvmarker som en åtgärd vilken skulle kunna vara en sänka för CO_2 , genom upplagring av kol i torv. Men återvätning med stor klimatnytta handlar inte om att lagra kol i torv utan om att stoppa utsläpp från djupt dränerade torvmarker eftersom dränerad torv snabbt bryts ner när den inte längre är skyddad av stående vatten, vilket vi visar i vår bok "Torvmarker, klimat och återvätning".

I VIRV-projektet har inte några mätningar gjorts på dränerad mark med vattennivå på mer än 30 cm under markytan, där stora utsläpp av CO_2 förväntas. Vi kan därför inte uttala oss om hur växthusgasbalanserna såg ut innan restaureringen gjordes och därmed inte skillnaden som blev efter restaureringen. På samtliga ytor i VIRV låg medelvattennivån strax under marken mellan -5 och -30 cm, nivåer där man kan förvänta ett nettoupptag av kol och ett visst metanutsläpp, se figur 27 och 28 ovan med data presenterade i vår bok om torvmarker. Men som figur 27 visar kan myren då vara både en källa och en sänka för kol. I VIRV kom vi fram till att kolnettot är ± 0 vilket innebär att växternas upptag balanserar torvens nedbrytning. Det som avgör är vattennivå och växtlighet, där upptaget av CO_2 var stort i de ramar som har mycket vegetation, framför allt om det är en kulle med ljung. Sådana kullar återfanns mest på Anderstorp restaurerad yta, vilket skulle kunna ge en större kolinlagring i förlängningen, men det får framtiden visa. Någon skillnad i kolbalansen mellan ytorna mätta i VIRV kan vi dock inte se. Att restaureringen skulle leda till stora metanutsläpp kan vi heller inte se, tvärtom så var metanavgång från de restaurerade ytorna lägre än från referensytorna. Den viktiga slutsatsen är att Anderstorps stormosse och Ännsjöns myr har de växthusgasbalanser som kan förväntas från dessa myrar.

I mossens barndom för tusentals år sedan var kolinlagringen högre än vad den är idag. Under hela den långa tiden har upplagringen av kol i torv kylt klimatet. Och det blir tvärtom när upplagrad torv bryts ner då koldioxid frigörs som värmer klimatet. Torvmarker som nu används för jord- och skogsbruk samt torvtäkter ger idag stora utsläpp av koldioxid och lustgas, och de utsläppen kan åtgärdas med återvätning. Världens alla myrar måste också skyddas från att brytas ner och avge koldioxid. Att arbeta förebyggande och plugga tidigare gjorda diken är därför viktigt då ett varmare och torrare klimat också kan påverka balansen så att myren inte längre är en sänka för koldioxid utan ger större utsläpp. Den som förväntar sig att återvätning kan ge en sänka för atmosfärens koldioxid, vilket kan rädda klimatet bör förstå att myrar är ingen räddningsplanka för fossila utsläpp. Myrar måste dock skyddas från att torrläggas och torvmarker som dränerats för täkter, jord- och skogsbruk måste återvätas så att det återstående kolet skyddas från nedbrytning.



Figur 29. Anderstorps stormosse september 2021, överst restaurerad yta och underst referensytan. Skillnaden i vegetation är stor.

Litteratur/källförteckning

- Evans, C.D. *et al.* (2021) 'Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions', *Nature*, 593(7860), pp. 548–552.
- Frolking, S., Roulet, N.T., 2007. Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology* 13, 1079-1088.
- Frolking, S., Roulet, N.T., Moore, T.R., Richard, P.J.H., Lavoie, M., Muller, S.D., 2001. Modeling northern peatland decomposition and peat accumulation. *Ecosystems* 4, 479-498.
- He, H., Jansson, P.E., Svensson, M., Björklund, J., Tarvainen, L., Klemedtsson, L., Kasimir, Å., 2016. Forests on drained agricultural peatland are potentially large sources of greenhouse gases – insights from a full rotation period simulation. *Biogeosciences* 13, 2305-2318.
- Järveoja, J., Nilsson, M.B., Gazovic, M., Crill, P.M., Peichl, M., 2018. Partitioning of the net CO₂ exchange using an automated chamber system reveals plant phenology as key control of production and respiration fluxes in a boreal peatland. *Global Change Biology* 24, 3436-3451.
- Jauhainen, J., Alm, J., Bjarnadottir, B., Callesen, I., Christiansen, J.R., Clarke, N., Dalsgaard, L., He, H.X., Jordan, S., Kazanaviciute, V., Klemedtsson, L., Lauren, A., Lazdins, A., Lehtonen, A., Lohila, A., Lupikis, A., Mander, U., Minkinen, K., Kasimir, A., Olsson, M., Ojanen, P., Oskarsson, H., Sigurdsson, B.D., Sogaard, G., Soosaar, K., Vesterdal, L., Laiho, R., 2019. Reviews and syntheses: Greenhouse gas exchange data from drained organic forest soils - a review of current approaches and recommendations for future research. *Biogeosciences* 16, 4687-4703.
- Kalhari, A., Wille, C., Gottschalk, P., Li, Z., Hashemi, J., Kemper, K., Sachs, T., 2024. Temporally dynamic carbon dioxide and methane emission factors for rewetted peatlands. *Communications Earth & Environment* 5, 62.
- Kasimir, A., He, H., Jansson, P.E., Lohila, A., Minkinen, K., 2021. Mosses are Important for Soil Carbon Sequestration in Forested Peatlands. *Frontiers in Environmental Science* 9.
- Rinne, J., Tuovinen, J.P., Klemedtsson, L., Aurela, M., Holst, J., Lohila, A., Weslien, P., Vestin, P., Lakomiec, P., Peichl, M., Tuittila, E.S., Heiskanen, L., Laurila, T., Li, X., Alekseychik, P., Mammarella, I., Strom, L., Crill, P., Nilsson, M.B., 2020. Effect of the 2018 European drought on methane and carbon dioxide exchange of northern mire ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 375.
- Tong, C.H.M., Noumonvi, K.D., Ratcliffe, J., Laudon, H., Järveoja, J., Drott, A., Nilsson, M.B., Peichl, M., 2024. A drained nutrient-poor peatland forest in boreal Sweden constitutes a net carbon sink after integrating terrestrial and aquatic fluxes. *30*, e17246.



Havs
och Vatten
myndigheten



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Länstyrelsen
i Jönköpings län



Länstyrelsen
Jämtlands län



Med bidrag från Europeiska unionens LIFE-program