



Sveriges
lantbruksuniversitet

Miljösystemanalys av hur skogsklädd torvmark ska hanteras

Environmental system analysis of how to
manage forested peat lands

Frida Öhman

REFERAT

Miljösystemanalys av hur skogsklädd torvmark ska hanteras

Frida Öhman

Sverige är ett av världens torvrikaste länder och omkring en fjärdedel av den totala landytan består av torvtäckt mark. Torvmarker är en viktig naturresurs ur flera olika aspekter. Dikade torvmarker är ofta bördiga och produktiva för skogsnäringen. Torven kan också brytas och användas som bränsle eller som jordförbättringsmedel. Vidare hyser de våtmarksområden som är förknippade med odikade och opåverkade torvmarker ofta en rik biologisk mångfald. Olika intressen står således i konflikt med varandra när det gäller nyttjandet av marken. För ett 50-tal år sedan dikades många torvmarker i Sverige ut. Dessa diken håller nu på att växa igen och är i behov av restaurering. Frågan är hur torvmarkerna och den viktiga naturresurs de innebär skall hanteras. Skall dikena rensas till förmån för skogsproduktion och torvbruk, eller skall de läggas igen så att marken kan återgå till ett naturligt våtmarksstadium?

Syftet med denna studie var att testa om ett miljösystemanalytiskt angreppssätt kan tillämpas för att jämföra olika alternativ att hantera skogsklädd torvmark. Detta genomfördes i en fallstudie där nyttan och miljöbelastningen kvantifierades för tre olika scenarier:

1. Skogsbruk
2. Torv- och skogsbruk
3. Återställd våtmark

Metodik från livscykelanalysen användes under arbetets gång. De nyttor i form av energi från torv och virke från skogen som producerades på 1 ha torvmark under en 100-årsperiod bestämdes. Vidare beräknades de flödena i form av emissioner och resurser produktionen av nyttorna gav upphov till. För de scenarier där marken inte producerade dessa nyttor kompengades torvbränslet med kol och virket med kompensationsproduktion av skog genom kvävegödsling på annan mark. I studien undersöktes scenariernas påverkan för de olika miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, övergödning, försurning, bildande av foto-oxiderande ämnen, eko-toxicitet, human-toxicitet samt resursförbrukning. Dessutom kvantifierades påverkan på den biologiska mångfalden med två olika metoder.

Resultaten visade att förbränningen av bränslen för produktion av värmeenergi var den enskilda process som innebar störst miljöpåverkan. Klimatet följt av försurningen var de miljöpåverkanskategorier som påverkades mest av utsläppen från systemet för alla scenarier. Utifrån fallstudiens antaganden och dataunderlag innebar scenario 2, skogs- och torvbruk, störst påverkan på samtliga miljöpåverkanskategorier. Skillnaden mellan scenario 1 och 3 var små. För påverkan på den biologiska mångfalden visade studien att scenario 2, torv- och skogsbruk, var minst gynnsamt. Scenario 3, återställd våtmark, innebar de mest gynnsamma förhållandena för den biologiska mångfalden.

Nyckelord: torvmark, torvbruk, våtmark, LCA, miljösystemanalys, biotopmetoden, biologisk mångfald, klimat

Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sverige

ABSTRACT

Environmental system analysis of how to manage forested peat lands

Frida Öhman

As much as one fourth of Sweden's total land area is covered by peat, making it one of the most peat rich countries in the world. Peat lands are an important natural resource from many different points of view. Ditched peat lands are often fertile and productive lands for forestry. The peat could also be mined and used as heat fuel at thermal power stations or as soil conditioner improvement. Further on, the wetlands associated with undisturbed peat lands often harbour a rich biodiversity. Thus, different interests are competing with each other on how to best utilise peat lands. About 50 years ago a lot of the Swedish peat lands were ditched. These ditches are now about to regrow with vegetation and restoration is needed in order to retain their draining capacity. The question is now how these peat lands and the important natural resource they are should be handled. Should the ditches be restored to maintain forestry and peat mining, or should they be allowed to degrade so that the area returns to natural wetland conditions?

The aim of this study was to try if it is possible to apply an environmental system analytical approach for comparing different alternatives to manage forested peat lands. The resources produced by the land and the environmental burdens from the production of these resources were quantified for three different scenarios in a case-study. The scenarios were

1. Forestry
2. Peat mining and forestry
3. Restored wetland

The methodology used was based on life cycle analysis. The natural resources in form of energy from peat combustion and timber from the forest harvesting that could be produced on 1 ha of peat land during a 100-years period were quantified, and so were the flows of emissions induced by the production of the energy and the timber. In those scenarios where the peat was not harvested, fuel coal was used for energy production. In those scenarios where timber was not harvested from the 1 ha of peat land, timber was produced on mineral soil by nitrogen fertilizers. The impact of the scenarios by the different environmental impact categories global warming, eutrophication, acidification, eco-toxicity, human-toxicity, photo-oxidant creation and resource utilisation were investigated in the study. Also, the biodiversity was quantified using two different methods.

The most obvious result from the study was that emissions from energy production by burning of fuel in power stations were the process with the single largest impact on the environment. Moreover, the analysis showed that for all the scenarios impact categories global warming and acidification were the most important. In this specific study and with the assumptions done here, scenario 2, peat mining and forestry, showed the largest impact regarding all of the impact categories. The differences between scenario 1 and 3 were small. Scenario 2, peat mining and forestry, was also the scenario that was least likely to obtain a rich biodiversity whereas scenario 3, restored wetland, was the most favourable one.

