

Förändringar i torvegenskaper, markanvändning och vegetation hos södra och mellersta Sveriges torvmarker

Kristian Schoning

mars 2015

SGU-rapport 2015:09



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Öppet mosseplan i Store mosse nationalpark. Foto: Gustav Sohlenius.

Alla foton i rapporten: Kristian Schoning.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning	4
Abstract	5
Inledning	6
Linjeinventeringen	6
Undersökningsområden	6
Uppland	6
Småland	8
Material och metoder	10
Linjeinventeringens material	10
Fältundersökningar	10
Beräkning av torvförlust i uppodlade eller kraftigt dikade torvmarker	11
Bedömning av torvmarkens funktion som kolsänka	11
Resultat	12
Återfunna borrhull och torvmarker	12
Förändringar i humifiering och blöthet	12
Uppland	12
Småland	12
Förändringar i vegetation och markanvändning	13
Uppland	13
Småland	14
Förlust av torv och kol hos uppodlade och kraftigt dikade torvmarker	14
Bedömning av torvmarkens funktion som kolsänka	16
Diskussion	16
Skogsbrukets påverkan på förutsättningarna för torvbildning	19
Varför växer de öppna mosseplanen igen?	20
Förändringar i vegetationens sammansättning	21
Varför ökar nedbrytningsgraden hos den ytliga torven?	21
Förlust av kol hos uppodlade och kraftigt dikade torvmarker	22
Hur ser förutsättningar ut för torvmarkernas roll som torvbildare och kolsänka?	22
Slutsatser	23
Referenser	24
Bilaga 1. Vegetationstyper på undersökta torvmossar i Småland	26

SAMMANFATTNING

I denna undersökning har förändringar i egenskaper och markanvändning hos 28 torvmarker i Småland och Uppland studerats för att hur deras funktion som torvmarker, med torvbildning och myrvegetation, förändrats under de senaste 100 åren. De torvmarker som ingår i studien undersöktes alla i samband med SGUs linjeinventering under 1910- och 1920-talen som gjordes för att beräkna Sveriges torvtillgångar (von Post & Granlund 1926) och har återbesökts under 2010 och 2011. I linjeinventeringens material finns, för de undersökta torvmarkerna, beskrivet markanvändning, torvmarkstyp, vegetation och torvens egenskaper. Med hjälp av detta arkivmaterial har förändringar hos dessa faktorer kunnat göras.

Flera av de återbesökta torvmarkerna uppvisar förändringar i såväl hydrologi som torvens egenskaper som vegetation. De huvudsakliga förändringar som skett är att torvmarkerna blivit torrare, att det översta torvlagret har brutits ner, att den naturliga myrvegetationen har minskat och att det har skett en ökning av trädbeståndet. Där en eller flera av dessa förändringar har registrerats hos en torvmark har det tolkats som att funktionen som kolsänka med torvbildning har försämrats eller gått förlorad, vilket är fallet för 18 av de 28 undersökta torvmarkerna. Den största enskilda faktorn till förändringarna är förmodligen skogsdikning, vilket har förändrat förutsättningarna för torvbildningen genom torrläggning och ökad beskogning. Ytterligare en viktig faktor som haft inverkan på torvmarkernas funktion är en ökad näringstillförsel, vilket i sin tur påverkat vegetationen och även nedbrytningshastighet hos torven. För några av de undersökta torvmarkerna som använts för jordbruksändamål eller som påverkats kraftigt av skogsdikning har en uppskattning av förlusten av kol gjorts. Förlusten uppskattas då till mellan 125 och 300 gC m⁻²år⁻¹.

Sammantaget tyder resultaten i den här undersökningen på att torvmarkerna i södra och mellersta Sverige till viss del förlorat sin funktion som kolsänka och torvbildare, och att de binder in mindre kol i form av torv idag jämfört med i början av 1900-talet. För att bekräfta den bilden är det dock nödvändigt att det görs mer omfattande undersökningar av våra torvmarker och hur deras tillstånd har förändrats över tid.

Resultaten som redovisas och diskuteras i denna rapport är framtagna inom ett forsknings- och utvecklingsprojekt som bedrivits på SGU under åren 2010–2012 med Kristian Schoning som projektledare. Övriga medarbetare i projektet har varit Henrik Mikko och Gustav Sohlenius.

ABSTRACT

We have studied changes in the prosperities and land-usage for 28 peatlands in the south Swedish uplands and in Uppland, Sweden, in order to evaluate changes in their function as mires with peat formation and mire-vegetation. The designated peatlands were all investigated in the early part of the 1900s during the SGU peat inventory. This peat inventory was conducted from 1914 until 1923 with the aim to evaluate Swedish peat resources. The archive material from this survey contains information on land-usage, vegetation and peat properties and can be used for studying changes in the peatlands that have occurred during the 100 years that have passed since the survey was performed.

Several of the revisited peatlands exhibit changes in hydrology, peat properties and vegetation. Typical changes recorded are drier conditions, decomposition of the uppermost peat layer, loss of mire-vegetation and an increase in the amount of trees. At sites where several of these changes have occurred, the interpretation is that the peatland function with peat formation and carbon sequestering is reduced or lost. The conclusion from this study is that the peatlands of southern Sweden have lost some of their capacity as a carbon sink. To confirm this picture a more thorough study on a more comprehensive material must be made.

The overall conclusion of our observations is that the peatlands of southern and central Sweden have lost some of their function as carbon sink and peat forming ability compared to the situation in the early 1900s. To confirm this picture it is necessary to make more thorough studies on the peatland properties of southern and central Sweden.

This report describes and discusses the results from a research and development project carried out at SGU during 2010–2012 with Kristian Schoning as project manager and with Henrik Mikko and Gustav Sohlenius as coworkers.

INLEDNING

Torvmarker utgör omkring 3 % av jordens landyta men innehåller samtidigt 30 % av allt markbundet kol. Huvuddelen av dessa torvmarker finns inom norra halvklottets boreala och subarktiska landområden och dessa torvmarker utgör följaktligen en betydande faktor i den globala kolbalansen. Sverige är ett av de länder där förutsättningarna för torvbildning är goda på grund av de klimatologiska, geologiska och topografiska förhållanden som råder här. Följaktligen utgörs en stor andel, omkring 15 %, av Sveriges landareal av torvmarker. Tillståndet hos dessa torvmarker är av väsentlig betydelse för kolbalans, biologisk mångfald och vattenhushållning i landskapet. Torvmarkernas möjlighet till torvbildning och kolinbindning beror på en mängd faktorer där klimatet, de hydrologiska förhållandena, vegetationens sammansättning och näringsstatus är bland de viktigaste. Förändringar i någon eller flera av dessa faktorer kan alltså leda till förändrade möjligheter för torvmarkerna att ha kvar sin funktion som torvbildare.

Under 1900-talet har det skett stora förändringar i markanvändningen med avvattning av landskapet och ett mer intensivt skogsbruk som ändrat förutsättningarna för torvmarkernas förmåga att behålla sin myrvegetation och sin torvbildande förmåga. Samtidigt har det under de senaste 50 åren även skett en ökning av kvävenedfallet, vilket kan ge stora effekter på torvmarkers vegetation. I Finland, med samma typ av torvmarker och liknande markanvändning som Sverige, visar beräkningar att mängden inlagrad kol i koldepån i torvmarkernas torv minskat mellan 1950 och 2000 medan det skett en ökad kolinbindning i vegetationen (Turunen 2008). Det är möjligt att denna typ av förändringar har ägt rum även i Sverige. I denna undersökning har förändringar i torvens egenskaper, torvmarkens vegetation och markanvändning studerats hos torvmarker i Småland och Uppland. De undersökta torvmarkerna studerades alla i samband med SGUs linjeinventering i början av 1900-talet (von Post & Granlund 1926). Ett syfte med den här studien har varit att utvärdera om linjeinventeringens material kan användas för att studera förändringar, som skett i torvmarkernas status och funktion. Den andra delen av projektet har varit att beskriva de förändringar som skett och göra en kvalitativ bedömning av vad dessa förändringar haft för effekt på torvmarkernas funktion som torvbildare.

