

# Skogen i ett förändrat klimat

Magnus Ekström  
Olof Olsson  
Susanne Johansson

**GRADVIS°**

Klimatoptimerar svenskt skogsbruk



# Skogen i ett förändrat klimat

Magnus Ekström  
Olof Olsson  
Susanne Johansson

Delrapport 6 i Projektet Gradvis

**GRADVIS**<sup>o</sup> Klimatoptimerar svenskt skogsbruk



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden



Hushållnings  
sällskapet

© Hushållningssällskapet i Halland

# Innehåll

	Sida
1 Inledning .....	5
2 Skogen i Sverige .....	8
2.1 Skogsvårdslagen .....	8
2.2 Skogsprodukter .....	10
3 Skogens roll i ett förändrat klimat .....	12
3.1 Skogen som kolsänka .....	12
3.2 Tre synsätt på skogen som kolsänka .....	13
4 Förändrade tillväxtbetingelser .....	17
4.1 Skogens näringsbalans .....	18
4.2 Marknära Ozon .....	22
5 Skogsskötsel .....	24
5.1 Skogsskötsel i ett förändrat klimat .....	24
5.2 Skogsskötselåtgärder .....	24
5.3 Skogsskötselmetoder .....	27
5.4 Trädslag .....	31
5.5 Rekommendationer och förslag på trädslagsblandningar .....	40
6 Dikning och skogsbilvägar .....	42
6.1 Dikning .....	42
6.2 Skogsbilvägar och körskador .....	45
6.3 Gödsling och askåterföring .....	47
7 Skador och skadegörare .....	50
7.1 Fysiska skador .....	50
7.2 Torka och andra klimatpåverkade skador .....	56
7.3 Biologiska skador .....	57
7.4 Skadors nyttoeffekter .....	66
8 Sammanfattning .....	68
8.1 Ändrade förutsättningar .....	69
9 Referenser .....	72

# 1 Inledning

*”Skogen är en nationell tillgång och en förnybar resurs som ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls. Vid skötseln ska hänsyn tas även till andra allmänna intressen. Lag (2008:662)”*

Gradvis – skogen i ett förändrat klimat är en del av det större projektet Gradvis<sup>o</sup> som syftar till klimatoptimering av Sveriges lantbruk. Vi står inför stora förändringar i klimatet de närmsta åren. Klimatet är något som kommer att påverka alla på jorden i någon mån, för olika delar av världen kommer det att ställas olika krav för att anpassa sig till de nya betingelser som kommer att råda. För somliga kan klimatförändringarna föra med sig något positivt medan det i stora delar av världen kommer att ställas stora krav på anpassning för att klara sig. I den första rapporten från Gradvis (Nilsson, 2010) redogjordes för hur klimatscenariot för Sveriges del ser ut de kommande 40 åren. Denna rapport bygger till stor del på den forskning som fanns kring klimatet år 2000 och SMHIs klimatscenarior som bygger på klimatmodeller utifrån både regionala och globala perspektiv.

I alla klimatmodeller finns osäkerhetsfaktorer som påverkar hur ett framtidsscenario kan komma att se ut. Till grund för simuleringar om det framtida klimatet ligger forskning som sammanställts av IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, (FN:s klimatpanel) som är ett av FN initierat samarbete mellan FN-organen UNEP och WMO. FN:s klimatpanel har samlat ett stort antal forskare som tillsammans tagit fram sammanfattningar kring klimatet och den mänskliga inverkan på klimatet utifrån de vetenskapsområden de representerar.

I rapporten från FN:s klimatpanel slås fast att det pågår en global uppvärmning och att utsläppen av växthusgaser kopplade till mänskliga aktiviteter ligger bakom en stor del av den ökade temperaturen. Den

globala ökningen i temperatur för åren 1990 – 2100 beräknas bli 1.8 – 4.0 grader. För att landa på de lägre nivåerna av effekter krävs snabba och drastiska åtgärdsbeslut av världens beslutsfattare för att stoppa ökningen av växthusgasutsläppen. Även ett totalt stopp av nya växthusgaser till atmosfären skulle innebära en fortsatt uppvärmning av jorden de närmsta decennierna. (Naturvårdsverket, 2007)

För Sveriges del innebär den högre temperaturen mildare vintrar med mindre snö dagar som i sin tur förstärker temperaturökningen. Den största reella ökningen av temperatur kommer därför ske under vinterhalvåret. Det mildare klimat kommer att ge längre växtsäsonger. Samtliga scenarier pekar på att årsnederbörden kommer att öka. Största nederbördsökningen kommer att ske vår, vinter och höst medan sommarens nederbörd väntas vara i nivå med dagens. Några klimatscenarier pekar till och med på att somrarna kan komma att bli torrare framförallt i södra Sverige (SMHI, 2014).

I FN:s klimatrapport från 2007 (Naturvårdsverket, 2007) slås fast att det för Sveriges del, förutom en direkt höjning av medeltemperaturen, ökar sannolikheten för:

- Värmeböljor
- En ökning av arealen som påverkas av torka
- Förekomsten av intensiva skyfall
- Att utomtropiska stormar kommer att få nordligare banor än tidigare
- Att nederbörd kommer att bli rikligare (samtidigt som de sannolikt minskar i subtropiska landregioner)

Under 2013 - 2014 släpptes i etapper en ny sammanfattande analys över det vetenskapliga kunskapsläget kring klimatförändringarna från FN:s klimatpanel. Rapporten fastslår i de kända delarna det som redan befarats i den förra rapporten. I de delar som hittills släppts konstateras det att trots kunskap om det akuta läget, fortsätter utsläppen av växthusgaser att öka med högre temperaturer som följd. Det anses även med största sannolikhet vara människan som ligger bakom en stor del av växthuseffekten. Det konstateras att temperaturen med stor sannolik-



het kommer att fortsätta öka, samt att temperaturökningen kan leda till kraftigare oväder i framtiden.

I Gradvis<sup>o</sup> har tagits fram flera rapporter över hur klimatförändringarna påverkar och kommer att påverka den svenska jordbruksnäringen (Melin, m.fl., 2010)(Marmolin, 2012). Denna rapport kommer ta upp de möjligheter och utmaningar som finns för svenskt skogsbruk i ett förändrat klimat. Eftersom skogen är en långsiktig resurs med långa omloppstider påverkas skogen 2040 av beslut som skogsbrukaren tar idag. Det kommer att krävas förändringar av skogsbruket i anpassning till nederbörd, värme, vind och förändrade sammansättningar i atmosfären. Med anpassade skötselmetoder, en anpassning av plantmaterial och god planering kan riskerna med klimatförändringarna minskas och till viss del medföra en ökad skogsproduktion på våra bredgrader.



## 2 Skogen i Sverige

I Sverige finns 23,2 miljoner ha produktiv skogsmark. Detta motsvarar 57% av den totala landarealen. Från 1920 till idag har det totala virkesförrådet i skogen ökat från 1719 till 3350 miljoner kubikmeter skog. Av den totala arealen produktiv skogsmark ägs 50% av enskilda personer. 31% av privatägda bolag och övriga privata ägare. Resterande del, 19%, av staten eller övriga allmänna ägare (Skogsstatistisk årsbok, 2014).