Key words: peat land, peat mining, wetland, LCA, environmental system analysis, biodiversity, biotopmetoden, climate

*Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU),
Box 7014, SE 75 007 Uppsala, Sweden*

FÖRORD

Det här examensarbetet har utförts inom civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet och omfattar 30 hp. Projektet är finansierat av Energimyndigheten och har utförts på Ecoloop ABs kontor i Stockholm.Handledare är Susanna Toller, KTH och Ecoloop. Ämnesgranskare är Mats Olsson, institutionen för Mark och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, i Uppsala. Examinator är Allan Rodhe på Institutionen för geovetenskaper vid Uppsala Universitet.

Jag vill tacka Ingemar Gillgen på Bergvik skog och Stefan Östlund på Neova för all information avseende skogen respektive torven för mitt fallstudieområde Sjöängen. Jag vill också tacka Johnny de Jong och Henrik von Stedingk på Centrum för biologisk mångfald, SLU för tillhandahållen inventeringsdata och kartor över Sjöängen samt Eva Romell som tagit fotot på sida 25. Tack också till Anna Lundborg på Energimyndigheten som ingår i projektets referensgrupp och som kommit med förslag och synpunkter under arbetets gång.

Ett stort tack till min handledare Susanna som kommit med många idéer och synpunkter och inte minst, hela tiden hjälpt och stöttat mig. Ett stort tack också till Mats Olsson för värdefull information och kommentarer. Slutligen vill jag rikta ett tack till Erik Kärman och alla andra på Ecoloop för all hjälp under arbetet med projektet.

Frida Öhman

Stockholm, mars 2009

Copyright © Frida Öhman och Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)

UPTEC W 09 015, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala Universitet 2009.

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Sveriges yta är till omkring en fjärdedel täckt av torv. Detta gör Sverige till ett av de länderna i världen med störst torvtillgångar. Torven är en viktig naturresurs med många olika användningsområden. Bruten kan torven användas som bränsle till att producera värmeenergi i värmekraftverk, som jordförbättringsmedel vid odling, som stallströ i exempelvis häststallar med mera. Torvmarker i naturligt skick är ofta våtmarksområden. Dessa områden har i allmänhet en rik biologisk mångfald med ekosystem speciellt anpassade till de specifika förhållanden som råder i fuktiga torvmarker. Under de senaste hundra åren har många torvmarksområden dikats ut för att förbättra förutsättningarna för jord- och skogsbruk. En dikad torvmark är ofta bördig och ger en god tillväxt av skog. Som det ser ut i dagsläget håller många diken på att växa igen och leder inte längre bort vatten vilket leder till att marken efter hand återgår till ett våtmarksstadium. Om man vill fortsätta att bedriva ett lönsamt skogsbruk måste dikena grävas ur så att de fortsätter avleda vatten. Frågan är alltså om man ska satsa på torv- och skogsbruk, och då rensa dikena, eller på att lägga igen dikena och låta marken återgå till ett naturligt våtmarksstadium till förmån för den biologiska mångfalden.

Syftet med den här studien har varit att testa om det är möjligt att använda ett miljösystemanalytiskt angreppssätt för att jämföra olika alternativ att använda skogsklädda torvmarker. Ett fallstudieområde har valts ut, en skogsklädd dikad torvmark där det i dagsläget bedrivs skogsbruk. Tre olika scenarier studerades

1. Skogsbruk
2. Torv- och skogsbruk
3. Återställd våtmark

De naturresurser i form av virke och energitorv som kan tas ut från 1 ha torvmark under en 100-års period är de nyttor systemet producerar. Dessa ska vägas mot den negativa miljöpåverkan i form av utsläpp av olika ämnen som produktionen av nyttorna ger upphov till. De processer som ingick i systemet för denna studie var exempelvis dikning och brytning av torv. Vidare beräknades alla flöden i form av energi och material som går in i systemet för att användas i processerna, och även alla utsläpp i form av exempelvis växthusgaser och tungmetaller som bildas i de olika processerna. För att scenarierna skulle vara jämförbara måste samma nytta produceras i alla tre. För de scenarier där torven inte bröts måste den energi torven skulle ha genererat tas någon annanstans ifrån. Kol valdes som ett alternativ till torv. För det scenario där skogen inte avverkades måste virket också tas från någon annanstans. Här valdes att låta gödsla ett annat skogsområde och därmed öka dess produktivitet. Den ökade avkastningen från detta område fick ersätta virket som fallstudieområdets skog skulle ha producerat.

I studien undersöktes vilken miljöpåverkan som de olika scenarierna gav upphov till. Miljöpåverkan bestämdes genom att alla utsläppen som producerades sorterades in i olika miljöpåverkanskategorier efter vilken typ av påverkan ämnet innebar. Dessa kategorier var; klimatpåverkan, försurning, övergödning, bildande av foto-oxiderande ämnen (exempelvis marknära ozon), eko-toxicitet (ämnenas giftighet för ekosystemet), human-toxicitet (ämnenas giftiga påverkan på människors hälsa) och resursförbrukning.

Vilken påverkan på den biologiska mångfalden de olika alternativen skulle kunna förväntas ha undersöktes. Här användes två olika metoder för att försöka göra beräkningar på detta. Den ena metoden bygger på att man delar in markområdet i olika biotopklasser efter hur pass rik biologisk mångfald de olika delområdena har. Sedan studerar man hur en förändrad användning av marken förändrar fördelningen mellan biotopklasserna. Den andra metoden bygger på att markkvaliteten förändras om markanvändningen förändras. Markkvaliteten

definieras genom ett antal olika faktorer som bygger på hur pass vanlig naturtypen är och förekomst av så kallade nyckelelement. Nyckelelement kan vara till exempel stor andel döda träd som talar om ifall det kan förväntas finnas en rik biologisk mångfald på platsen.