LINJEINVENTERINGEN

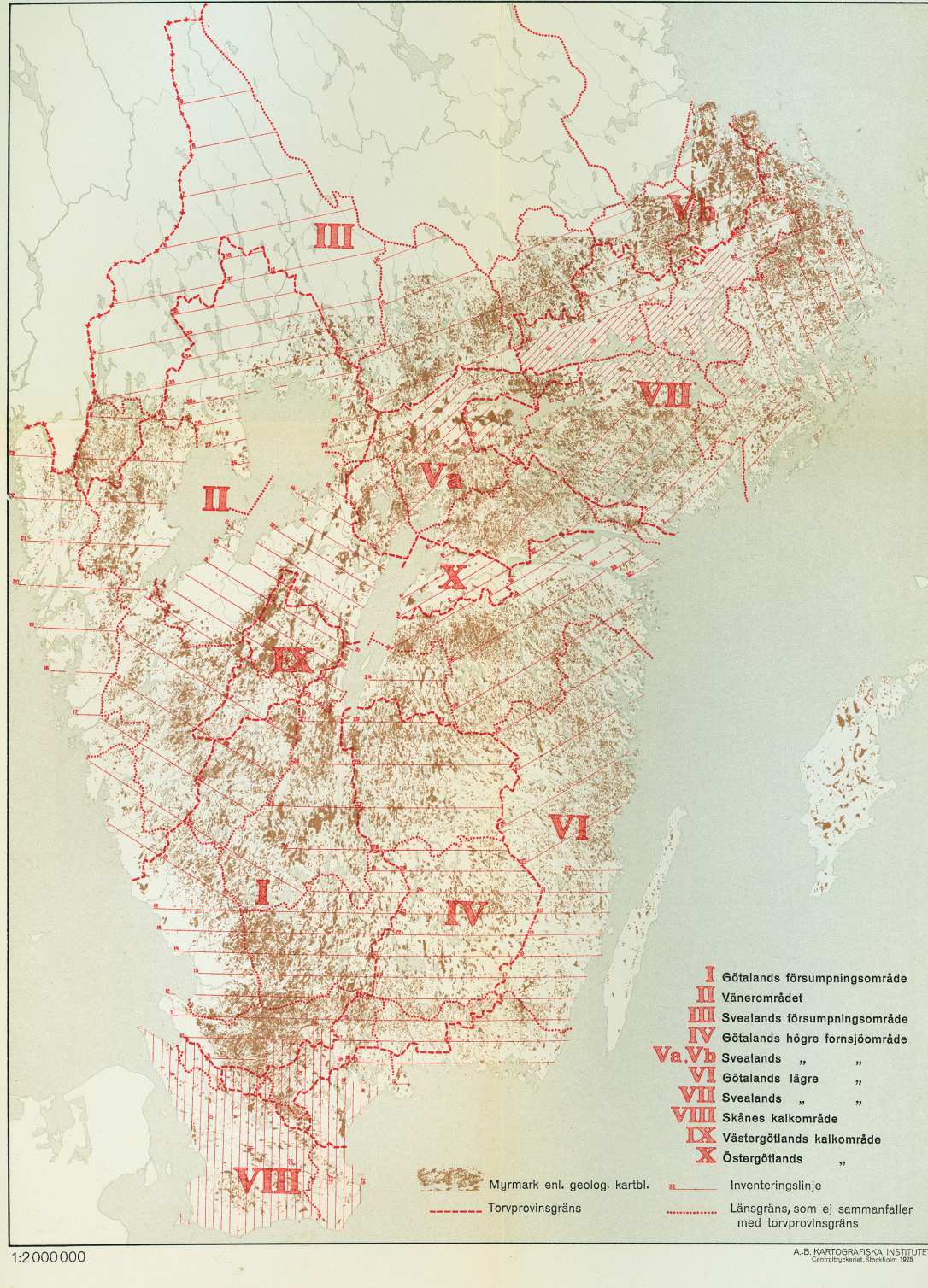
Linjeinventeringen utfördes under åren 1917 till 1923 med syftet att bestämma torvarealer och torvtillgångar i Sverige (von Post & Granlund 1926). Utgångspunkten var att få en uppfattning om tillgångarna av torv för olika ändamål, främst brännrotv och strörotv. Vid linjeinventeringen undersöktes 4 020 torvmarker med sammanlagt 13 650 borrhöjningar i södra och mellersta Sverige upp till och med Uppland och Värmland (fig. 1). Vid Linjeinventeringen gjordes borrhöjningar i alla de torvmarker som skars av förutbestämda utritade linjer (fig. 1) och linjen följdes oavsett om den träffade centralt på torvmarken eller i kanten. En beskrivning av arbetet och sammanställning av resultaten finns i von Post & Granlund (1926). Linjeinventeringens material är relativt homogent och jämnt i kvaliteten, eftersom undersökningen gjordes under en koncentrerad period enligt särskilda instruktioner (von Post & Granlund 1926). Vid linjeinventeringen noterades torvslag, torvens egenskaper, typ av torvmark, vegetation på torvmarken samt om torvmarken var uppodlad. I SGUs torvarkiv finns material från linjeinventeringen samlat i form av dagboksanteckningar, kartmaterial, uppritade profiler genom torvmarker samt torvprover (fig. 2).

UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN

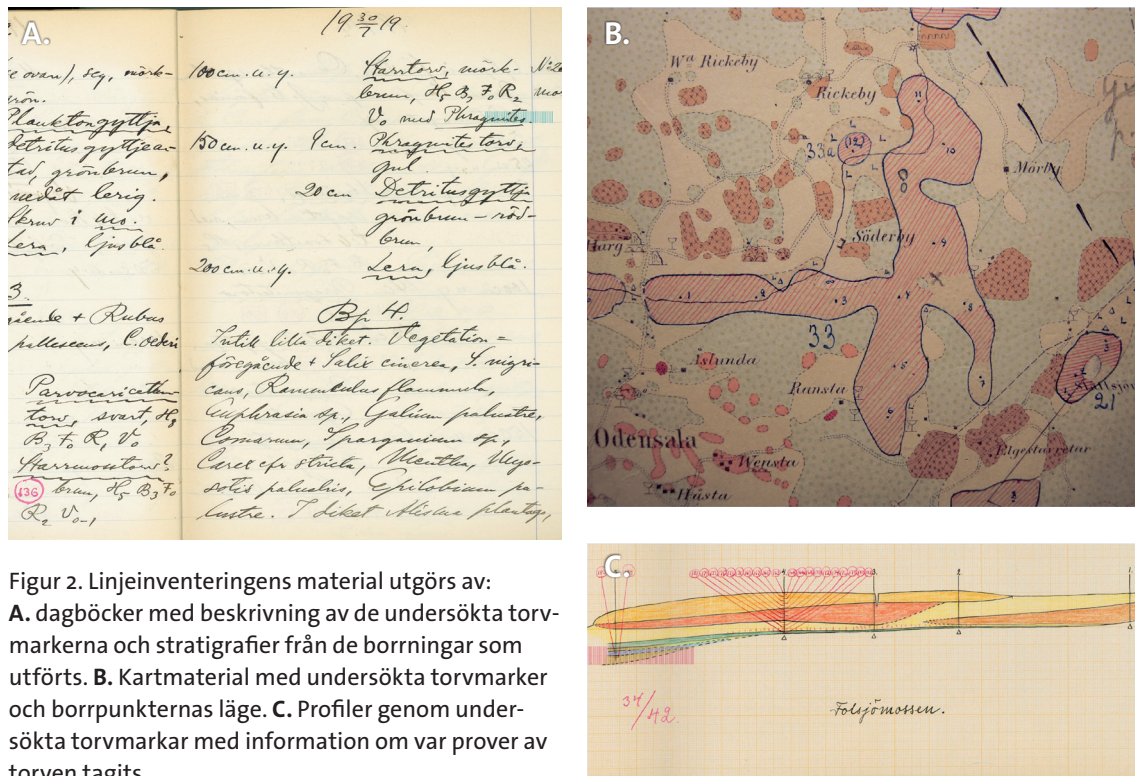
Uppland

I Uppland har torvmarker längs en av inventeringens linjer, från Heby i västsydväst till Östhammar i ostnordost, undersökts (fig. 3). Det uppländska landskapet är flackt och relativt ungt. Stora delar av Uppland har först under de senaste 4 000 åren hamnat ovanför Östersjöns yta.

INVENTERINGSLINJER OCH TORVPROVINSER



Figur 1. Karta över linjeinventeringens undersökningslinjer.