### 2.1 Skogsvårdslagen

Den första skogsvårdslagen av modernt snitt instiftades i Sverige år 1903. I den slogs det fast att det finns ett allmänt intresse, att skogen är en långsiktig nationell resurs och det fanns ett krav på återväxtåtgärder efter avverkning. Detta föregicks av de liberala regler som gällde under 1800-talet där det i praktiken var fritt fram att bruka den privata skogen som man behagade. Men det var först under efterkrigstiden i och med 1948 års skogsvårdslag som ett verkligt uthållighets- och avkastningsmål formulerades i lagen (Enander, 2009). Lagens utformning anpassades till stor del efter industrins ökande efterfråga på råvaror.

I dagens skogsvårdslag som grundar sig i 1979 års skogsvårdslag, finns en tydlig koppling mellan skogens produktionsgivande förmåga och bevarandemålet. Skogen i Sverige har idag, liksom under hela efterkrigstiden, en tillväxt som vida överstiger avverkningen. Tillväxten idag uppgår till 110 miljoner m<sup>3</sup>sk (skogskubikmeter) per år och den beräknade avverkningen till ca 90 miljoner m<sup>3</sup>sk per år (Skogsstatistisk årsbok, 2010). Virkesförrådet i Sverige har mellan år 1920 och år 2010 ökat med 84 % enligt riksskogstaxeringen. Det växande virkesförrådet har varit en viktig pusselbit vid implementerandet av de senaste större ändringarna i skogsvårdslagen (år 1993). Här jämföras produktionsmålet med naturvårdsmålet. Trots stora avsättningar har inte skogsindustrins virkesförsörjning varit hotad. 2000-talet bjuder på nya utmaningar där tillväxten och avverkningen kan väntas gå jämna steg med varandra. Till stor del utnyttjas skogsmarkens produktionsförmåga bättre för varje år och improduktiva skogar ersätts med nya, mer avkastande skogar. Klimatförändringarna driver på behovet av förnybara bränslen och här kommer skogsråvaran väl till pass (Enander, 2009).

Jämfört med produktionen är naturvården. Dels i form av statlig inlösen av skogsmark till naturvårdsändamål i form av nationalparker,



naturreservat, biotopskydd mm, men även i en anpassning av produktionen till att lämna naturhänsyn vid skogsbrukande. Det kan handla om hänsynsområden vid avverkning, kantzoner mot känsliga miljöer eller frivilliga avsättningar av områden där naturvården är det främsta målet. Sverige har länge haft en tradition av att bygga skogspolitiken på frihet under ansvar. I naturvårdssammanhang handlar det om att markägarna frivilligt och utan ekonomisk ersättning åsidosätter en del av sin produktiva skogsmark till naturvårdsändamål, s.k. miljöhänsyn. Den formellt skyddade skogen uppgår idag enligt (Skogsstyrelsen, 2014) till knappt 1 miljoner ha. De frivilliga avsättningarna uppgår till 1,1 miljoner hektar år 2013. Detta innebär att ca 9 % av skogsarealen idag skyddas.



## 2.2 Skogsprodukter

Skogsråvaran används i Sverige idag framförallt till tre produktgrupper; Sågade trävaror, papper & massa samt energi. Det är sågade trävaror som är grunden i den moderna träförädlingen och som satt Sverige på kartan som världens tredje största exportörer av sågade trävaror (Skogsindustrin, 2014). Den traditionella sågverksindustrin har de senaste årtiondena haft det tufft med lönsamheten. Betalningen av skogsråvara till skogsbrukaren styrs än idag till stor del av den timmerklassning av virke som tagits fram för att förse den traditionella sågverksindustrin med råvara. I takt med sågindustrin har utvecklingen av massaindustrin blomstrat. Sverige är idag världens tredje största exportör av massa och papper i världen (Skogsindustrin, 2014). De senaste två årtiondena har även skogen som energiråvara aktualiserats samtidigt som klimatskussionen ökat.

Vid sidan av den traditionella näringen finns flera andra områden som jakt, rekreation och rennärning. Naturvården som nämnts ovan kommer inte sällan i konflikt med skogsproduktionen (Barklund, 2007).



Ett sätt att belysa skogens olika resurser är att beskriva dem utifrån begreppet ekosystemtjänster. En ekosystemtjänst kan betecknas som "ekosystemets direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande" (Naturvårdsverket, 2012). Sättet att definiera kopplingen mellan naturen och människan kan ske på flera plan, dels direkt mätbara tjänster som virkesvärdet på avverkat timmer, dels indirekta värden av exempelvis upplevelsen av en skogspromenad som inte är mätbar i pengar. Naturvårdsverket listar ett par ekosystemtjänster knutna till skogen i sin skrivelse som anses ha en stor ekonomisk eller social betydelse;

- Livsmedel från vilda landdjur och växter (jakt)
- Fiberråvara från växter (trä- och massaindustrin)
- Bioenergi från skog
- Global klimatreglering
- Oorganiserat friluftsliv

Listan på ekosystemtjänster i skogen kan göras lång. I ett klimatperspektiv är det förutom bioenergi från skogen, global klimatreglering och fiberråvara även andra tjänster som har betydelse. Infiltration, absorbering och infångning genom exempelvis mykorrhizaförekomsten i skogsmarken har betydelse när det handlar om näringsläckage. Dämpning av avrinning och flöden och erosionsskydd har betydelse vid ett klimat med större väderextremer. Men även en sådan enkel sak som trädens direkta skydd eller lokal och regional klimatreglering där träden fungerar som fysiskt skydd mot hetta, vind och kyla räknas som en ekosystemtjänst (Naturvårdsverket, 2012). Inte sällan kommer de olika ekosystemtjänsterna att påverka och påverkas av varandra.

Hur skogsråvarans användning kommer att se ut styrs av flera intressen. Å ena sidan har vi den traditionella basindustrins rädsla för råvarubrist. Å andra sidan en politisk insikt om vikten att använda skogsråvaran som en del i kampen mot klimatförändringarna eller för den sociala hälsan. Konflikt mellan de olika användningsområdena ska regleras av statsmakterna. Det vill säga att det är politiska incitament eller regleringar som får vikta de olika intressena mot varandra (Barklund, 2007).

# 3 Skogens roll i ett förändrat klimat

Skogen är en förnybar resurs. Skogen har en viktig del i koldioxiddebatten som så kallad kolsänka eftersom en stor del av tillgängligt kol på jorden är bundet i trä. Den boreala skogen, dvs skog på den tempererade delen av norra halvklotet, där den svenska skogen ingår, fungerar även som en nettoinlagrare av kol till skogsmarken. Från detta synsätt finns flera påtryckningar att styra skogsbruket till att fungera som en motvikt till fossila utsläpp av växthusgaser- särskilt koldioxid (CO<sub>2</sub>).

Den allmänna politiska debatten fokuserar gärna på klimat och skog som en fråga om hur man kan hitta en jämvikt, hur det är möjligt att kompensera för pågående och kommande utsläpp samt hur man kan minska de förekommande utsläppen av växthusgaser i ett konventionellt skogsbruk.

## 3.1 Skogen som kolsänka

Skogen anses ofta fungera som kolsänka, d.v.s. skogen fungerar som ett ekosystem som tar upp mer kol än det avger. Kolsänkan beskrivs utifrån två perspektiv. Dels som mellanlagring av kol, (kolbindning), dvs i det växande beståndet, dels som långtidslagrande, dvs kol bundet i produkter som kan anses stabila och varaktiga under en längre tidsperiod (kolförråd). Detta kan vara träkonstruktioner men främst kol bundet i marken i ej nedbrutet organiskt material. ([www.forest.fi](http://www.forest.fi), 2014)

Mätningar av kolbalans och kolförråd i skogsmark är behäftade med många osäkerhetsfaktorer. Trots att flera studier gjorts inom området är spännvidden mellan de olika resultaten mycket stor. En mängd olika faktorer spelar in på flödena och olika forskningsprojekt har haft olika metoder och utgångspunkter för respektive projekt varför en del data kan vara svåra att jämföra med varandra. Kol bundet i biomassa (levande träd) är lättare att beräkna, ex med hjälp av data från riksskogstaxeringen. Utifrån dessa osäkerhetsfaktorer är framtida kolförråd, kolbalans och flöden i ett förändrat klimat ännu svårare att beräkna (Olsson, 2011).