Resultaten visade att förbränningen av bränslen för produktion av värmeenergi var den process som innebar störst miljöpåverkan. Klimatet följt av försurningen var de miljöpåverkanskategorier som påverkades mest av utsläppen från systemet. Detta gällde för alla scenarier. I den här undersökningen och med de förutsättningar som funnits visade jämförelsen mellan scenarierna att scenario 2 med torv- och skogsproduktion innebar den största påverkan på samtliga miljöpåverkanskategorier. Skillnaden mellan scenario 1 och 3 var små. För påverkan på den biologiska mångfalden visade båda metoderna som användes att det scenario som var mest ogynnsamt var scenario 2 torv- och skogsbruk medan scenario 3, återställd våtmark, innebar de mest gynnsamma förhållandena för den biologiska mångfalden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 MÅL OCH SYFTE MED EXAMENSARBETET	2
1.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	2
1.3 AVGRÄNSNING	3
2 TEORI	4
2.1 TORVMARK OCH TORVBILDNING	4
2.2 VÄXTHUSGASFLÖDEN FRÅN TORVMARKER	5
2.2.1 Koldioxid	5
2.2.2 Lustgas	6
2.2.3 Metangas	6
2.3 TORVPRODUKTION	7
2.3.1 Produktion och användning	7
2.3.2 Skörd	7
2.3.3 Efterbehandling	8
2.4 DIKNING OCH AVRINNANDE VATTNETS KVALITET	8
2.4.1 Dikning på torvmark	9
2.5 SKOGSPRODUKTION	12
2.5.1 Produktion och användning	12
2.5.2 Skogsskötsel	12
2.5.3 Gödsling	13
2.6 MILJÖSYSTEMSANALYS	15
2.6.1 Livscykelanalys	15
2.6.2 Målbeskrivning och omfattning	15
2.6.3 Inventeringsanalys	16
2.6.4 Miljöpåverkansbedömning	16
2.6.5 Tolkning	17
2.6.6 Problem med LCA	17
2.7 TIDIGARE LCA STUDIER PÅ TORVMARK	17
2.8 KVANTIFIERING AV BIOLOGISK MÅNGFALD	18
2.8.1 Michelsens metod	19
2.8.2 Biotopmetoden	22
3 METODBESKRIVNING	25
3.1 TYPFALL	25
3.2 FALLSTUDIEOMRÅDE	25
3.3 SYSTEMGRÄNSER	26
3.3.1 Funktionell enhet	26
3.4 SCENARIO 1: SKOGSBRUK	27
3.5 SCENARIO 2: TORV- OCH SKOGSBRUK	28
3.6 SCENARIO 3: ÅTERSTÄLLD VÅTMARK	29
3.7 MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING	30
3.7.1 Klimatpåverkan	30
3.7.2 Övergödning	30
3.7.3 Försurning	30
3.7.4 Bildande av foto-oxidanter	30
3.7.5 Eko-toxicitet	30
3.7.6 Human-toxicitet	31
3.7.7 Abiotisk resursförbrukning	31

3.7.8 Normalisering	31
3.7.9 Viktning	31
3.8 KÄNSLIGHETSANALYS	32
3.9 KVANTITATIV ANALYS AV BIOLOGISK MÅNGFALD.....	32
3.9.1 Tillämpning av Michelsens metod på fallstudie.....	32
3.9.2 Tillämpning av biotopmetoden.....	35
4 RESULTAT OCH DISKUSSION	36
4.1 KLIMATPÅVERKAN	36
4.2 ÖVERGÖDNING.....	38
4.3 FÖRSURNING.....	39
4.4 BILDANDE AV FOTO-OXIDANTER.....	39
4.5 EKO-TOXICITET	40
4.6 HUMAN-TOXICITET	41
4.7 ABIOTISK RESURSFÖRBRUKNING	42
4.8 NORMALISERING	42
4.9 VIKTNING.....	43
4.10 KÄNSLIGHETSANALYS	45
4.11 PÅVERKAD MARKAREAL	47
4.12 BIOLOGISK MÅNGFALD	48
4.12.1 Michelsens metod:.....	48
4.12.2 Biotopmetoden	51
4.13 DISKUSSION AVSEENDE METODEN.....	52
4.14 MÖJLIGA FRÅGOR FÖR FORTSATT FORSKNING	54
5 SLUTSATSER	55
6 REFERENSER	56
BILAGA 1	61
BILAGA 2	63
BILAGA 3	69

1 INLEDNING

Sverige är ett av världens torvrikaste länder och den totala landytan består till omkring en fjärdedel av torvtäckt mark (SOU, 2002). Torven är en viktig naturresurs och används inom jordbruket som jordförbättringsmedel och djurströmaterial samt inom energisektorn till förbränning i fjärrvärmeverk. Nyttjandet av torv som bränsle är ett intressant alternativ till kol och olja då det är en inhemsk produkt som dessutom ur vissa aspekter kan anses vara förnybar eftersom nybildningstakten är högre än uttaget (SOU, 2002). I dagsläget bryts endast en liten andel av de totala tillgångarna i Sverige, en volym som skulle kunna ökas utan risk för att inom en snar framtid utarmas (SOU,2002).