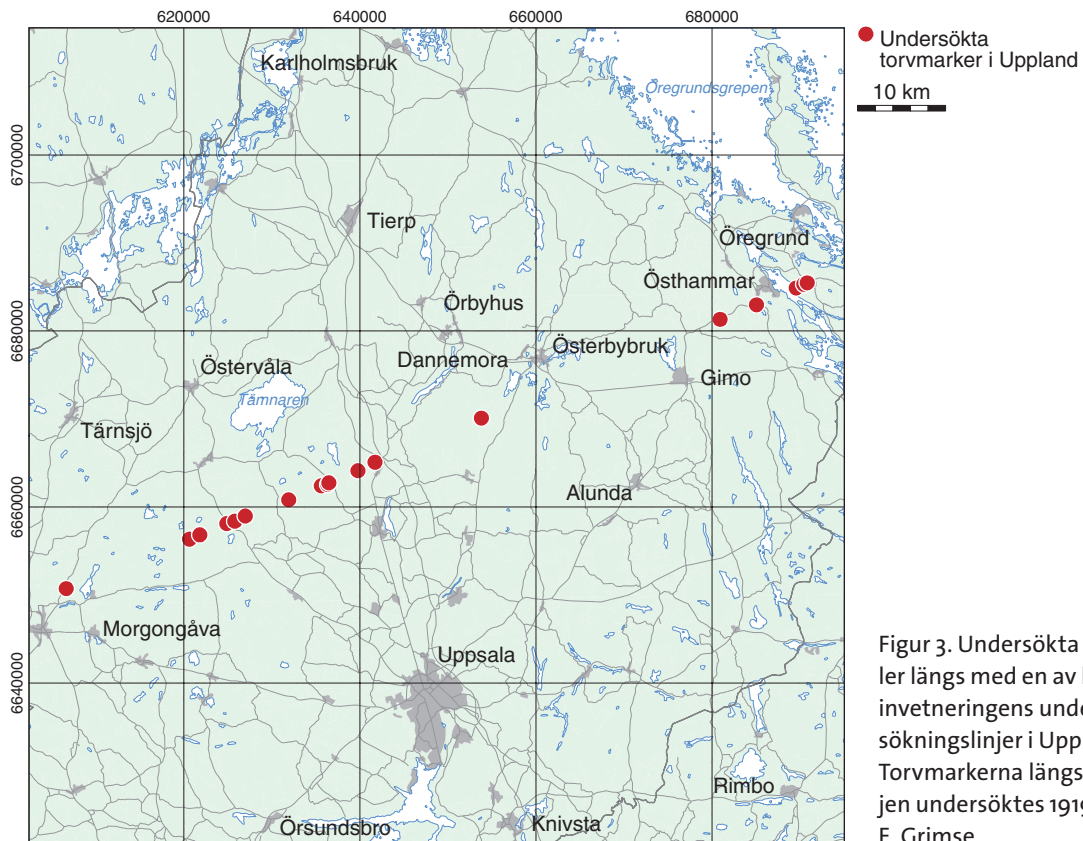


Figur 2. Linjeinventeringens material utgörs av: **A.** dagböcker med beskrivning av de undersökta torvmarkerna och stratigrafier från de borrhningar som utförts. **B.** Kartmaterial med undersökta torvmarker och borrhningarnas läge. **C.** Profiler genom undersökta torvmarker med information om var prover av torven tagits.

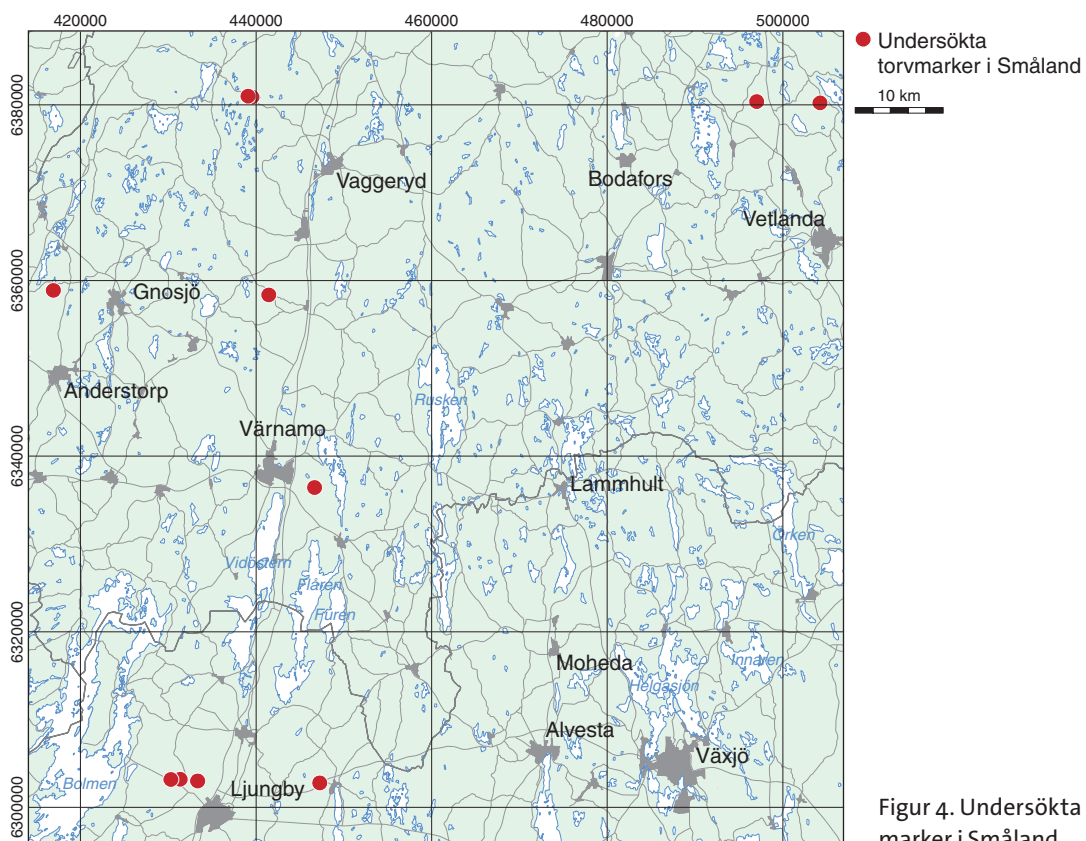
Eftersom landskapet är så pass ungt är torvmäktigheterna i området ofta inte över 2 m och torvmäktigheten sjunker ut mot den nuvarande kusten (Sohlenius m.fl. 2014, Schoning 2014). De flesta av torvmarkerna är relativt små och större torvmarker är ovanliga. Olika typer av kärr är vanligast förekommande. De mossar som finns är ofta tallbevuxna och med en tät risvegetation av skvattram, odon, blåbär och lingon. I de norra delarna av Uppland finns även en tydlig påverkan av den kambrosiluriska kalkberggrunden i Gävlebukten norr om Uppland, vilket återspeglas i en hög andel brunmossor och brunmossatorv i torvmarkerna.

Småland

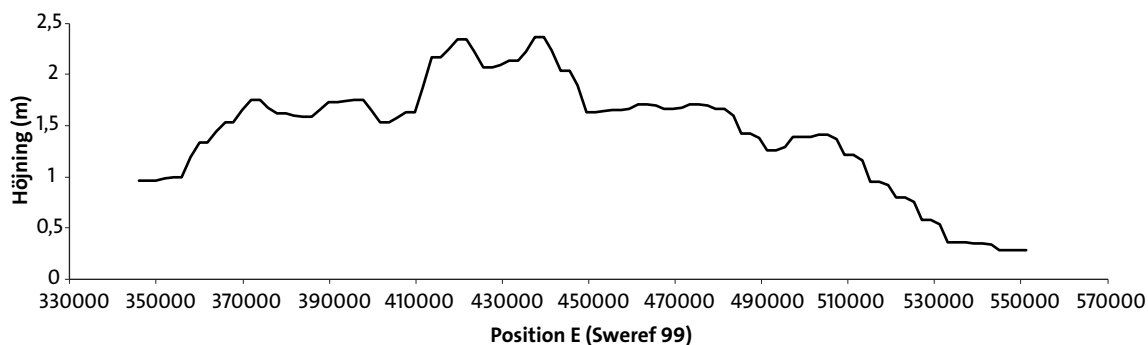
De undersökta torvmarkerna ligger utspridda på det sydsvenska höglandet (fig. 4) och kommer från olika undersökningslinjer undersökta mellan 1914 och 1923. Sydsvenska höglandet karaktäriseras av förekomsten av stora öppna torvmossor dominerade av vitmossor och kärrtorvmarker upptar endast en mindre del av torvmarksarealen. Den västra sidan av sydsvenska höglandet är ett av de torvrikaste områdena i Sverige och många av torvmarkerna i regionen visar spår av torvbruk, vilket fortfarande sker i relativt stor omfattning. De stora arealerna av torvmarker beror på de klimatologiska förutsättningarna med relativt riklig nederbörd och en måttligt hög evapotranspiration vilket ger en lämplig miljö för bildning av torv. Torvdjupet hos de stora mossarna är oftast över 4 m och torven utgörs till övervägande del av vitmosstorv. Det är även vanligt att de översta 1 till 3 m av torven utgörs av en låghumifierad vitmosstorv med en mer höghumifierad torv på djupet. Mossarna är ombrogena torvmarker, det vill säga de får sin näring och vattentillförsel enbart genom nederbörden och höjer sig över omgivande laggkärr. Den högsta höjningen hos mossarna återfinns på västsidan av sydsvenska höglandets högst liggande områden (fig. 5).



Figur 3. Undersökta lokaler längs med en av linjeinventeringens undersökningslinjer i Uppland. Torvmarkerna längs linjen undersöktes 1919 av E. Grimse.



Figur 4. Undersökta torvmarker i Småland.



Figur 5. Medelvärde för hur högt mossarna höjer sig ovanför omgivande lagbkärr längs en väst-östlig profil från Halland över sydsvenska höglandet till östra Småland.

Tabell 1. Exempel på hur information från linjeinventeringens dagböcker kan se ut. Informationen avser en borrhpunkt från en torvmark.

Id: 1. Namn: Stormossen. Vegetation: vitmossor, ljung, tuvdun, renlav tall.