### **3.1.1 Faktorer som påverkar skogen som kolsänka**

För att mäta hur långsiktiga kolflödena påverkas (kolbalans) av klimatförändringarna gäller det att ha tillförlitliga modeller och uppräta nationella kolbudgetar. I skogsmarken beror kolbindningen till stor del på humuslagrets tillkomst eller fastläggning av kol i mark. Humuslagret består av ännu ej nedbruten förna och nybildad humus består till 50 % av kol. Humusen bryts ned olika beroende på tillgången på näringsämnen. Olika trädslag ger förna med olika kemiska egenskaper. Exempelvis ger en kväverik förna mer humus än en kvävefattig förna. Detta gör att förna av gran ger mer humus än förna från tall. Genomsnittsuppbindningen av kol i skogsmark är ca 180 kg kol/ha och år. Men skillnaderna är stora. I södra Sverige kan marker med gran, bok eller ek binda upp så mycket som 400 kg/ha och år medan tallmark i norr i extrema fall kan komma ner på ca 40 kg/ha och år (Berg, 2005). Hastigheten för kolfastläggningen är starkt kopplad till klimatförändringen. Uppbyggnationen blir som störst där inga störningar förekommer. I norra Sverige har 150 m tjocka humuslager uppmätts under växande barrskog med lång kontinuitet (Berg, 2005).

## **3.2 Tre synsätt på skogen som kolsänka**

För markägaren är en minst lika viktig aspekt huruvida det är möjligt att ha ett företagsekonomisk hållbart skogsbruk i ett förändrat klimat. Eller om det finns några positiva aspekter med ett förändrat klimat på lokal nivå. En viktig fråga är hur anpassning av skogsbruket kan ske för att anpassa ett skogsbrukande till ett förändrat klimat. I resonemanget om skogens framtida roll i ett globalt perspektiv finns tre huvudspår.

### **3.2.1 Skydd av befintliga skogar som stabila kolförråd i marken**

Kolinlagringen i skogsmarken (humusen) är beroende av stabilitet och klimat. Störningar som brand och hyggen ger upphov till en nettoförlust av kol från marken innan ett nytt bestånd har etablerat sig. Med bakgrund i detta resonemang framhåller man skogens potential som en långsiktig kolsänka. Skyddet kan bestå i att lämna skogsområden orörda för fri utveckling men även att hitta alternativa brukningssätt som långsiktigt och kontinuerligt bibehåller en krontäckning i beståndet som i kontinuitets- eller naturskogsbruk eller andra typer av hyggesfritt skogsbrukande, vidare nämnt som kontinuitetsskogsbruk (Olsson, 2011). Skog som lämnas för fri utveckling binder stora mängder kol i stående träd



och bygger upp ett kolförråd i marken. Riskerna med gammal skog är dock flera, exempelvis skogsbränder och insekthärjningar, med stora koldioxidavgångar som följd. Gammal, mogen skog har dessutom en minde nettoinlagring av kol i det stående beståndet än yngre, växande skog (Lundmark, m.fl. 2014).

I den tillfälliga mellanlagringen i levande skogar så upprätthålls balansen så länge tillväxten i skogen är lika stor eller större än avverkning och naturlig avgång. Över tid fungerar skogen som kolsänka, dvs. binder mer kol än den avger. Resultaten för hur mycket kolsänka skogen egentligen är har inte riktigt gått att verifiera. Mätresultat som jämför nordliga



ekosystem med sydligare ekosystem tyder på stora skillnader mellan de sydligare skogarna och de nordliga växande skogarna. Några undersökningar visar till och med att en del nordliga skogs- och myrekosystem på svaga marker skulle kunna fungera som kolkälla (Morén, 2000).

### **3.2.2 Intensiv skötsel för att öka växande kolförråden**

I resonemanget kring skogen som kolsänka framhålls även argumentet att intensifiera skötseln för att på så sätt binda mer koldioxid i växande skog. Detta resonemang förutsätter att det trä som kommer ut från skogen antas hamna i antingen produkter där kolet blir kvar under lång tid, som träkonstruktioner eller för produktion av bioenergi eller andra skogliga produkter som ersätter fossila produkter. Teorin bygger på att inte överhålla gammal skog eftersom tillväxten avtar med åldern och inlagring av kol i träden blir med tiden lika stor som avgången av kol i nedbrytningen. (Lundmark, m.fl. 2014). Motståndarna menar att ett alltför hårt drivet skogsbrukande, plantageskogsbruk, är som "en medicin som ger tillfällig lindring men dödar på sikt" (Rosell, m.fl. 2014). Detta p.g.a. att man på sikt degenererar marken, snabbväxande skogsprodukter ofta är kortlivade (som papper) och kolinlagringen därför är kortsiktig.

Ett varmare klimat skulle enligt de flesta bedömare medföra att tillväxttakten i skogen ökar. I norra delen av Skandinavien förväntas en teoretiskt möjlig tillväxtökning på upp mot 40 % i främst de norra delarna (www.forest.fi). Detta skulle teoretiskt innebära en högre tillväxt i den levande skogen men samtidigt en snabbare nedbrytning av markbundet kol (Henriksson, K. 2014). Ett varmare klimat tillsammans med gödsling av skog skulle kunna binda upp stora mängder kol genom ökad tillväxt. En tioprocentig tillväxtökning skulle i teorin kunna kompensera för de mänskliga koldioxidutsläppen. Kvävegödsling av skogsmark kan även ha en bromsande effekt på nedbrytningen i skogsmarken. Något som ytterligare bromsar avgången av koldioxid från skogen (Franklin, 2004).

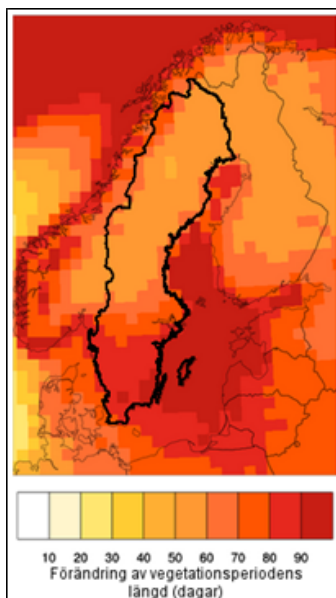
### **3.2.3 Trä som ersättning för andra material**

Skogsråvaran ses som en ersättning för icke förnybara material det kan handla om bränsle men även att använda trä i andra sammanhang där det idag används petroleumprodukter, metall eller betong. I dag finns exempelvis klimatsmarta sätt att framställa textil av träfiber samt möjligheter att göra komplicerade konstruktioner av trä. I resonemanget att ett aktivt skogsbrukande innebär störst klimatnytta räknar man in användningen av skogsråvaran i ett större perspektiv än hur kolbalansen ter sig



i ett enskilt bestånd eller skogsområde, d.v.s. man väger riskerna med kolläckage från kalmare och ungsogar mot nyttan skogsprodukterna gör för att minska på andra klimatpåverkande produkter, exempelvis att ersätta bensin med biobränslen. Det finns idag utveckling av skogsprodukter som till exempel textilfiber av trä som ersättare för bomull, eller kolfiber tillverkad av lignin istället för olja. Framtiden för bränslen baserade på träråvara ser ljus ut. På byggsidan kan det handla om att använda trä istället för stål och betong. Idag exporteras en betydande del av skogsprodukterna till olika delar av världen och bidrar därmed även till klimatnytta utomlands (Lundmark. m.fl. 2014).