Torvmarker har även betydande värden i naturlandskapet. Våtmarksområden i form av kärr och mossar är egna ekosystem och habitat för många arter. Enligt Naturvårdsverket (2009) finns uppskattningsvis 15 % av Sveriges rödlistade arter i våtmarksområden. Torvmarker kan fungera som en sorts reningsanläggningar i naturen. Tungmetaller binds i torven och hindras från vidare spridning så länge de inte urlakas, vilket kan vara fallet vid dikning. Odikade torvmarkerna har oftast en hög vattenmättnadsgrad vilket möjliggör omvandling av ammonium och nitrat till kvävgas, som därmed minskar flödet av kväve till sjöar och vattendrag. Samtidigt kan torvmarker även vara en källa till utsläpp av växthusgaserna koldioxid CO₂, metan CH₄ och lustgas N₂O. Med enklare åtgärder som igenläggning av diken kan marken återgå till ett tidigare våtmarksstadium (Uppllysning från Mats Olsson, 2008).

Dikade skogsklädda torvmarker är ofta bördiga med god tillväxt och därmed värdefulla för skogsbruket. En stor andel av torvmarkerna i Sverige har dikats för jord- och skogsbruk då marken blir mycket produktiv efter grundvattensänkning. Dock avger dikade torvmarker mer växthusgaser än icke dikade (Bergkvist, 2007). Sedan början av 90-talet sker ingen nydikning. Successivt växer diken igen och försumpas, vilket gör att produktiviteten för skog avtar varför dikesrestaurering är nödvändigt för att behålla ett lönsamt skogsbruk.

I Miljömålsportalen (2008) finns information om Sveriges miljö kvalitetsmål. *Myllrande våtmarker* innebär att ”våtmarkernas ekologiska och vattenhushållande funktion i landskapet skall bibehållas och värdefulla våtmarker bevaras för framtiden”. Detta skall åstadkommas bland annat genom att minst 12 000 ha våtmarker skall anläggas eller återställas fram till 2010. Miljö kvalitetsmålet *Ett rikt växt- och djurliv* innebär att ”Den biologiska mångfalden skall bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt” och ”arternas livsmiljöer och ekosystem samt deras funktioner och processer skall värnas”. Det finns alltså ett behov av att bevara torvmarker ur ett naturvårdsperspektiv vilket står i konflikt med nyttjande av marken för torvbrytning och skogsproduktion. Miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* innebär att ”Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FNs ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig”. Detta skall uppnås på nationell nivå genom att de Svenska utsläppen för perioden 2008-2012 är 4% lägre än för 1990 (Miljömålsportalen, 2008). De dikade torvmarkerna släpper ut 15% av Sveriges växthusgaser (Bergkvist, 2007) vilket får anses vara en ansenlig andel varför även denna aspekt bör vägas in vid val av nyttjandeform.

Det finns som synes många olika aspekter att ta hänsyn till vid beslut som rör torvmarker. Önskvärt vore att hitta ett sätt att göra denna bedömning där största möjliga nytta erhålls med så små negativa miljökonsekvenser som möjligt. För att kunna ta ställning till vilka prioriteringar som bör göras krävs ett verktyg som klarar att väga in så många olika faktorer som möjligt.

1.1 MÅL OCH SYFTE MED EXAMENSARBETET

Examensarbetets mål och syfte är

- att testa om ett miljösystemanalytiskt angreppssätt kan tillämpas för olika alternativ att hantera skogsklädd torvmark i en fallstudie.
- att för ett utvalt fall beskriva och kvantifiera nyttan och miljöbelastningen från tre olika markanvändningsalternativ.
 1. Skogsbruk
 2. Torv- och skogsbruk
 3. Återställd våtmark
- att identifiera de flöden av emissioner och resurser samt aktiviteter i systemet med störst miljöpåverkan.

1.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

- Projektet inleds med en litteraturstudie av tidigare liknande studier samt inhämtande av bakgrundfakta.
- Därefter fastslås tre olika handlingsalternativ utifrån vilka miljösystemanalysen genomförs. Dessa alternativ är 1) Skogsbruk 2) Torv- och skogsbruk samt 3) Återställd våtmark.
- Med hjälp av metodik från livscykelanalys upprättas systemgränserna, varefter alla ingående processer som bidrar till systemets in- och utflöden identifieras och beskrivs.
- Ett typfall, skogsklädd dikad torvmark med torv djup nog för kommersiell torvbrytning samt produktionsskog i avverkningsstadium, väljs.
- Ett fallstudieområde, en sumpskog utanför Tierp i Uppland som motsvarar typfallet och där viss inventering av biologisk mångfald har genomförts, utses.
- Med fallstudieområdet som utgångspunkt kan data för flödena erhållas genom inventeringsarbetet.
- Miljösystemanalysen genomförs för fallstudieområdet och inventeringsdata aggregeras där det är möjligt i miljöpåverkanskategorier. Viktning och normalisering tillämpas på dessa miljöpåverkanskategorier.
- I en känslighetsanalys studeras alternativa bränslens påverkan på resultatet.
- En ansats att kvantifiera biologisk mångfald utifrån ett livscykelperspektiv för de olika scenarierna genomförs.
- Slutligen tolkas resultaten och en identifiering av de mest påverkande faktorerna görs.

1.3 AVGRÄNSNING

Projektet avgränsas till svensk dikad och skogsbeklädd torvmark och svenska förhållanden. Tidsperioden begränsas till en produktionscykel för skog, vilket innebär omkring 100 år. Framtida klimatförändringar är ej beaktade. Studien begränsas till ett typfall och ett fallstudieobjekt. Typfallet har valts ut med tanke på relevans ur produktionssynpunkt och förekomst. Utifrån dessa kriterier har ett lämpligt fallstudieområde, Sjöängen utanför Tierp, valts ut. På detta område undersöks tre olika scenarier

1. Skogsbruk
2. Torv- och skogsbruk
3. Återställd våtmark

Dessa jämförs med varandra ur ett livscykelperspektiv med beaktande av påverkan på klimat, övergödning, försurning, eko-toxicitet, mänsklig hälsa, abiotisk resursförbrukning och bildande av foto-oxiderande ämnen. Påverkan på biologisk mångfald har studerats separat genom tillämpning av två olika metoder. Andra efterbehandlingsalternativ än skogsbruk är ej beaktade. Påverkan på avrinnande vatten behandlas översiktligt i teori avsnittet. Ingen ekonomisk analys har gjorts.