Torvmarkstyp: öppen mosse. Markanvändning: orörd

BP	Djup från	Djup till	Torvslag	Humifiering	Blöthet	Färg	Ved	Fiber	Rötter
1	0	50	Vitmosstorv	3	3–4	Halmgul	0	1	0
1	50	100	Vitmosstorv	6–5	3	Brun	0	1	0
1	100	120	Starr-vitmosstorv	6	3	Brunsvart	1	0	1
1	120	122	Sand						

MATERIAL OCH METODER

Linjeinventeringens material

Med utgångspunkt från linjeinventeringens fältkartor och dagböcker identifierades de torvmarker och borrhpunkter som undersöktes vid linjeinventeringen, på modernt kartmaterial i GIS-miljö. Den linjeprofil som följdes över torvmarken placerades utifrån torvmarkernas form och om det i dagboksanteckningarna angavs avstånd från identifierbara fasta geografiska hållpunkter. Dessa kunde vara byggnader, vägskäl, diken och moränholmar. Själva borrhpunkterna placerades ut längs profilen utifrån de i dagböckerna angivna avstånden mellan borrhpunkterna. För de torvmarker som med stor sannolikhet kunde identifieras på moderna kartor och var logistiskt tillgängliga, renskrevs dagboksanteckningarna med information om torvmarken och torvstratigrafin (tabell 1).

Fältundersökningar

I fält bestämdes stratigrafin i borrhpunkterna genom borrhning med ryssborr och för varje identifierat torvslag bedömdes humifiering (nedbrytningsgrad), blöthet, färg samt inslag av ved i torven enligt linjeinventeringens klassificering (tabell 2 A & B). Torvslag bestämdes utifrån torvens växtsammansättning enligt linjeinventeringens indelningssystem (von Post & Granlund 1926). En beskrivning av de generella dragen i vegetationens sammansättning i omgivningen runt borrhpunkten gjordes. Där även förekomst av diken och nutida markanvändning noterades.

Tabell 2 A. Klassificering av de viktigaste torvegenskaperna som användes vid Linjeinventeringens standardiserade klassificering av torv.

Blöthet B	Rottrådar R	Vedrester V	Fibrer F (Tuvdun)
1 Lufttorr	0 Inga rottrådar	0 Inga vedrester	0 Inga fibrer
2 Något torkad	1 Obetydligt med rottrådar	1 Obetydligt med vedrester	1 Obetydligt med fibrer
3 Normalfuktig	2 Rikligt med rottrådar	2 Rikligt med vedrester	2 Rikligt med fibrer
4 Blöt	3 Ren rotfilt	3 Övervägande vedrester	3 Enbart fibrer
5 Huvudsakligen vatten			

Tabell 2 B. von Posts humifieringsskala.

	Växtstruktur i obehandlat prov	Förmultning av cellväggsubstans	Vid kramning i handen avgående		Kramningsåterstodens karaktär
			Torvmassa	Vatten	
H1	Tydlig	Ingen synlig	Ingen	Klart, nästan färglöst	Ej grötig
H2	Tydlig	Nästan ingen	Ingen	Klart, gulaktigt	Ej grötig
H3	Tydlig	Svag	Ingen	Svagt grumligt, brunaktigt	Ej grötig
H4	Tydlig	Tämligen svag	Ingen eller obetydlig	Grumligt	Något grötig
H5	Rätt tydlig	Tämligen stark	Någon	Starkt grumligt	Tämligen grötig, men med tydlig struktur
H6	Rätt otydlig	Tämligen stark	Ca 1/3	Starkt grumligt	Starkt grötig, växtstruktur ganska tydlig
H7	lakttagbar	Tämligen stark	Ca 1/2	Vällingartat el. inget	Starkt grötig, växtstruktur ganska tydlig
H8	Mycket otydlig	Stark	Ca 2/3	Vällingartat el. inget	Rottrådar, fibrer, bark
H9	Nästan ingen	Nästan fullständig	Nästan hela	Vanligen inget	Enstaka rester
H10	Ingen	Fullständig	Hela	Inget	Ingen

Beräkning av torvförlust i uppodlade eller kraftigt dikade torvmarker

Beräkningar av den genomsnittliga förlusten av torv i torvmarker som var uppodlade vid tidpunkten för linjeinventeringen, eller som idag var kraftigt påverkade av dikning, gjordes för att uppskatta förlusten av kol i dessa torvmarker. Kolförlusten har uppskattats genom mätningar av densitet och askhalt i torv i norra Uppland (Schoning 2014) och en subsidensfaktor på 0,7 (Eggelsman 1976) för hur stor del av torvförlusten som utgörs av oxidation av torv.

Bedömning av torvmarkens funktion som kolsänka

En kvalitativ bedömning av hur torvmarkens funktion förändrats vad gäller torvbildning och kolsänka är gjord för de undersökta torvmarkerna. Den kvalitativa bedömningen baseras på fältobservationer, där ett antal indikatorer använts för att bedöma om torvmarken har någon fungerande torvbildning idag. De parametrar som vägts in i bedömningen är: förändrad markanvändning, stora förändringar i vegetation, förändringar i blöthet inklusive ny dikning, förändring i nedbrytningsgrad hos den ytligaste torven samt tydlig minskning i torvmäktighet (tabell 3). Ingen hänsyn har tagits till om vegetationens funktion som kolsänka har förändrats, utan bedömningen avser endast kolinbindning i form av torv.

Tabell 3. Indikatorer som ingått i bedömningen av förändringar i torvmarkernas torvbildning och funktion som kolsänka i form av torv.

Indikator	Förändring	Effekt på torvmarken	Effekt på kolinbindning (torv)
Markanvändning	Jordbruk, modernt skogsbruk, torvtäkt	Ökad förutsättning för nedbrytning av torv. Förändring i vegetation	Stora negativa effekter
Blöthet och dikning	Torrare förhållanden	Ökad förutsättning för nedbrytning av torv. Förändring i vegetation	Negativa effekter
Vegetationsförändring	Förlust av torvbildande vegetation	Minskad torvbildning	Negativa effekter
Förändring i humifiering	Högre humifiering	Ingen ny torvbildning sker eller torvbildningen har minskat	Negativa effekter
Torvmäktighet	Tydlig minskning	Förlust av torv	Stora negativa effekter

RESULTAT

Återfunna borrpunkter och torvmarker

Bedömningen är att för de flesta av de återbesökta torvmarkerna är det sannolikt att vi har hamnat nära de ursprungliga undersökta borrpunkterna. Totalt har 28 torvmarker undersökts, 17 i Uppland och 11 i Småland. I vissa fall har det dock varit uppenbart att positioneringen av linjen och borrpunkterna har varit felaktig. I de fall där det funnits tydliga geografiska referenser att utgå från, som hus, vägar, milstenar eller morfologi på torvmarkens utbredning, t.ex. fastmarksholmar och inbuktningar, har det varit mycket lätt att orientera sig till platser som rimligen motsvarar de som undersöktes under linjeinventeringen. Av de undersökta torvmarkerna är de stora öppna mossarna i Småland mindre känsliga för att borrpunkternas position ska hamna på exakt rätt linje över torvmarken då de är mer enhetligt uppbyggda över torvmarken. För de små torvmarkerna i Uppland har det däremot varit svårare att överföra linjeinventeringens borrpunkter till modernt kartmaterial på grund av större skillnader i torvmarkernas morfologi på gammalt och nytt kartmaterial. Det här har bland annat visat sig vid borrpunkter nära torvmarkernas kanter där placering av borrpunkten i förhållande till torvmarkens kanter kan ge stora skillnader i torvstratigrafin.

Förändringar i humifiering och blöthet

Uppland

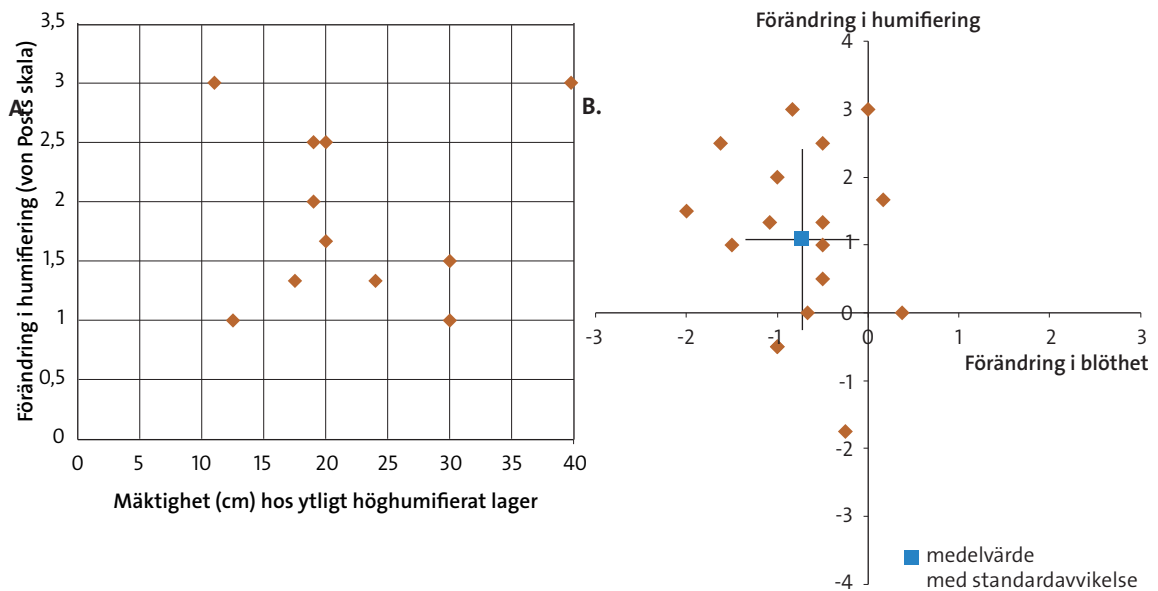
Huvuddelen av de undersökta torvmarkerna i Uppland visar på en ökning av humifieringsgraden i de översta torvlagren (fig. 6–7). Vad gäller blöthet är bilden inte lika klar men i de torvmarker där de största förändringarna i nedbrytningsgrad och vegetation har skett, är det en tydlig förändring även i blöthet.