## 4 Förändrade tillväxtbetingelser



SMHI.se

i Umeå (Fransson, 2001). Ökad temperatur har effekt på nedbrytning och vittring av mineral i marken. En ökad koldioxidhalt i atmosfären ger en ökad möjlighet till tillväxt. Samtidigt kräver en ökad tillväxt mer vatten till den ökande transpirationen. I delar där nederbörden antas minska under tillväxtsäsongen kan bristen på vatten bli den begränsande faktorn (Melin, 2010).

I spåren av växthuseffekten väntas även ozonhalten i troposfären öka. Det marknära ozonet är inte bara i sig en växthusgas utan även direkt skadligt för de gröna växterna och minskar tillväxten hos träden (www.naturvårdsverket.se). Karta SMHI.se

De stressfaktorer som har inverkan på tillväxten hos träd är bl.a. torka, stormskador, frostskador, markskador, vattenskador och betesskador. I försök har exempelvis påvisats att en försenad markvärme har en stark negativ inverkan på tillväxten. Håller kylan i sig under längre tid kan

Klimatförändringen kommer att gynna tillväxtmöjligheterna i den gröna näringen i Sverige. Stigande medeltemperaturer väntas ge längre vegetationsperiod. I söder kan vegetationsperioden bli upp till fyra månader längre redan år 2025. I norr väntas det gå betydligt långsammare med en till två månaders längre vegetationsperiod först 2085 (Melin, 2010).

Störst betydelse för tillväxten antas den tidigare våren ha då det är temperaturen som till stor del styr när tillväxten kan börja (Barklund, 2007). Värmen på våren styr även över när tjällossningen börjar, vilket påverkar trädens förmåga att tillgodogöra sig vatten (Mellander, 2004). För att vattenupptaget hos tallar ska påbörjas behövs en medeltemperatur på mer än 5 grader flera dagar i sträck enligt en undersökning i Vindelns försökspark

även rotsystemet skadas och hämma tillväxten under flera växtsäsonger framöver (Mellander, 2004).

I beräkningar om vilka effekter klimatförändringarna kommer ha på skogsbruket är det ofta flera faktorer som verkar i motsatt riktning. Exempelvis gynnar ett humidare och varmare klimat tillväxten. Samtidigt innebär varmare klimat kan också risk för snöfattigare vintrar som medför mer omfattande tjäle och därmed risk för rotskador och ett senarelagt vattenupptag och minskad tillväxt (Mellander, 2004).

## 4.1 Skogens näringsbalans

Ekosystemet består av flera byggstenar som påverkar varandra. Förenklat kan man säga energi, vatten och näring.

Energi i de gröna växterna byggs upp av de i fotosyntesen ingående beståndsdelarna med solen som motor. Solstrålarna omvandlar luftens kol och syre till kolhydrater. Solens värme påverkar indirekt växternas tillväxt genom att påskynda processen samt ser till att vatten finns i gas och flytande form. Vatten är ofta den begränsande faktorn när det handlar om tillväxt.

På norra halvklotet är växtsäsongens längd en viktig begränsande faktor för tillväxten. Liksom solens vinkel mot jordytan under tidig vår och sen höst.

Trädens tillväxt styrs till stor del även av den tillgängliga näringen i jordmånen. För oss uppe i barrskogsbältet är klimatet en påverkande faktor när det gäller vittringshastighet av jordarter. Av de viktiga beståndsdelarna kalium (K), fosfor (P) och kväve (N) är ofta kvävet begränsande för tillväxten av skog (Franklin, 2004). Utöver dessa näringsämnen behövs Magnesium (Mg) och Svavel (S). Även mikronäringsämnen som järn (Fe), mangan (Mn), bor (B), zink (Zn) och koppar (Cu) har betydelse för tillväxten. Av de yttre faktorer som påverkar tillväxten är näringen den som människan själv lättast kan kompensera.

### 4.1.1 Kolets kretslopp

Det mesta av livet på jorden är beroende av kol (C) som byggnadsmaterial och överlevnad. Kol förekommer i olika föreningar i nästan allt liv och dess kretslopp är en betydande del i växthusgasbalansen på jorden. Utbytet mellan ekosystemet och atmosfären sker i främst tre olika gasformer vilka alla räknas som växthusgaser. Gaserna är koldioxid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) och lustgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Av dessa är koldioxid den som har störst påverkan på grund av sin stora andel även om metan och lustgas i sig är

mycket kraftfullare som växthusgas. Kol binds upp i ekosystemet genom fotosyntes och frigörs åter till atmosfären genom nedbrytningen.

Atmosfären kring jorden brukar i dagligt tal sägas innehålla fyra huvudkomponenter. De fyra beståndsdelarna (78.084 % kväve, 20.946 % syre, 0.934 % argon och 0.035 % koldioxid) utgör tillsammans 99.997 % av atmosfären. Därtill kommer en rad gaser som neon, helium, metan och ozon. Även om andelen koldioxid verkar vara försumbart liten har den en stor betydelse för livet på jorden (SLU, 2014) (Naturvårdsverket 2007).

#### **4.1.1.1 Fotosyntesen**

Fotosyntesen är grunden i uppbyggnaden av de gröna växterna. Fotosyntesen innebär att gröna växter tar upp luftens koldioxid och genom en kemisk process omvandlar en del av denna till kolhydrater för att bygga stam, rötter och bladverk (Olsson, 2011).

För växtlivet på jorden har halten koldioxid i atmosfären en avgörande betydelse när det gäller tillväxt. Upptaget av koldioxid och avgången av vattenånga styrs av klyvöppningarna på bladen. Öppna klyvöppningar släpper in mycket koldioxid men samtidigt ut mycket vattenånga. Mindre öppna klyvöppningar släpper inte ut lika mycket vatten men i gengäld kommer ingen koldioxid in heller. Växterna utvecklade fotosyntesen under en förhistorisk tid då koldioxidhalten i atmosfären var mycket högre än den är idag. För många växter finns det därför fortfarande en kapacitet att tillgodogöra sig en högre koldioxidhalt och därmed kunna öka tillväxttakten. Detta skulle innebära att mer koldioxid skulle bindas i växtecosystemet (Fransson, 2001). Vid ett förändrat klimat kan den ökande koldioxidhalten ge en tillväxthöjande effekt. Effekten är märkbar efter endast ett par dagar med högre halter av CO<sub>2</sub>. Men försök visar att en stor del av tillväxten ofta tenderar att hamna på rotsystemet som behöver öka för att tillgodose det ökande behovet av näring och vatten som den ökade tillväxten innebär (Fransson, 2001). Det är inte säkert att en högre koldioxidhalt medför en högre tillväxt. Tillväxten kan även begränsas av andra faktorer som till exempel ljus, vatten och brist på näringsämnen (Fransson, 2001). Även den förväntade ökningen av marknära ozon, som har en starkt hämmande effekt på tillväxten kan motverka tillväxthöjningen som en högre koldioxidhalt kan tänkas ha (Holopainen, 1996).