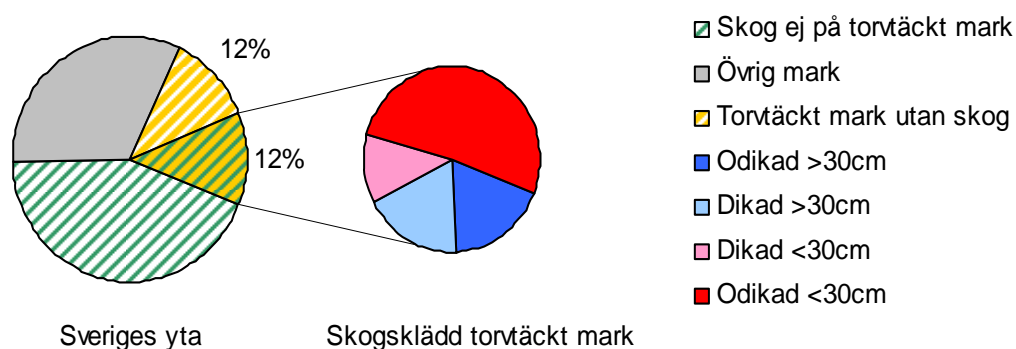
2 TEORI

2.1 TORVMARK OCH TORVBILDNING

Torv bildas i fuktiga och syrefattiga miljöer där nedbrytningen av organiskt material är mindre än tillförseln, vilket resulterar i en ackumulation av ofullständigt nedbrutet material. Processen startar ofta i en sjö eller våtmark som grundas upp och efterhand växer igen till ett kärr (Hånell, 2006). Då torv fortsätter att ackumuleras höjs ytan och ger upphov till en mosse. Enligt Kasimir-Klemedtsson m.fl. (2000) bildas majoriteten av alla myrar i Sverige genom försumpning av skogsmark där vitmossor och annan torvbildande vegetation tar över då grundvattenytan höjs vartefter träden slås ut och så småningom försvinner.

I Sverige har torv ackumulerats sedan senaste istiden för 10 000 år sedan och den totala tillväxten är omkring 6-14 miljoner m³ per år (SOU, 2002). Nybildningstakten beror på en rad olika miljöfaktorer som nederbörd, temperatur och tillgång på organiskt material. SGUs (2008c) mätningar visar att i södra Sverige varierar tillväxten i höjddled för torvmossor mellan 0,3 och 4,0 mm/år, medelvärdet är 0,53 mm/år. Det tar alltså ungefär 1000 år för ett 0,5 m tjock torvtäcke att bildas.

Omkring en fjärdedel av Sveriges yta, eller 10 miljoner hektar, är täckt av torv. Av denna yta är hälften skogsklädd, vilket utgör cirka 20 % av skogsmarken (Figur 1). Cirka 65 % av har ett torvlager som är djupare än 30 cm (SOU, 2002) och kallas då definitionsmässigt för torvmark. Mark där torvskiktet har en mäktighet under 30 cm benämns torvtäckt mark. Skogsbeklädd torvmark, det vill säga där torvtäcket överstiger 30 cm, kallas för myrskog (Skogsstyrelsen, 2008) och utgör omkring 40 % av all skogsmark med torv (Fredriksson m.fl., 2008). En stor del av Sveriges våtmarker har dikats ut med avsikt att göra marken tillgänglig för eller höja produktiviteten som jord- och skogsbruksmark. Omkring hälften av den djupare skogsbeväxta torven har dikats ut (Hånell, 2006).



Figur 1. Fördelning av torvtäckta marker i Sverige. Källa SOU:100 (2002)

Torv består av ofullständigt nedbrutna växt och djurdelar. Dessa kan indelas i bitumen, pektiner, hemicellulosa, cellulosa, lignin och humusämnen. Sammansättningen varierar med nedbrytningsgrad, så att i en låghumifierad vitmosstorv utgör hemicellulosa och cellulosa en stor andel medan humusämnena dominerar i en höghumifierad torv. Det är humusämnena som i högst grad påverkar torvens egenskaper. Dessa ämnen har en mycket god vattenhållande förmåga vilket gör att torv kan hålla vatten upp till 2000% (Pousette, 2001) av sin torrsvikt. Det är också humusämnena som svarar för jonbytesförmågan som är mycket god i torv. En mindre andel av torven utgörs också av mineralpartiklar och kemiska utfällningar (SGU, 2008b). Omkring 50% av torrsvikten utgörs av grundämnet C (SOU, 2002).

I Pousette (2001) klassificeras torv efter humifieringsgrad, vattenhalt, glödningsförlust, pH och botanisk sammansättning. Humifieringsgraden delas in i en 10-gradig skala efter von Post där H1-H4 är låghumifierad med filtig struktur och väl synliga växtrester, H5-H7 medelhumifierad och H8-H9 höghumifierad torv med grötig struktur och inga synliga växtrester. Fuktkvoten varierar från torr, mindre än 500%, till mycket hög, större än 2000%. De vanligaste torvsorterna är vitmosstorv, starrtorv och blandtorv (SOU, 2002).