Småland

För fem av de undersökta mossarna i Småland har det tydligt gått att urskilja en förändring i humifiering hos det översta torvlagret jämfört med när linjeinventeringen gjorde sina undersökningar (tabell 4). För de andra sex undersökta torvmarkerna har det inte gått att se några förändringar i blöthet eller nedbrytningsgrad.



Figur 6. Höghumifierad torv i ytan på torvmarken. Vid undersökningarna i samband med linjeinventeringen hade torven samma låga humifieringsgrad hela vägen upp till markytan.



Figur 7. A. Förändringar i medeltal i humifieringsgrad hos den ytliga torven hos torvmarker i Uppland och hur mäktigt detta lager är i medeltal i de undersökta torvmarkerna där en signifikant ökning i humifieringsgrad registrerats. B. Förändring i humifieringsgrad och blöthet hos de undersökta torvmarkerna i Uppland. För de flesta av torvmarkerna har det skett en ökning i humifiering och en minskning i blöthet. humifieringsförändringar.

Förändringar i vegetation och markanvändning Uppland

De huvudsakliga förändringarna i vegetation och markanvändning redovisas i tabell 5. Av de torvmarker som för 100 år sedan var jordbruksmark används inte några idag, för intensivt jordbruk utan används istället som betesmark eller är övergivna eller har planterats med skog (fig. 8). Kraftigt dikade torvmarker har planterats med skog och andelen näringskrävande och

Tabell 4. Förändringar i humifieringsgrad, Småland.

Torvmark	Förändring i humifieringsgrad (medel) von Post	Djup på höghumifierat ytlager (medel) cm	Utbredning
Katterydsmossen	3,5	11	Hela profilen
Värmsjö mosse	6,5	15	Östra delen
Stormossen	3,8	17	Hela profilen
Sköllbäckskärret	2,8	12,5	Kantpartierna
Tuvamossen	3	20	Västra delen
Medelvärde	3,6	16,5	

Tabell 5. Huvudsakliga förändringar i vegetation och markanvändning hos de undersökta torvmarkerna.

Uppland	Småland
<ul style="list-style-type: none"> • Minskning av andelen vitmossa (<i>Sphagnum</i>) • Ökning av andelen brunmossor (<i>Bryales</i>) • plantering av skog på torvmarker som använts som jordbruksmark • Brännässla (<i>Urtica dioica</i>), gräs (<i>Poaceae</i>) och älgört (<i>Filipendula ulmaria</i>) på tidigare uppodlade torvmarker • Skogsbruk med avverkning och plantering av skog • Dikning 	<ul style="list-style-type: none"> • Minskning av ljung (<i>Calluna vulgaris</i>) • Ökning av små tallplantor • Igenväxning av öppna mosseplan • Dikning och torrläggning av laggkärr

torrgynnande växter har ökat. På torvmarker som i mindre utsträckning är påverkad av olika typer av markanvändning är den tydligaste förändringen att vitmossor minskat och andelen brunmossor ökat. En mer utförlig beskrivning av förändringar i vegetationen hos torvmarker i Uppland, som skett från det att linjeinventeringen genomfördes till återbesök i nutid, finns i James (2010).

Småland

De huvudsakliga förändringarna i vegetation och markanvändning redovisas i tabell 5. För alla undersökta mossar är de omgivande laggkärren mer eller mindre påverkade av dikning och i de flesta fall är de torrlagda och ersatta med skog (fig. 9, bilaga 1). Även på de öppna mosseplanen har det i vissa fall skett förändringar där ljungen har minskat sedan linjeinventeringen genomfördes. Det är även tydligt att på ett flertal av torvmossarna som återbesökts har det öppna mosseplanet börjat växa igen och beskogats med tall (fig. 10, bilaga 1). I bilaga 1 visas förändringarna i vegetationstyp längs med de undersökta linjerna.

Förlust av torv och kol hos uppodlade och kraftigt dikade torvmarker

Det har skett en minskning av torvmäktigheten i de torvmarker där odling eller bete bedrevs vid tidpunkten för linjeinventeringen. Dessa torvmarker används idag som betesmark eller ligger i träda (fig. 11) men kompaktionen och oxidationen av torven har fortsatt. För de uppodlade torvmarkerna motsvarar torvförlusten en förlust av kol mellan 125 och 300 gC m⁻²år⁻¹ (tabell 6). För de två torvmarkerna med omfattande dikning och skog motsvarar torvminskningen en förlust av 170 till 210 gC m⁻²år⁻¹.



Figur 8. Torvmark som vid linjeinventeringen var röjd och användes som jordbruksmark. Idag är torvmarken planterad med gran.



Figur 9. Dikat laggekärr där kärret ersatts med granskog.



Figur 10. Ett tidigare öppet mosseplan som börjat växa igen med tall.

Tabell 6. Beräkning av förlusten av kol på fem av de undersökta torvmarkerna som vid tidpunkten för linjeinventeringen användes som jordbruksmark samt två torvmarker som år 2010 visade på tydlig påverkan av dikning i samband med skogsbruk. I beräkningarna har följande antagande gjorts. Subsidensfaktor 0,7, dvs. andelen av den totala torvförlusten under perioden som utgörs av oxidation. Organisk halt för C-torv 92,5 % och S-torv 97,5 %. Kolhalt i torvens organiska material 47 %. Densiteten för torven är satt till 200 kg/m³ vilket är vanligt för dikade torvmarker.

Lokal	Markanvändning 2010/2011	Torvförlust medel (m)	Torvförlust (cm år ⁻¹)	Torvslag	Förlust C (gC m ⁻² år ⁻¹)	Förlust C Hela torvmarken 1919–2010 (ton C)
28	Betesmark & vall	0,28	0,31	C-torv	190	1 290
46	Betesmark & vall	0,19	0,21	C-torv	125	1 130
62	Skogsdikning	0,31	0,34	C-torv	210	530
74	Betesmark & vall	0,45	0,5	C-torv	300	2 170
75	Betesmark & vall	0,37	0,41	C-torv	250	330
78	Betesmark & vall	0,26	0,29	C-torv	175	1 030
80	Skogsdikning	0,24	0,27	S-torv	170	1 540



Figur 11. Vegetationen på torvmarker som tidigare använts som jordbruksmark har ofta ett stort inslag av älgört och brännässlor. Den näringsrika växttorven som mineraliseras och tidigare gödslas ger goda förutsättningar för dessa kvävegynnade växter.

Bedömning av torvmarkens funktion som kolsänka

Vår tolkning av dagböckernas beskrivning är att i princip alla torvmarker som inte var dikade för jordbruksändamål vid linjeinventeringen hade en fungerande torvbildning och därmed hade en funktion som kolsänka (tabell 7). Idag är majoriteten av de undersökta torvmarkerna en källa för kol till atmosfären (fig. 12). Sju av de undersökta torvmarkerna som fortfarande har en aktiv torvbildning uppvisar tecken på en minskad torvbildning jämfört med när linjeinventeringen gjorde sina undersökningar (fig. 12).

DISKUSSION

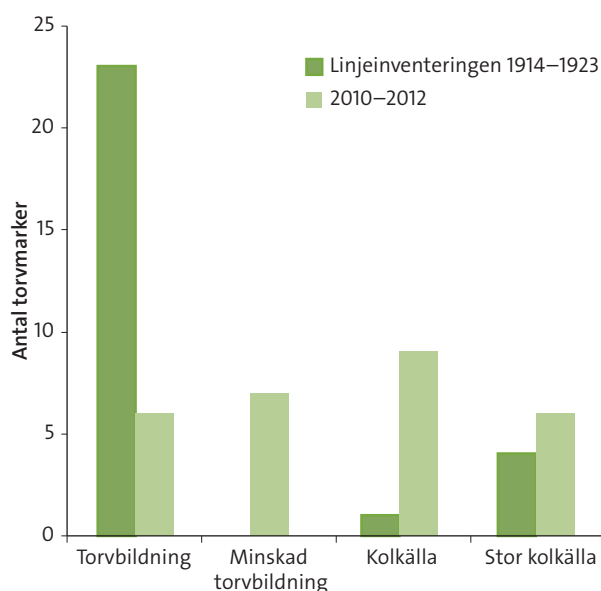
Flertalet av de undersökta torvmarkerna i den här studien uppvisar förändringar i torvens egenskaper, hydrologi och vegetation. Dessa förändringar har, var för sig eller tillsammans, en negativ inverkan på möjlighet till en fungerande torvbildning. Då de nu undersökta torv-

Tabell 7. Förändring i markanvändning och torvmarkernas funktion som kolsänka sedan linjeinventeringen och idag (2010–2011).