#### 4.1.1.2 Respiration och nedbrytning

Växternas egen andning kallas autotrof respiration. Det är det kol som inte binds upp i trädet som återgår till atmosfären i form av koldioxid genom respiration. Vid respiration omvandlas kolhydraterna till energi och restprodukten blir koldioxid. Denna respiration påverkas av koldioxidhalten i atmosfären och framförallt temperaturen.

Även fuktigheten spelar in, vilket gör att samma koldioxidhalt och temperatur kan ge olika respiration. Koldioxidhalten påverkar bladens klyvöppningar där respirationen sker. Även förmultning eller nedbrytning av växtdelar kallas respiration. Detta sköts till stora delar av de nedbrytande mikroorganismerna eller genom att växterna äts upp av växtätare där kolhydraterna omvandlas till energi och koldioxid. Nedbrytningen styrs till stor del av temperaturen. En ökad temperatur ger snabbare nedbrytning. Tillgången på kväve ökar vilket skulle kunna öka tillväxten i områden där kväve idag är en begränsande faktor.

#### 4.1.2 Kväve, Kalium, Fosfor

Kvävet som finns i atmosfären ( $N_2$ ) kan inte tillgodogöras av växterna. Växterna behöver ombilda kvävet till nitrat ( $NO_3$ ). Denna process utförs av kvävefixerande bakterier. Dessa bakterier lever antingen på egen hand i marken eller i symbios med en växt. Exempel på växter som lever i symbios med kvävefixerare på våra bredgrader är ärtväxter och al. Eftersom våra vanligaste skogsträd på fastmark inte lever i symbios med kvävefixerare är dessa hänvisade till frilevande kvävefixerare. Även mossor och lavar är ofta knutna till kvävefixerare (Magnusson, 2009). Kvävet anses ofta vara tillväxtbegränsande i skogen. Sverige har de senaste femtio åren haft ett förhållandevis stort nedfall av kväve från luftföroreningar som haft en gödslande effekt i skogen (Bertills, m.fl. 2000).

Övriga näringsämnen som behövs för uppbyggnaden av växter finns i de allra flesta fall i överproportion mot tillgången på kväve och är ytterst sällan begränsande i skogsmark.

#### 4.1.3 Vittring

Vittringen är den process som finfördelar bergsmaterialen till mindre fraktioner för att slutligen frigöra näringsämnen från stenmaterialet. Den fysikaliska vittringen är då berg krossas, mals eller sprängs av exempelvis frost, vind och temperatur till mindre delar. Därefter påbörjas den kemiska vittringen. Ju mindre partiklar jorden består av desto mer lättvittrad är den i den kemiska processen. Därför är finkorniga jordar



(exempelvis lerrika jordar) mer näringsrika än grovkorniga. Vittringshastigheten styrs även till stor del av hur den kemiska sammansättningen i jorden är, exempelvis pH, samt den biologiska sammansättningen med mykorrhizasvampar, mikroorganismer mm.

Med ett varmare klimat väntas vittringshastigheten i marken öka. Även faktorer som ökad nederbörd och längre växtsäsong påverkar vittringshastigheten. I samband med vittringen frigörs baskatjoner som har en viktig uppgift som motvikt (buffrande förmåga) till försurning (Magnusson, 2009).

#### **4.1.4 Mykorrhiza**

Mykorrhiza är symbiosen (samarbetet) mellan en svamp och växternas rötter. Svampen ger trädet vatten och mineralnäring och trädet förser svampen med kolhydrater. Mykorrhizasvamparna är i det närmaste beroende av kolet som de får från växternas fotosyntes medan trädet är beroende av mykorrhizan för att kunna tillgodogöra sig markens näring. Främst är det kväveupptaget som underlättas (Kårén, 1997). Störningar, som stormar eller avverkningar, utgör avbrott i symbiosen och kan tillfälligt verka produktionsnedsättande innan samspelet i marken återuppbbyggs med den nya generationen skog. Men forskning visar även på att det under långa omloppstider kan råda det motsatta förhållandet att mykorrhizan får mer kol i utbyte av trädet än den ger tillbaka i form av kväve och på så sätt verkar hämmande på tillväxten (Näsholm, m.fl. 2014).

En viktig faktor i skogar med lång kontinuitet kan vara förekomsten av mykorrhizasvampar som bidrar till ett stabilt kollager. Mykorrhizan i sig samspelar med trädens rötter och för kolhydrater till sin uppbyggnad och förser i gengäld trädet med näringsämnen. I den processen blir koldioxid en biprodukt som frigörs till atmosfären. Utan mykorrhizan blir tillväxten väsentligt lägre och trädens upptag av koldioxid minskar. Förhållandet är ännu inte helt kartlagt men mykorrhizan är viktig för vittringen av skogsmarkens mineraler och påverkar därför beståndets tillväxtmöjligheter och beståndets möjligheter att tillgodogöra sig markens kväve som annars riskerar läcka ut och bidra till växthuseffekten. Uppskattningar som gjorts är att 50-70% av kolet bundet i marken kommer från rötter och mykorrhiza (Wallander, 2013).

Träkol har en mycket långsam nedbrytning i marken, kolet binds under mycket lång tid. Biokol diskuteras ofta idag som ett sätt att mildra växthuseffekten och kompensera koldioxidutsläpp. Det finns forskning

(Nilsson, 2008) som visar på vissa tveksamheter i beräkningarna när det gäller kolinlagringens klimatroll när det gäller skogsmark. Träkol bidrar till gynnsam miljö för ökad mängd bakterier och svampar. Dessa i sin tur påskyndar nedbrytningsprocessen i marken för att kunna växa. Det leder till att kol som legat bundet i marken frigörs och kommer ut i atmosfären igen.

## 4.2 Marknära Ozon

Ozon ( $O_3$ ) är en nödvändighet för det liv vi känner till på jorden. Ozonskiktet i stratosfären fungerar som ett filter mot UV-strålningen som annars skulle nå markytan med stora skador för växt och djurlivet som följd. Ozon i atmosfären närmast jorden fungerar, tvärt emot koldioxid, som ett rent skadligt ämne på såväl djur som växter. Dessutom är det en växthus gas med en uppvärmande effekt. Marknära ozon bildas ur kemiska reaktioner mellan kväveoxider ( $NO_x$ ), kolmonoxid (CO) och kolväten (ex metan,  $CH_4$ ). Industrialiseringen har genom utsläpp av växthusgaserna kväveoxider, metan och kolväten skapat förutsättningar för bildandet av ozon. Rationaliseringen av jordbruket påverkar också utsläppen av främst metan. De senaste hundra åren har mätningar indikerat på en 90 % ökning av ozonhalten i atmosfären. Sambandet mellan ozon och klimatförändringarna är komplex. Metangas bildas vid nedbrytning i syrefattig miljö. Metangas är 23 gånger så stark växthusgas som koldioxid. Ofta diskuteras metangas i Sverige i samband med dikade myrmarker eller som problem med fisande växtätare. Metangas som kommer ut i atmosfären omvandlas i det långa loppet till koldioxid och i den reaktionen kan även bildas marknära ozon. Ozonet är inte lika stark växthusgas men har istället andra ohälsosamma effekter på levande organismer (Simpsson, 2013).

Ozonet påverkar växter negativt både genom direkt exponering i luften och genom upptag av ozon i klyvöppningarna. Påverkan är direkt synlig på vissa växter med skador som prickar eller fläckar på bladen. Det är flera utomstående faktorer som påverkar hur ozonet skadar. I norra Europa med ett relativt fuktigt klimat och långa sommarkvarnar kan upptaget av ozon genom klyvöppningarna bli större än i ett torrt klimat med högre ozonhalt men mindre öppna klyvöppningar (Pleijel, H. 2014). Skördeförlusterna på grödor kan globalt vara 3-20 % på grund av ökade ozonhalter. I Europa beräknas avkastningen på vete minska med 13 % p.g.a. av förhöjd ozonhalt. Detta motsvarar ca 3 miljarder Euro (Simpsson, 2013).