Torvmarken delas in i kärr och mosse efter hydrologi och artsammansättning. Ett kärr är minerotroft, vilket innebär att vattentillförseln sker både i form av nederbörd och tillrinning från omgivande mark och som grundvatten (Fredriksson m.fl., 1993). Detta ger en näringsrik miljö med en stor biologisk mångfald. En typisk växtsammansättning för svenska kärr består av gräs, starr, vass, fräken och fuktighetsälskande örter. (SOU, 2002) Den torv som finns i kärr är i allmänhet höghumifierad och lämpar sig främst som bränsle (SOU, 2002) Mossen befinner sig i ett senare utvecklingsstadium än kärr. Den är ombrotrof, torven har här växt till sig så pass att ytan höjs och vattentillförseln så gott som uteslutande sker via nederbörd (Fredriksson m.fl., 1993). Resultatet blir en näringsfattig miljö och ett lågt pH-värde i marken, antalet arter blir därmed betydligt färre än i kärret. Typiskt växer martallar, dvärgbjörk, skvattram, tranbär, kråkbär och vitmossor på mossen (SGU, 2008a). Torven på mossen är skiktad så att lager av kärrtorv ligger under mossetorven (SOU, 2002). Mossetorven är låghumifierad vilket innebär att den har låg nedbrytningsgrad där synliga växt- och djurdelar fortfarande finns kvar. Denna torv lämpar sig bäst som odlingstorv (SOU, 2002).

2.2 VÄXTHUSGASFLÖDEN FRÅN TORVMARKER

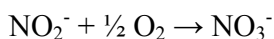
Växthusgaserna koldioxid, CO₂, metan, CH₄ och lustgas, N₂O bildas alla i torvmark och avgår till atmosfären. Flödet av koldioxid går även åt motsatt håll då det binds in i torven vid nybildning. Metan och lustgas är 23 respektive 296 gånger så effektiva växthusgaser som koldioxid (Bergkvist, 2007).

2.2.1 Koldioxid

Koldioxiden bildas vid nedbrytning av organiskt material i hela torvmarken och binds in vid den ackumulation som sker vid ytan (Kasimir-Klemedtsson m.fl., 2000). Vid dikning ökar nedbrytningen av organiskt material eftersom detta blir mer tillgängligt för nedbrytande organismer då grundvattenytan sänks och marken syresätts (Strömgren m.fl., 2006). Detta ger ett ökat utflöde av koldioxid. Grundvattennivåns läge påverkar så att en låg grundvattennivå ger en ökad syretillgång i torven vilket leder till ökad nedbrytning av torv och därmed en ökad CO₂ avgång (Brady & Weil, 2002). Även näringstillgången påverkar så att en näringsrik torv, t ex med låg CN-kvot och högt pH, ger högre koldioxidavgång än en näringsfattigare torv.

2.2.2 Lustgas

Dikväveoxid (N₂O) bildas genom de två processerna nitrifikation och denitrifikation. Nitrifikation kallas den process där mikroorganismer omvandlar ammonium, NH₄⁺ till nitrit eller nitrat NO₂⁻, NO₃⁻ samt en liten andel N₂O. Processen är aerob och andelen N₂O som bildas ökar vid dålig syre tillgång (Kasimir-Klemedtsson m.fl., 2000). Nitrifikationsprocessen (Brady & Weil, 2002):



Vid anaeroba förhållanden sker denitrifikation, då bakterier utviner energi genom att omvandla nitrat till kvävgas och N₂O, andelen N₂O blir större om processen bromsas av syrgas (Kasimir-Klemedtsson m.fl., 2000). Denitrifikationen bromsas också vid mycket sura förhållanden med pH under 5 vilket gynnar bildandet av N₂O. Denitrifikationsprocessen sker i flera steg och ser förenklad ut (Brady & Weil, 2002):



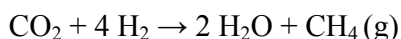
Bildningen av lustgas ökar vid varierande grundvattenyta eftersom en låg grundvattenyta gynnar den syrekrävande nitrifikationsprocessen medan en höjd grundvattenyta gör marken syrefattig och gynnar denitrifikationen (Ernfors m.fl., 2008).

I bördig mark med låg kol-kväve kvot (C:N kvot), vilket betyder mycket kväve i förhållande till kol i marken, fås en hög N₂O avgång. N₂O avgår då C:N kvoten är lägre än 25. I torvmark ligger kvoten ofta någonstans mellan 15 och 40 (Hyvönen m.fl., 2006, Ernfors m.fl., 2008).

2.2.3 Metangas

Metangasen från myrar bildas i ytlagret under grundvattenytan och några decimeter ner genom nedbrytning av organiskt material i anaerob miljö av metanogenerna (Brady & Weil, 2002). Metanotroferna omvandlar sedan en del av metanet till biomassa och koldioxid. Denna process sker i zonen strax ovanför vattenytan där miljön är syrerik.

Processerna ser typiskt ut som följer (Brady & Weil, 2002):



Förutom att diffundera upp genom markens vatten- och gasfas kan metanet också transporteras till atmosfären i form av gasbubblor eller via kärlväxternas rötter och stammar. Metanemissionens storlek bestäms av en rad olika faktorer beskrivna i Kasimir-Klemedtsson m.fl. (2000).

- Vattenytans nivå i marken påverkar så att ju lägre grundvattenyta desto lägre emissioner eftersom metanotroferna då har större möjlighet att oxidera metanet till koldioxid innan det når ytan. Vid dikning sänks grundvattenytan vilket leder till att mer syre kommer ner i marken. Produktionen av metan minskar då och upphör på sikt.