Torvmark	Markförhållanden 1914–1923	Markförhållanden 2010–2011	Kolbalans (torv) 1914–1923	Kolbalans (torv) 2010–2011	Orsaker till förändring i kolbalans 2010–2011	Förändringar hos torvmarken
Uppland						
4	Mosse	Dikespåverkad mosse	Kolsänka	Kolkälla	Dikning för skogsbruk och torvtäkt	Ökad humifiering, torrare yta
19	Mosse	Mosse	Kolsänka	Kolsänka		Inga förändringar
20	Kärr	Kärr	Kolsänka	Kolsänka		Ökad humifiering
22	Skogsmosse	Dikad mosse	Kolsänka	Kolkälla	Dikning för skogsbruk	Torrare yta
28	Uppodlad	Betesmark	Stor kolkälla	Stor kolkälla		Minskat torvdjup
36	Kärr	Dikespåverkat kärr	Kolsänka	Kolkälla	Dikning för skogsbruk	Ökad humifiering, torrare yta
37	Skogsmosse	Skogsmosse	Kolsänka	Kolsänka		Torrare yta
42	Kärr	Kärr	Kolsänka	Kolsänka		Inga förändringar
43	Skog	Dikad tallplantering	Kolkälla	Stor kolkälla	Dikning för skogsbruk	Ökad humifiering, torrare yta
44	Kärr	Dikespåverkat kärr	Kolsänka	Kolkälla	Dikning för skogsbruk	Torrare yta
46	Kärr & Mosse	Dikespåverkad torvmark	Kolsänka	Kolsänka	Dikning för skogsbruk	Inga förändringar
47	Mosse	Dikespåverkad mosse	Kolsänka	Kolkälla	Dikning för skogsbruk	Ökad humifiering, torrare yta
62	Kärr & Lövkärr	Dikad granplantering	Kolsänka	Stor kolkälla	Dikning för skogsbruk	Ökad humifiering, torrare yta
74	Uppodlad	Betesmark	Stor kolkälla	Stor kolkälla		Minskat torvdjup
75	Uppodlad	Betesmark	Stor kolkälla	Stor kolkälla		Minskat torvdjup
78	Uppodlad	Betesmark	Stor kolkälla	Stor kolkälla		Minskat torvdjup
80	Mosse	Dikad mosse	Kolsänka	Stor kolkälla	Dikning för skogsbruk	Ökad humifiering, torrare yta
Småland						
Björnö mosse	Öppen mosse	Mosse med dikat laggkärr	Kolsänka	Minskad kolsänka	Dikning för skogsbruk	Laggkärr torrlagt, inledande beskogning på mosseplanet, ljungen borta
Katteryds-mossen	Öppen mosse	Mosse med dikat laggkärr	Kolsänka	Minskad kolsänka	Dikning för skogsbruk	Laggkärr torrlagt, inledande beskogning på mosseplanet, ökad humifiering, skogsmossor i randskogen
Sköllbäckskärret	Öppen mosse	Öppen mosse	Kolsänka	Kolsänka		Inga förändringar
Store mosse	Mosse	Mosse	Kolsänka	Kolkälla eller minskad kolsänka		Ökad humifiering, minskning av ljung
Bocks-mossen	Öppen mosse	Öppen mosse	Kolsänka	Kolkälla eller minskad kolsänka		Ökad humifiering
Tuva-mossen	Skogsmosse	Skogsmosse	Kolsänka	Kolkälla eller minskad kolsänka		Ökad humifiering

Tabell 7. Fortsättning.

Torvmark	Markförhållanden 1914–1923	Markförhållanden 2010–2011	Kolbalans (torv) 1914–1923	Kolbalans (torv) 2010–2011	Orsaker till förändring i kolbalans 2010–2011	Förändringar hos torvmarken
Värnanäs mosse	Öppen mosse	Öppen mosse	Kolsänka	Kolsänka		Inga förändringar
Värmsjö mosse a	Öppen mosse	Skogsmosse	Kolsänka	Kolsänka		Igenväxt mosseplan
Värmsjö mosse b	Mosse	Skogsmosse	Kolsänka	Kolkälla eller minskad kolsänka		Ökad humifiering, igenväxt mosseplan
Hovdingemossen	Mosse	Igenväxt mosse	Kolsänka	Minskad kolsänka		Igenväxt mosseplan, minskning av ljung
Ryssby-mossen	Öppen mosse	Skogsmosse	Kolsänka	Minskad kolsänka		Minskad humifiering, igenväxt mosseplan



Figur 12. Jämförelse av de undersökta torvmarkernas torvbildande förmåga, dels i början av 1900-talet och dels vid återbesöken i nutid.

markerna endast utgör en mycket liten del av de drygt 4 000 som undersöktes för 100 år sedan, är det relevant att fråga sig hur representativa de registrerade förändringarna är för södra och mellersta Sveriges torvmarker. Liknande förändringar finns på olika sätt beskrivna i andra och mer omfattande studier (t.ex. Franzen 2006, Flodin & Gunnarsson 2008, Gunnarsson m.fl. 2010). Resultaten från denna undersökning bekräftar alltså bilden av tillståndet hos torvmarker i södra och mellersta Sverige. Den här undersökningen visar också att det i linjeinventeringens omfattande material finns en potential för att studera förändringar hos torvmarker i södra och mellersta Sverige.

Det finns flera olika faktorer som kan förklara varför de här förändringarna har skett i torvmarkerna. Under 1900-talet har det skett genomgripande förändringar i förutsättningarna för torvmarkerna, dels genom omfattande skogsdikning (t.ex. Bernes & Lundgren 2009) och dels genom en kraftig ökning av näringstillförsel via nederbörden (t.ex. Lövblad 2000) och föränd-

Tabell 8. Förändringar, under perioden mellan linjeinventeringen och idag, hos viktiga omgivningsfaktorer för torvmarkernas möjlighet att ha en fungerande torvbildning och därmed fungera som kolsänka.

Parametrar	Registrerad förändring	Referenser (exempel)
Skogsdikning av torvmark	Det finns idag 700 000 till 1 000 000 ha dikad skogsbeklädd torvmark	Fredriksson & Jirner Lindström 2006, Hånell 2006
Minskad areal av torvmarker som jordbruksmark	Arealen uppodlade organogena jordar har sjunkit från ca. 700 000 ha på 1940-talet till ca 400 000 ha på 1960-talet. Idag är arealen ca. 270 000 ha	Hjertstedt 1946, Hallgren & Berglund 1962, Berglund m.fl. 2009
Temperatur	Medeltemperaturen är högre för perioden 1926–2001 jämfört med 1860–1925. Ovanligt höga temperaturer sedan 1990-talet	Alexandersson 2002, Lindström 2011
Nederbörd	Årsnederbörden är högre för perioden 1921–2001 jämfört med perioden 1860–1920	Alexandersson 2002
Ökad evapotranspiration	Evapotranspirationen har ökat sedan 1960-talet.	Zhang 2011
Ökad kvävedeposition	2 till 3 gånger högre våtdeposition av kväve under 1980 och 1990-talen jämfört 1950-talet	Lövblad 2000
Skogsgödsling	Skogsgödslingen började på 1960-talet och var som mest intensiv under 1970-talet med en omfattning på omkring 150 000 ha per år	Skogsstatistisk årsbok 2014

ringar i klimatet (t.ex. Alexandersson 2002, Lindström 2011). I tabell 8 listas de faktorer som mest troligt haft en avgörande betydelse för hur torvmarkerna utvecklats under 1900-talet. Vilken av faktorerna (tabell 8) som är mest betydelsefull för förändringarna är svårt att avgöra, eftersom de till stor del utvecklats på ett sätt som är negativt för torvmarkerna och därmed samvarierar. Det är säkert så att det är en kombination av faktorer som har samverkat och vilken faktor som är mest betydelsefull skiljer sig åt mellan olika torvmarker. De faktorer som vi i den här undersökningen ser som mest väsentliga, och kan förklara det mesta av förändringarna, är den omfattande dikningen och den ökade näringstillförseln eftersom det är här som de största förändringarna skett.

Det är viktigt att försöka förstå hur olika omgivningsfaktorer samverkar och påverkar torvmarkernas potential som kolsänka, för att t.ex. kunna bedöma hur de kan utvecklas i framtiden t.ex. i samband med förändringar i klimatet. Effekterna vi ser idag är att många torvmarker förlorat sin funktion som torvbildare och även sin funktion som kolsänka. Därmed har torvmarkerna även fått en förändrad roll i den globala kolbalansen. En ökad förståelse för vilka faktorer som är av väsentlig betydelse ger också möjligheter att identifiera åtgärder som kan ändra utvecklingen.