På träd är det svårare att idag dra slutsatser p.g.a. de långa omloppstiderna. Ozonen påverkar både löv- och barrträd negativt. Ozonet påverkar klorofyllhalten i barren och står för ett för tidigt åldrande. Barrskadade av höga ozonhalter eller luftföroreningar faller av trädet i förtid. På gran kan det handla om att trädet behåller barren i 4-6 år istället för 6-10 år vilket medför tillväxtförluster. På tall gör ozonet att barren tappas efter 2-3 år istället för som normalt 3-4 år. Exponeringen för ozonet är beroende av skogens läge. Exempelvis höjdlägen och kanter är mest utsatta (Petersson, 2008). Det är främst de äldre barren som påverkas, medan årsbarren inte uppvisar samma negativa respons vid ozonexponering. I reella tal skulle en förhöjd ozonhalt kunna motsvara en löpande tillväxtsänkning av gran på 2 %. Över en omloppstid innebär det en tillväxtminskning på ca 11 %. Lövträd påverkas direkt genom ett snabbare åldrande av löven av höga ozonhalter medan barrträd påverkas under längre tid. (Karlsson, m.fl. 1998).

Enbart minskade kväveoxider från biltrafik och industrier skulle kunna minska bildandet av ozon med följd att metankoncentrationen riskerar att öka på kort sikt. En kombinerad minskning av metan och kväveoxider skulle gynna tillväxt i både jord och skog samt hälsa hos djurlivet (Simpsson, 2013).



# 5 Skogsskötsel

## 5.1 Skogsskötsel i ett förändrat klimat

För att kunna göra anpassningar i skogsskötseln med tanke på framtida klimatförändringar krävs det att göra val gällande olika åtgärder. Vissa åtgärder är nödvändiga för att förebygga skador, medan andra syftar till att optimera produktionen. Samtidigt ska hänsyn tas till naturvärden och åtgärder göras för att öka härligheten i skogen.

Vilka trädslag är lämpliga på min ståndort och vilka passar i olika blandningar? Hur ska jag föryngra och med vilken intensitet och vid vilken tidpunkt ska jag röja och gallra? Eller ska jag inte gallra alls? Finns det några enkla medel att göra det roligt för barnen att vistas i skogen? Vågar jag satsa på god timmerkvalité och avverka när träden nått hög ålder eller ska jag korta omloppstiderna för att minska risken för stormfällning? Vad ska jag tänka på vid helträdsuttag? Kan jag gödsla i min skog och hur ska jag tänka om askåterföring? Hur ska jag göra för att bevara de gamla träden och öka rekreationsvärdet?

Härlighetshöjande åtgärder

Produktionshöjande åtgärder

Skadeförebyggande åtgärder

Figur 1. Skogsskötselåtgärder för ett långsiktigt hållbart skogsbruk.

## 5.2 Skogsskötselåtgärder

En anpassning till ett förändrat klimat innebär också att val görs mellan olika strategier för att inrätta skogsbruket efter klimatförändringar. Ett extensivt brukande kan innebära att åtgärder görs mer sällan och inte i lika stor omfattning. Ett intensivt brukande kan nyttjas på vissa marker för att koncentrera produktionen och också uppnå en hög avkastning.

Idag är trakthyggesbruket den dominerande skogsskötselmetoden, men ett förändrat klimat innebär förmodligen en viss ökning av andra

metoder. Föryngringsfrågan är viktig oavsett vilken metod som brukas. Vid trakthyggesbruk finns större möjligheter att påverka plantmaterial. Trädslag och proveniensval kommer att spela en stor roll vid en anpassning till ett förändrat klimat. Betydelsen och behovet av att använda förädlad material kommer sannolikt att leda till mer skogsodling och mindre självföryngring.

Naturliga blandskogar är bäst anpassade till klimatförändringar (Lindner, 2007). Blandskogar har även andra fördelar med hänsyn till motståndskraft för röta, stormskydd, brandtolerans, mat för det vilda, mängden död ved och biologisk mångfald. Forskning visar att blandskogar kan producera lika mycket som monokulturer, samtidigt som fler ekosystemtjänster kan produceras (Klingström, 2013).

### 5.2.1 Föryngring

Valet av förädlad material är en viktig faktor för att nyttja den ökade produktionspotentialen. För att behålla ett stabilt ekosystem krävs också att man säkerställer en hög genetisk variation, vilket också bör tas i beaktande i valet av trädslag och proveniens. Liksom att träden har en hög anpassningsförmåga till förändrade förutsättningar. Svensk skogs-trädsförädling har beredskap med träd som testas i både dagens och morgondagens temperatur (Mossing, 2013).

En ökad temperatur ger en ökad spontan självföryngring, framförallt för trädslag som har svårt att självföryngra sig idag (Eriksson, 2007). Frekvensen av kottår förväntas öka. Naturlig föryngring kan framförallt nyttjas för att få en lövinblandning i barrbestånden och öka riskspridningen. Plantorna får en bättre rotetablering vid sådd. Manuell eller maskinell sådd ger samma effekt och bör göras tidigt och kombineras med markberedning. Åtgärden görs på torra och friska marker och alltför näringsrika marker bör undvikas. Sådd leder i regel till en mer intensiv röjningsinsats.

Det är viktigt med en snabb etablering av plantorna, liksom att skydda plantorna mot viltbete och andra skadegörare. Vi kommer troligtvis att se mer av utvecklade skydd för olika skadegörare. Konkurrensen från hyggesvegetationen kommer troligtvis att öka, vilket innebär ett högre krav på markberedning och tidig plantering. En ökad frostrisk ställer högre krav på tidig planering av föryngringen om man vill lämna skärmträd för att motverka frostsador i utsatta områden. Proveniensval kan vara nödvändig för att få senare skottskjutning för att undvika tidiga försommarfroster.

### **5.2.2 Röjning, gallring och föryngringsavverkning**

Vid röjning och gallring blir fokus att få en hög produktion genom tidiga insatser samtidigt som inriktningen är att få fram en skog med friska träd och en större blandning av trädslag. Tänk på att det är lättare att sköta blandskog där trädslagen är samlade i grupp än när de är stamvis blandade (Mossing, 2013). En ökad blandning kan leda till mer stormsäkra bestånd, en minskning av risken för snöbrott och skadegörare samt en mer attraktiv skog att vistas i.

Vid ett förändrat klimat förmodas viltbetetrycket öka. Vid röjningar och tidiga gallringar kommer det att bli av största vikt att hänsyn tas till att minimera skador på beteskänsliga trädslag samt att skapa områden där viltet kan få beta smakliga trädslag, som sälg, rönn och redan betade träd.

För att minimera risken för körskadorna på kvarstående trädets rötter vid avverkning kommer det vara än viktigare att risa vägarna i skogen, liksom att stubbehandling sker vid avverkningstillfällena. Även röjningsåtgärder kan vara inkörsport för rotröta. Så små röjstubbar som 2 cm kan infekteras och sprida rötan vidare. Utför helst förröjning av gran vintertid (Mossing, 2013).