- Växtbeståndets sammansättning har betydelse så till vida att transport genom stamdelarna innebär att en hög andel kärleväxter ofta ger en ökad emission.
- Temperaturen i torven påverkar också. Då grundvattenytan ligger över medelvattenytan hämmas metanotrofernas oxidation samtidigt som metanogenerna är aktiva och producerar metan. En höjd temperatur leder då till ökade emissioner. Om marken istället är torrare än normalt ökar oxidationen och emissionerna minskar vid ökad temperatur.
- Tillförsel av N leder till ökad växtproduktion och därmed större tillgång på organiskt material. Vid högt liggande grundvattenyta ger detta ökad metangas emission.
- Tillförsel av S genom ökad deposition av sulfat ger förhöjd sulfatkoncentration i vattnet. Metanogenerna får då konkurrens av sulfatreducerande bakterier om organiskt material och emissionen av metan minskar.

2.3 TORVPRODUKTION

2.3.1 Produktion och användning

Dagens torvbruk i Sverige använder ca 0,1 % av den totala torvarealen (Fredriksson m.fl., 2008). Under 2007 skördades 1,6 miljoner m³ energitorv och 1,3 m³ odlingstorv. Särskilt energitorvsskörden var avsevärt lägre jämfört med 2006. Detta beror på den regniga sommaren 2007 vilket försvårade skörden (SCB Torv, 2008).

För produktion av energitorv är kärrtorven med sin höga nedbrytningsgrad att föredra (Fredriksson m.fl., 2008). Låghumifierad torv av den typ som är vanlig på mossarnas översta skikt är olämplig som energitorv på grund av lågt energiinnehåll och svårigheter vid hanteringen i förbränningsanläggningar. Den lämpar sig dock utmärkt som odlingstorv och jordförbättringsmedel (Larsson, 2006).

Energitorv används för eldning i värmeverk och värmecentraler samt några större industrier. Användningen av torv för energiproduktion 2007 var 302 000 ton oljeekvivalenter motsvarande ca 3,5 TWh, vilket är en dryg halv procent av Sveriges totala energitillförsel. Huvuddelen av energitorven används året efter att den skördats. Om torv bränns tillsammans med trädbränslen minskar man risken för slagning, beläggning och korrosion i pannor vilket ger en minskad driftskostnad (SCB Torv, 2008). I jämförelse med de flesta biobränslen är energiinnehållet i torv något större medan det är lägre än för fossila bränslen som kol och olja.

Ett annat vanligt användningsområde är stallströ där torven uppskattas för sin goda uppsugningsförmåga och förmåga att neutraliserar lukt (Fredriksson m.fl., 2008). Torv kan också användas som filtermaterial tack vare sin goda jonbytesförmåga och förmåga att binda in kväve, som fibermaterial i textilier och som isolerande byggnadsmaterial (Fredriksson m.fl., 2008).

2.3.2 Skörd

Innan torven bryts måste marken iordningställas. Alla träd avverkas varefter vegetationstäckets avbanas, det vill säga det skrapas av. Detta kan sedan lagras och användas vid efterbehandlingen av mossen. Eventuell ytterligare infrastruktur i form av vägar, upplagsplatser, byggnader, el och vatten måste ses över. Torvmarken dikas och eventuellt

kan sedimentationsdammar byggas nedströms för att fånga upp eroderat material. Den ursprungliga vattenhalten i en orörd myr ligger på ca 95 %. På 1-2 år dräneras vattenhalten till ca 85 % så att skördemaskinerna kan bäras upp av torvmossen (Torvproducenterna, 2008). Är torvmarken emellertid redan dikad går denna process fortare och brytning kan påbörjas mer omgående beroende på de befintliga dikenas status (muntlig information från Stefan Östlund, Neova).

Torven skördas under sommarmånaderna då marken är tillräckligt torr för att bära upp maskinerna. I Sverige kan brytningen vanligtvis komma igång i maj. Skörden sker till största delen som stycketorv eller frästorv. Under 2006 var skörden i Sverige 791 000 m³ stycketorv och 850 000 m³ frästorv (STPF Torvåret, 2008).

Vid skörd av frästorv lösgörs torvytan med stora cylindriska harvar och vänds för att skynda på torkningen. Efter omkring tre dagar kan torven bärgas genom att skrapas ihop och lyftas till en lagerstack eller sugas upp direkt i en sugvagn (Torvproducenterna, 2008). Med denna metod erhålls cirka 10 skördar per säsong och fukthalten blir vanligen 40-55 %. Det vanligaste sättet att lagra torv är i stackar invid torvtäkten (SOU, 2002).

Vid skörd av stycketorv skärs torven upp ned till ett djup av ca 70 cm varefter den bearbetas och pressas genom munstycket ut på marken till cylinderformade korvar. Efter att ha torkat omkring en månad samlas stycketorven ihop och transporteras till lagringsplats. Fukthalten blir lägre än för frästorv, omkring 35 %. Vanligtvis erhålls tre skördar per sommar (SOU, 2002, Torvproducenterna, 2008).

2.3.3 Efterbehandling

Vid efterbehandling av torvtäkter finns några olika alternativ. De vanligast förekommande är återplantering av skog för skogsbruk och återskapande av våtmark genom att täppa till diken och låta marken växa igen. Andra alternativ är att använda marken till jordbruk eller att skapa konstgjorda sjöar och våtmarker. Det är även möjligt att tänka sig annan markanvändning som golfbana, fiskodling eller avloppsrening (Eriksson & Wallentinus, 2004).