Skogsbrukets påverkan på förutsättningarna för torvbildning

Under tidsperioden mellan linjeinventeringen och idag har en omfattande skogsdikning ägt rum i Sverige (Bernes & Lundgren 2009) och idag finns det mycket stora arealer av dikad skogsbeklädd torvmark (Fredriksson & Jirner Lindström 2006, Hånell 2006). Skogsdikningen har avvattnat landskapet och därmed förändrat förutsättningarna för torvmarkerna och deras torvbildning (fig. 13). I det undersökta materialet syns effekterna av denna avvattning tydligast hos de små torvmarkerna i Uppland. Förändringar i vegetation, blöthet och humifiering hos den ytliga torven är tydligt knutna till förekomst av diken och skogsbruk. Även en stor del av de stora mossarna i Småland uppvisar hydrologiskt betingade förändringar som här främst är begränsade till kantzoner och laggkärren. Den förändring i hydrologin som dikningarna gett



Figur 13. Ett exempel på skogsdikning i en mindre torvmark i Uppland. Grundvattenytan har sänkts, vegetationen har förändrats och torven har börjat oxidera.

upphov till har inte bara gjort torvmarkerna torrare, och därmed ökat nedbrytningen av torven, utan har även ökat volymen av trädbeståndet, vilket gjort torvmarkerna ännu torrare och på så vis förstärkt påverkan av avvattningen.

Varför växer de öppna mosseplanen igen?

Ett faktum som har framkommit i undersökningen är, att flera tidigare öppna mosseplan i Småland har växt igen. Sedan 1950-talet har det skett en ökad atmosfärisk deposition av kväve framför allt i sydvästra Sverige (Lövblad 2000) på grund av användningen av fossila bränslen. Det har även genomförts skogsgödsling vilket även det har ökat näringstillförseln till torvmarkerna. Den här ökade näringstillförseln har orsakat förändringar i vegetationen på torvmarker i sydvästra Sverige (t.ex. Flodin & Gunnarsson 2008) och mängden träd på mossarna har ökat (Gunnarsson m.fl. 2010). En del av de förändringar som vi registrerat i den här undersökningen, som ökat trädbestånd på de öppna mosseplanen, är sannolikt en konsekvens av denna ökade näringstillgång på mossarna. Skogsdikningen påverkan på de öppna mosseplanen har antagligen en mindre betydelse då vi tolkar det som om dikningen främst påverkat hydrologin i laggkärren. Gunnarsson m.fl. (2010) ser dock en förändrad markanvändning med dikning som en av de största faktorerna. Mossar har i vissa områden använts som extensiva betesmarker vilket upphörde i och med rationaliseringen av jordbruket. Det är alltså möjligt att en minskad betning kan ha bidragit till att mossarna börjat växa igen. Det faktum att de omfattande förändringarna

i skogsbeståndet skett under de senaste 30 åren (Gunnarsson m.fl. 2010) talar för att det här inte är den viktigaste faktorn eftersom hävden av de öppna myrmarkerna upphörde långt tidigare.

I ett geologiskt perspektiv går det även att tänka sig att igenväxningen av mosseplanen skulle vara en naturlig succession i mossarnas utveckling. Det finns otaliga exempel på att mossar som idag är öppna mossar tidigare varit skogsbeklädda. Skillnaden idag är den högre näringstillförseln och den omfattande dikningen vilket gör det mer troligt att det är dessa processer, som gjort att mossarna har växt igen.

Förändringar i vegetationens sammansättning

Förutom den förändring med ökad beskogning på de öppna mosseplanen finns det några andra intressanta förändringar i vegetationen som registrerats. Dessa förändringar liknar dem som beskrivs i James (2010), där linjeinventeringens material användes för att studera förändringar i torvmarkers status.

Tidigare uppodlade torvmarker har övergivits eller beskogats. På de övergivna, tidigare uppodlade, torvmarkerna dominerar brännässlor och älgört (fig. 11). Det avspeglar hur den näringsrika kärrtorven, som tidigare odlats upp, nu genom mineralisering gynnar denna näringskrävande örtvegetation.

De skogsmossor som börjat växa på torvmarker där vegetationen tidigare dominerades av vitmossor, är i de flesta fall tydligt kopplade till torrare förhållanden och dikning. I vissa fall där det endast skett en mindre ökning av skogsmossor, och torvmarkerna fortfarande är blöta, går det även att tänka sig att ökningen är kopplad till ökad näringstillgång. En ökad näringstillgång skulle gynna dessa mossor gentemot vitmossorna.

Minskningen av ljung är mycket tydlig på några av de öppna mosseplanen i Småland. Även denna förändring kan vara kopplad till en ökad näringsbelastning, då ljungen hämmas av ökad kvävetillgång (Heil & Diemont 1983). En annan faktor som kan förklara minskningen av ljung är ökad beskuggning av ett tätare trädbestånd på de öppna myrarna. Ytterligare en förklaring skulle kunna vara att det blivit blötare på mossar där ljungen försvunnit, men i den här undersökningen finns det inget som tyder på det.

Varför ökar nedbrytningsgraden hos den ytliga torven?

Det finns flera tänkbara förklaringar till varför vi ser en ökad nedbrytningsgrad hos den ytliga torven i flera av de undersökta torvmarkerna. Som tidigare konstaterats beror förändringen antagligen på en kombination av faktorer, och olika faktorer kan ha olika inverkan på skilda torvmarker. Generellt fås en högre nedbrytning av torv vid torrare förhållanden (längre uppehållstid i acrotelmet), högre temperatur, ökad näringstillgång och en låg andel av vitmossor i vegetationen (t.ex. Silvola m.fl. 1985, Silvola m.fl. 1996, Clymo m.fl. 1998, Aerts m. fl. 2001, Davidson & Janssen 2006).

Förändringar har skett i alla dessa parametrar under perioden mellan linjeinventeringens undersökningar och återbesöken under 2010 och 2011. För de uppländska torvmarkerna är det tydligt att de som visar stora förändringar i humifiering även blivit torrare och fått en mindre andel vitmossor i vegetationen. Här är det tänkbart att skogsdikningen som gett torrare förhållanden haft en överordnad betydelse. En bidragande orsak till torrare förhållanden är den ökade evapotranspiration (Zhang 2011) som beror på förlängd vegetationsperiod och ökad skogsmängd. För de småländska torvmarkerna är bilden lite annorlunda. Här är det svårt att koppla den ökade humifieringen direkt till avvattning, eftersom blötheten verkar vara oförändrad och dikning av laggkärr har mycket begränsad påverkan på mosseplanens hydrologi. Här är det säkert så att den ökade näringstillförseln samt förändringar i klimatet har större betydelse. En faktor som talar för att humifieringsförändringarna här är kopplade till ökad näringstillförsel



Figur 14. Torvmark i Uppland som i början av 1900-talet användes som åkermark och som idag används som betesmark.

och inte klimat, är de relativt höga askhalter som uppmäts i den ytliga torven jämfört med liknande förändringar till höghumifierad torv i samband med klimatförändringar tidigare i torvmarkernas utveckling (Franzen 2006). Den högre askhalten skulle alltså återspegla tillförseln av näringsrika partiklar (Franzen 2006).

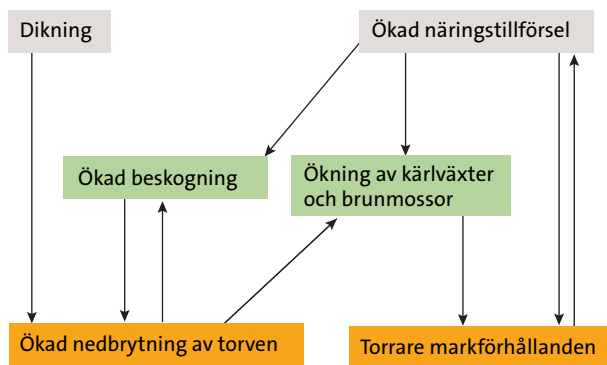
När förändringarna skett i de torvmarker som undersökts går inte att avgöra, men för de torvmarker som undersökts av Franzen (2006) har förändringar skett sedan 1970-talet. Det är sannolikt att de torvmarker där en ökad nedbrytning av torven förekommer, inte fungerar som någon större kolsänka. Den höghumifierade torven tyder på att mycket av växtproduktionen bryts ner innan den hinner komma ner i den syrefria miljön i catotelmot.

Förlust av kol hos uppodlade och kraftigt dikade torvmarker

Huvuddelen av den minskning i torvmäktighet (tabell 6) som skett under perioden 1919 till 2012 utgörs troligen av oxidation av torven eftersom torvmarkerna redan var dikade och använda som jordbruksmark när linjeinventeringen genomfördes 1919. Den initiala kraftiga kompaktionen av torven har därför redan inträffat. De erhållna värdena för förlust av kol är 125–300 gC m⁻²år⁻¹ vilket generellt är lägre än i andra studier från Sverige och Finland men ligger inom intervallet för extensiv markanvändning från Berglund & Berglund (2010). De torvmarker som undersökts idag brukas inte intensivt (fig. 14) och de erhållna värdena för förlusten av kol får därför ses som rimliga. I de uppodlade torvmarker där det är väldigt lite torv kvar är det mycket möjligt att oxidationsprocessen till stor del avstannat och att dessa marker fungerar som andra jordbruksmarker som används extensivt och inte har torv i ytan.

Hur ser förutsättningar ut för torvmarkernas roll som torvbildare och kolsänka?