Med glest planterad gran och tidigarelagd föryngringsavverkning utan gallring kan totalproduktionen bli högre och du som skogsägare få samma ekonomi som vid konventionell skötsel. Risken för storm, kör- och granbarkborreskadorna minskar, men möjligheterna för rekreation och landskapsbilden påverkas negativt (Bergh, 2012).

### **5.2.3 Avverkning och skötsel**

Spara alltid några träd i samband med avverkning. Även evighetsträd, eller ännu hellre grupper av hänsynsträd, bidrar till att mykorrhizasvampars mycel fortlever in i det efterföljande beståndet (Dahlberg, 2011). Livet under marken är inte lika lätt att se och förstå, men spelar en oerhörd roll för skogen och påverkas av skogsskötselåtgärderna, där svampar, bakterier och andra mikroorganismer antingen kan stärka eller motverka trädets produktion och hälsa.

### **5.2.4 Reflektioner skogsskötsel**

Det finns mycket som påverkar en uthållig produktion och vi vet inte hur stora klimatförändringarna kommer att bli. Genom att gardera sig för framtiden och inte förstöra sådant som inte går att återställa eller att förlora för mycket produktionsförmåga, kan i stället framtida valmöjligheter



bibehållas. Tänk också på att det är i de tidiga åtgärderna du påverkar hela beståndets sammansättning.

Det kommer att bli viktigt att vara aktiv och ta hand om skadad skog i ett tidigt stadium, avlägsna stressade och känsliga träd och trädslag. Underhåll av skogsvägar och diken samt broar blir av stor vikt vid ett förändrat klimat med högre nederbörd och mindre tjäle. Tänk noga igenom planeringen av bäriga basvägar, temporära och fasta överfarter vid vatten. Ny teknik och nya planeringsinstrument kommer att bli nödvändiga, liksom ett utvidgat samarbete grannar emellan.

## **5.3 Skogsskötselmetoder**

Dagens skötselmetoder syftar till att få en frisk skog med hög produktion där olika ekosystemtjänster kan nyttjas och bevaras. Vid valet av skogsbruksmetod finns idag en rad olika begrepp (trakthyggesbruk, Lübeck-modellen, naturkultur, blädning, hyggesfritt skogsbruk, kontinuitetsskogar mm). Vi beskriver här två metoder; trakthyggesbruk, där kalhyggen används och kontinuitetsskogsbruk. I praktiken är det viktigt att inte tänka antingen eller, utan att veta var de olika metoderna passar bäst och anpassa sitt brukande efter sina egna och markens förutsättningar där skogsägarens mål och intresse är av största vikt.

### **5.3.1 Trakthyggesbruk**

Metoden är ett skogsbrukssätt där skogens föryngringsavverkning sker inom bestämda områden där homogena bestånd har eftersträfvats avseende diameterfördelning, höjd, trädslag och ålder. Därefter sker återbeskogning från en kal yta genom plantering, sådd eller naturlig föryngring under kvarlämnade fröträd. Skogen sköts sedan med röjningar och en eller flera gallringar innan det återigen är dags att avverka de mogna träden. Föryngringsavverkningen vid ett trakthyggesbruk efterliknar en stor naturlig störning, såsom en stor brand eller en storm där merparten av alla träd faller.

#### **5.3.1.1 Möjligheter och risker**

Metoden är väl beprövad och känd bland skogsbrukare. Virkesproduktionen är hög och avverkningsmetoderna rationella och kostnadseffektiva. Det finns en etablerad marknad och industri som är anpassad efter ett skogsbruk med trakthyggesbruk. Det finns även väl utvecklade planeringssystem med olika skogsbruksplanprogram, som är anpassade efter den här metoden.

Vid användandet av anpassat och förädlat plantmaterial kan produktionspotentialen nyttjas bättre än vid naturlig föryngring och möjligheten att styra trädslagsval är stor. Möjligheterna att föryngra med primärrädslog, som björk och tall förbättras, då ljustillgången blir större än vid ett kontinuitetsskogsbruk. Med möjligheter till markberedning kan mer näring frigöras. För skogsvårdsåtgärderna finns väldefinierade hjälpmedel, som bygger på gedigen forskning. Även uppföljningsrutiner och skadeförebyggande åtgärder har utvecklats under en relativt lång tid och är väl beprövade i fält. Antalet tillfällen då maskiner måste ut i marken kan hållas på rimliga nivåer.

Trakthyggesbruk skapar ett landskap med hyggen och likartade planteringar där många arter har svårt att finna livsmiljöer. Dessutom ger det negativa effekter för en mängd andra näringar och verksamheter, som turism, rekreation och renskötsel.

Stora förändringar, som en föryngringsavverkning, är negativt ur upplevelsesynpunkt. Avsaknad av spår från störningar (t ex avverkningar), tillgång på grova träd, öppna och glesa bestånd, god markvegetation och hög artrikedom ger enligt de flesta en estetiskt vacker skog. Mot den bakgrunden kan man säga att det produktionsinriktade skogsbruket med fokus på barrträdsproduktion och korta omloppstider inte skapar skogar som tillfredsställer människors rekreationsintressen. (Oleskog, m.fl. 2008).

När stora ytor kalhuggs skapas kanteffekter för den omkringliggande skogen. Träd som stått inne i en tät skog utsätts plötsligt för stark sol- och vindexponering, vilket kan leda till stormfällning eller nedsättning av trädens kondition och därmed större risk för skadeangrepp. På frostkänsliga områden kan stora kala ytor skapa svårigheter för plantor att etablera sig. Utan markberedning kan vegetationen utgöra en stor konkurrens för trädplantorna. Översvämningar kan drabba hyggen, då grundvattennivåer blir högre i samband med stora kala ytor. Läs mer om olika skaderisker under kommande kapitel.

### **5.3.2 Kontinuitetsskogsbruk**

I ett kontinuitetsskogsbruk finns alltid träd kvar och marken läggs aldrig kal på stora områden. Det sker genom att det hela tiden finns träd i alla skikt och storleksklasser eller genom att spara grupper eller skärmträd och avverka mogna träd kontinuerligt.

Det är framförallt en metod som passar skuggfördragande trädslag som gran och bok. Det kräver kunskap och engagemang, då åtgärderna

är ofta återkommande. Förutom i gran- och bokskogar passar metoden bra på: Produktiv hållmarkstallskog, sandtallskog, sumpskog, kalkbarrskog, lövskogslund, tätortsnära skog och skog som gränsar till zoner för värdefulla vattendrag (Bengtsson och Rosell, 2012).

#### **5.3.2.1 Möjligheter och risker**

Skogen kan upplevas som mer positiv att vistas i då inga kalhyggen finns. Grundvattennivån hamnar på en mer stabil nivå när inga stora ytor kalhuggs och risken för uttransport av näringsämnen och ibland även skadliga ämnen minskar. Snytbaggeangrepp minskar och konkurrerande vegetation i samband med föryngring dämpas. Kvarvarande träd minskar risken för frost och kan underlätta etablering av mer frostkänsliga trädslag. Etableringen underlättas där den naturliga föryngringen lyckas och kan då utföras till en låg kostnad. På fuktigare marker kan det vara ett sätt att motverka stora variationer i vattentillgång och avrinning. Vidare kan det minska problemen som ett hyggesbruk medför för den biologiska mångfalden på sådana marker och i anslutande vattendrag. Arter som är känsliga för uttorkning behöver ett förstärkt skydd i och med att risken för sommartorka ökar med tiden. På vissa områden kommer det förändrade klimatet att kräva en annan metod än den idag gängse.