Att låta torvtäkten växa igen på naturlig väg är, som tidigare nämnts, en långsam process. Ny torvbildning sker i Sverige med en medeltakt på ca 0,5 mm per år i höjdlid. Det tar alltså uppemot tusen år innan ett nytt torvlager bildats (Eriksson & Wallentinus, 2004). Emellertid får de dammar och våtmarksområden som bildas ett rikt fågelliv och ofta stor biologisk mångfald.

Vid nyplantering av skogsmark måste marken vara väl dränerad och näringsrik för att få en produktiv tillväxt. Eventuellt kan marken behöva gödslas, och då framförallt med fosfor och kalium. För den biologiska mångfalden är detta ett mindre gynnsamt alternativ än återbildande av våtmark. Hög produktion av skog är dock till nytta i andra sammanhang med exempelvis ekonomisk avkastning, som förnyelsebart bränsle och som kolsänka (Eriksson & Wallentinus, 2004).

2.4 DIKNING OCH AVRINNANDE VATTNETS KVALITET

Utdikning av våtmarker för jord- och skogsbruk med avsikt att förbättra produktionen och ta tidigare outnyttjade marker i anspråk har förekommit sedan 1600-talet, och i större omfattning sedan slutet av 1800-talet (SGU, 2008d). Statens ekonomiska bidrag till skogsdikning upphörde först på 1990-talet. Då hade mer än 1,5 miljoner ha eller ca 15% av torvtäckt mark dikats för skogsbruk (Fredriksson m.fl., 2008).

Dikningens huvudsyfte är att syresätta marken i rotzonen genom att vattenhalten sänks och luft kan strömma ner i jordens porer. Detta leder till en förbättrad tillväxt av skog och en ökad mikrobiell nedbrytning och kväve mineralisering. Då trädens biomassa ökar bidrar skogen genom sin avdunstning till att ytterligare avvattna marken. Effekterna blir alltså en större återgång av vatten till atmosfären och en omfördelning av biomassaproduktion från markvegetation till träd (Magnusson, 2008).

Det förekommer tre olika huvudtyper av dikningsåtgärder. Markavvattning, eller nydikning, syftar till en bestående sänkning av grundvattenytan och vattenhalten. Skyddsdikning genomförs efter kalhuggning i syfte att föra bort överskottsvattnet så att nya plantor kan etablera sig. Dessa diken är endast avsedda att vara tillfälliga och skall inte underhållas. Då trädbeståndet vuxit upp avvattnas marken naturligt och inga diken behövs. Dikesrensning innebär kort och gott att befintliga igenvuxna diken återställs (Magnusson, 2008).

2.4.1 Dikning på torvmark

Vid dikning av torvmark beror diken avvattnande effekt på vilken typ av torv som dikas. Låghumifierad torv av typen som finns i mossar dräneras lätt medan den höghumifierade kärrtorven binder vattnet hårt så att diken avvattning blir mer att avleda ytterligare vattentillförsel (Magnusson, 2008). Holden m.fl. (2004) har sammanställt olika undersökningars resultat vad gäller dikningens inverkan på torvmark med fokus på hydrologin. Grundvattenytans nivå avgör om torv ackumuleras eller bryts ner. Olika undersökningar har givit något divergerande resultat gällande hydrologin i en dränerad torvmark i jämförelse med en orörd. Flödestopparna ökar i storlek efter dränering enligt de allra flesta undersökningar, liksom den totala årliga avrinningen från marken ökar. Undersökningar av förändring i magasineringsförmåga har givit mer olika resultat där vissa visar på en ökning och vissa en minskning när det gäller att lagra vatten. Olika typer av torvmark reagerar olika på dränering både beroende på torvens egenskaper och dikningens utförande gällande djup och avstånd mellan diken.

Orörda våtmarker har ofta torv med ett vatteninnehåll på uppemot 90 volymprocent. Grundvattenytan ligger ofta nära markytan och vattnet är relativt stillastående. Det avrinnande vattnet har typiskt lågt pH, högt innehåll av organiskt material och mörkt färgat vatten. Under perioder med högt vattenflöde är torven så vattenmättad och grundvattenytan ligger så ytligt att inget mer vatten kan lagras utan det rinner istället snabbt bort. Under torra perioder är vattnet hårt bundet i torven och flödena från torvmarker är mindre än från omgivande mineraljord.

Dikningen kan utföras antingen som ett nätverk av dräneringsdiken tvärs över torvmarken i syfte att öka vattenavrinningen eller med avskärningsdiken i kanterna som leder bort tillströmmande vatten. Om grundvatten står för en stor del av tillflödet krävs dräneringsdiken för att klara avvattningen. Hur tätt diken måste ligga bestäms efter växtlighet på platsen, klimat och humifieringsgrad på så sätt att torv med hög humifieringsgrad och därmed låg konduktivitet kräver tätare diken (Grip & Rodhe, 2000).

Dikningens effekter på vattenkvaliteten varierar beroende på en rad olika faktorer. I en studie av dikningens effekter på vattenkvalitet och vattenföringen för några olika typer av torvmarker (Lundin, 1988), konstateras att de faktorer som har den största betydelsen då det gäller det från torvmarker avrinnande vattnets kemi är till stor del plats specifika. Klimatregion, mineraljord under torven och i tillrinningsområdet, topografi, typ av torvmark och hydrologiska förhållanden på platsen är alla faktorer som påverkar sammansättningen. I studien undersöktes tre olika typer av torvmark, mosse, starrkärr och ett kalkrikt så kallat rikkärr. Dessa uppvisade något olika förändringar på det avrinnande vattnet efter dräneringen.