Varje torvmark har sina förutsättningar och är olika känsliga för förändringar. Att inte varje enskild torvmark i undersökningen uppvisar förändringar beror på de lokala förutsättningarna, med olika typ av markanvändning, hydrologi, uppbyggnad, geologi och näringstillgång. Det som är viktigt i sammanhanget är att ha en förståelse för att förändringarna som skett i en torv-



Figur 15. Registrerade förändringar i torvmarkerna och återkopplingen mellan dessa och hur de förstärker förändringsprocessen i torvmarkerna och minskar potentialen för torvbildning och kolinbindning.

mark, är en konsekvens av en kombination av ändrade lokala förutsättningar, t.ex. dikning, och förändringar på en större skala, som deposition av kväve och ändrat klimat.

Den sammanvägda bedömningen av de konstaterade förändringarna visar att en majoritet av de undersökta torvmarkerna förlorat sin torvbildande funktion och därmed sin funktion som kolsänka (fig. 12). Mot bakgrund av att andra undersökningar identifierat liknande förändringar i torvmarkerna är det troligt att funktionen som kolsänka är begränsad för många torvmarker i södra och mellersta Sverige. Sammantaget är det alltså så att torvmarkernas potential till att bilda torv och binda in kol mycket lägre idag, än då linjeinventeringen genomfördes för omkring 100 år sedan. Visserligen är en stor del av torvmarkerna levande och bildar torv men på flera av torvmarkerna sker det ingen torvbildning idag (fig. 12) och dessa torvmarker fungerar inte i någon större utsträckning som kolsänkor utan har istället en negativ kolbalans.

Förutsättningarna för en förbättrad funktion hos torvmarkerna i den närmaste framtiden får ses som begränsade. Den ökade beskogningen och tillhörande dikning gör att landskapet blir torrare och att evapotranspirationen ökar. Förändringar i vegetation mot mer skogsmossor och kärlväxter på bekostnad av vitmossor ger även det minskade förutsättningar för torvbildning. Näringstillförseln via atmosfären är idag lägre än då den var som högst på 1980-talet, men den ligger fortfarande högre än då den började öka på 1950-talet, vilket ger en negativ påverkan på torvbildningen med sin effekt på nedbrytningshastighet och vegetation. En förändring som skulle kunna göra läget bättre för torvmarkerna är en dramatisk förändring i klimatet med en ökning av den årliga relativa fuktigheten, vilket skulle gynna torvbildningen (Yu m.fl. 2009).

De faktorer som diskuterats här som tänkbara förklaringar till de förändringar som konstaterats i södra och mellersta Sveriges torvmarker, hänger många gånger samman och återkopplar till varandra (fig. 15). Förändringarna förstärker alltså varandra och ger en negativ spiral för torvmarkernas funktion som torvbildare och kolsänka.

SLUTSATSER

- Det går att använda linjeinventeringens material för att studera förändringar i torvmarkers egenskaper och vegetation och därmed följande förändringar i deras funktion som torvmarker med torvbildning och kolinbindning.
- Torvmarkernas funktion som kolsänka är sämre idag än då linjeinventeringens undersökningar genomfördes i början av 1900-talet. Detta syns tydligt genom förändringar i vegetation, blöthet och den ytliga torvens nedbrytningsgrad.
- Förändringarna i torvmarkernas funktion beror på flera, samverkande faktorer. Skogsdikning och ökad näringstillförsel får ses som de viktigaste faktorerna.

REFERENSER

- Aerts, R. Wallén, B. Malmer & De Caluwe, N. H., 2001: Nutritional constraints on Sphagnum-growth and potential decay in northern peatlands. *Journal of Ecology* 89, s. 292–299.
- Alexandersson, H., 2002: Temperatur och nederbörd i Sverige 1860–2001. *SMHI rapport 104*, 28 s.
- Berglund, Ö., Berglund, K. & Sohlenius, G., 2009: Organogen jordbruksmark i Sverige 1999–2008. *Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för markvetenskap avdelningen för hydroteknik Rapport 12*. 27 s.
- Berglund, Ö. & Berglund, K., 2010: Distribution and cultivation intensity of agricultural peat and gyttja soils in Sweden and estimation of greenhouse gas emissions from cultivated peat soils. *Geoderma* 154. s. 173–180.
- Bernes, C., & Lundgren, L. J., 2009: Bruk och missbruk av naturens resurser – En svensk miljöhistoria, *Monitor 21*, Naturvårdsverket. 304 s.
- Clymo, R. S., Turunen, J. & Tolonen, K. 1998: Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81, s. 368–388.
- Davidson, E. A. & Janssen, I. A., 2006: Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedback to climate change. *Nature* 440, s. 165–173.
- Eggelsman, R., 1976: Peat consumption under influence of climate, soil condition and utilization. *Proceedings of the fifth International Peat Congress*. Poznan, Poland, International Peat Society. s. 233–247.
- Flodin, L.-Å. & Gunnarsson, U., 2008: Vegetationsförändringar på mossar och kärr i Halland. *Svensk Botanisk Tidskrift* 102:3–4, s. 177–188.
- Franzen, L. G., 2006: Increased decomposition of subsurface peat in Swedish raised bogs: are temperate peatlands still net sinks of carbon? *Mires and Peat* 1, s. 1–16.
- Fredriksson, D. & Jirner Lindström, E., 2006: Arealer av dränerade växthusgasemitterande torvjordar – digital kartstudie. *SGU-rapport 2006:14*, Sveriges geologiska undersökning, 16s.
- Gunnarsson, U., Kempe, G. & Kellner, O., 2010: mer träd på myrarna. Igenväxning de senaste 20 åren. *Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län 2010:04*, Länsstyrelsen i Dalarna.
- Hallgren, G. & Berglund, G., 1962: *De odlade myrjordarnas omfattning och användning. Redogörelse för en översiktlig inventering av den odlade myrarealen i landet och en undersökning av bl.a. ytsänkingsförhållandena vid Olandsån samt vissa synpunkter på myrjordarnas framtida användning. Utredning gjord på uppdrag av Kungliga Lantbrukshögskolan och statens lantbruksförsök*. Lantbrukshögskolan.
- Heil, G. W. & Diemont, W. H., 1983: Raised nutrient levels change heathland into grassland. *Vegetatio* 53, s. 113–120.
- Hjertstedt, H., 1946: De organogena odlingsjordarnas beskaffenhet i olika län med avseende på torvslag, förmultningsgrad och reaktion samt innehåll av kalk och kväve, kali och fosforsyra, organisk substans, seskvioxider och svavelsyra. *Svenska vall- och mosskulturforeningens kvartalskrift* 8, s. 255–277.
- Hånell, B., 2006: Dikad skogsmark och myr med djup torv som resurser för uthålligt torvbruk i Sverige. *TorvForsk projektrapport 5*.
- James, A., 2010: Feasibility in using historical data to perceive changes in peatlands – Changes in peatland's structure and vegetation over the past 91 years. *Examensarbete avancerad nivå Naturgeografi och kvartärgeologi Stockholms universitet NKA* 31, 47 s.
- Lindström, G., 2011: Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860–2010. *Elforsk rapport 11:73*, 23 s.

- Lövblad, G., 2000: Kvävedepositionen idag och i framtiden. I Bertills, U. & Näsholm, T.: Effekter av kvävenedfall på skogsekosystem. *Naturvårdsverket Rapport 5067*, Naturvårdsverket. s. 21–28.
- Schoning, K., 2014: Torvtillväxt och kolackumulation hos unga torvmarker i Uppland. *SGU-rapport 2014:35*. Sveriges geologiska undersökning.
- Silvola, L., Alm, J., Ahlholm, U., Nykänen, & H., Martikainen, P.J., 1996: CO² fluxes from peat in boreal mires under varying temperature and moisture conditions. *Journal of ecology* 84, s. 219–228.
- Silvola, L., Välijoki, J., & Aaltonen, H., 1985: Effect of draining and fertilization on soil respiration at three ameliorated peatland sites. *Acta forrestalia fennica* 191, s. 1–32.
- Skogsstyrelsen, 2014: *Skogsstatistisk årsbok 2014*. Skogsstyrelsen.
- Sohlenius, G., Schoning, K., & Baumgartner, A., 2014: Development, carbon balance and agricultural use of peatlands – overview and examples from Uppland Sweden. *SKB TR 13–20*.
- Turunen, J., 2008: Development of Finnish peatland area and carbon storage 1950–2000. *Boreal environment research* 13, s. 319–334.
- von Post, L., & Granlund, E., 1926: Södra Sveriges torvtillgångar. *Sveriges geologiska undersökning, Serie C 355*. Sveriges geologiska undersökning.
- Yu, Z. C., Beilman, D. W. & Jones, M. C., 2009: Sensitivity of northern peatland carbon dynamics to Holocene climate change. I Baird, A. J., Comas, X., Slater, L. D., Belyea, L. R., Reeve, A. S.: *Carbon cycling in northern peatlands. Geophysical monograph series 184*, s. 55–69.
- Zhang, W., 2011: Long-term trend of evapotranspiration in Sweden affected by climate change or land-use change. *TRITA-LWR Degree Project 11:02*, 48 s.

BILAGA 1. VEGETATIONSTYPER PÅ UNDERSÖKTA TORVMOSSAR I SMÅLAND

För varje torvmark visas förhållandena som de beskrevs vid linjeinventeringen och hur det ser ut idag längs med samma profil över torvmarken.