Den biologiska mångfalden och mykorrhizasvampar gynnas. Hänglavar och barklevande lavar, mossor knuta till äldre skog och en del kärlväxter, bland annat skogslevande orkidéer samt skogsmesar föredrar ett brukningssätt där kontinuiteten prioriteras. Mycel av mykorrhizasvampar kan fortleva på rotsystemen av träd som lämnas vid avverkning och gör att skogens mykorrhizasvamparter kommer att finnas kvar i skogsbeståndet (Dahlberg, 2011).

Både ekologiska och kulturella värden skulle sannolikt gynnas (Oleskog, m.fl. 2008). Kulturlämningar kan bättre beskådas och bevaras då mindre hyggesvegetation förekommer, ungskogsfasen uteblir och att normalt ingen markberedning sker som kan skada kulturlämningarna. Virkeskvaliteten kan bli bättre om gran får växa upp under skärm. Kvisarna blir klenare och veddensiteten ökar. Naturlig föryngring under fröträdsställning kan också ge bättre kvalitet av tallar jämfört med de som planteras. Helst bör skärmen bevaras under en lång tid.

I ett kontinuitetsskogsbruk är det framförallt granen som gynnas. I de södra delarna av landet kan även bok bli aktuell. Då granen redan idag ökar på bekostnad av andra trädslag går vi mot en väldigt stor dominans av ett enda trädslag och en ökad risk med en så ensidig satsning.

Analysen tyder även på att kontinuitetsskogsbruk innebär ekonomiska förluster jämfört med trakthyggesbruk. (Oleskog, m.fl. 2008). Produktionskalkyler i rena tall- och granbestånd visar på en produktionsminskning på ca 20 % jämfört med konventionellt trakthyggesbruk. Det finns även en risk att för stora uttag vid avverkningstillfällena kan leda till produktionsbortfall på lång sikt. Förlusterna i volymproduktion blir betydande vid långtidsbevarande av skärmträd för att uppnå en högre kvalitet. Om enbart naturlig föryngring används uteblir fördelarna med att använda förädlad plantmaterial. Den naturliga föryngringen kan därför kombineras med plantering.

Vid varje avverkning i ett kontinuitetsskogsbruk skapas nya stubbar och en del avverkningsskador, som kan bli inkörsport för rotröta. Även i en skärmställning kan avverkningsskador bli en inkörsport för rötan (Vollbrecht, 1994). När det gäller storm är det generellt så att virkesrika äldre (höga) skogar samt nygallrade och/eller sent gallrade skogar löper högre risk att vindskadas (Persson, 1975). Avverkning i gammal gran-skog ökar även risken för granbarkborreangrepp.

Samtidigt som bärigheten kommer att minska med ett blötare och varmare klimat innebär fler återkommande åtgärder i skogen en större risk, då maskiner oftare måste köra i skogen.

Planeringsarbetet för åtgärderna i skogen försvåras då det ställs högre krav på detaljkunskap för aktuella områden och vedertagna planeringsinstrument-/program saknas. Det finns även risk att naturvärden missgynnas.



## 5.4 Trädslag

### Fenologi

Läran om hur årstidernas växlingar påverkar blomningstider, lövsprickning, fruktmognad, fröspridning, lövfällning mm.

Förutom att beskriva naturens tidsmönster försöker fenologer förstå vad som styr dem och vad som händer om dessa mönster förändras.

Växter och djur använder ofta temperatur- och ljusförhållanden som tecken för när de ska börja växa, para sig eller gå in i vintervila. Den pågående klimatförändringen innebär bland annat att det blir varmare på jorden och därmed förändras de system som växter och djur använder för att reglera sin årscykel. Störst utmaning kommer detta att vara för växter, eftersom de inte kan flytta sig utan måste leva med de förhållanden som råder på deras växtplats. Många växter är dessutom beroende av insekter för pollinering och av fåglar för fröspridning. Vi vet i dagsläget väldigt lite om hur dessa samspel mellan insekter, fåglar och växter kommer att påverkas av klimatförändringen.

Dagslängd och lufttemperatur samt det genetiska arvet påverkar knoppsprickning och skottskjutning på våren hos träden (Eriksson, 2007). Tidigare knoppsprickning och skottskjutning har större betydelse för produktion hos lövträd än hos barrträd. Detta kan ge en ökad fotosyntesproduktion, men även en ökad risk för frostsador. Trädslag med hög barr/bladmassa är troligen känsligare mot minskad nederbörd under sommaren. Tall och ek har generellt bättre torktålighet än gran och de flesta övriga lövträd. Det är framförallt nattlängden som styr plantans invintring på hösten. De vuxna träden vet man mindre om. Både gran- och tallplantor med nordlig härkomst invintrar vid en kortare nattlängd jämfört med plantor med sydlig härkomst (Essen von, 1995). Det är viktigt att hitta en bra balans mellan god tillväxt och tillräckligt tidig invintring för att minimera frostriskerna.

Studier visar att träden redan börjat anpassa sig till ändrade klimatförhållanden och en högre CO<sub>2</sub>-koncentration, både på individuell nivå och populationsnivå (Koskela, m.fl. 2007).

Genetiska variationen av skogsträd spelar en stor roll för förmågan att upprätthålla motståndskraften i skogarna mot de framtida hoten, men också att utnyttja möjligheterna. De olika trädarterna visar upp en stor skillnad i sin anpassningsförmåga, men det finns genetiska begränsningar i förmågan till anpassning. Vissa trädpopulationer är allvarligt hotade till följd av klimatförändringar. Mänskliga aktiviteter kommer sannolikt att krävas för att underlätta trädens anpassningar till ett förändrat klimat.

### 5.4.1 Trädslagsval

Den traditionella skogsnäringen bygger på tall och gran och idag finns en etablerad marknad för dessa trädslag. Marknaden för svenskt lövträ är inte alls lika utbredd som den för svenskt barrträ. Avsättningsmöjligheterna varierar också i landet. Att sprida riskerna och utnyttja möjligheterna är dock viktigt i samband med anpassning av sitt skogsbruk i ett förändrat klimat. Vi kan även anta en utveckling av nya produkter och på så sätt en ökad användning av fler trädslag. Vid plantering av de ädla lövträden (ek, lönn, lind, bok, ask, alm, avenbok och fågelbär) ska även beaktas de speciella regler som gäller för ädellövsskogsbruk, vilka regleras i Skogsvårdslagen.

Många länder har överfört monokulturer till blandade skogar med mycket löv, då dessa är mindre känsliga för förändringar (Lindner, 2007). I valet av trädslag med hänsyn till framtida klimatförändringar bör inga drastiska förändringar göras. En ökad inblandning av andra trädslag i våra granmonokulturer är ett bra första steg i anpassningen. Beakta alltid ståndorten och de lokala klimatförhållanden när du väljer att prova något nytt samt risken för trädslagsspecifika skadegörare som ett förändrat klimat medför. Undvik torkkänsliga trädslag på potentiellt torra marker. Vid val av frostkänsliga trädslag bör fördelarna med skärmställning nyttjas liksom att utnyttja topografin på bästa sätt genom att välja högre belägna marker och undvika de låglänta.

### 5.4.2 Kommersiella trädslag

#### 5.4.2.1 Gran (*Picea abies*)

Gran kan odlas i hela landet. De trivs bra på näringsrika marker med rörligt grundvatten. Granens förmåga att anpassa sig till ett förändrat klimat är starkt beroende på den lokala ortens vattenförhållanden. Under regnfattiga somrar minskar granarnas tillväxt främst på torra växtplatser. Hård torka kan till och med leda till att granarna ställvis torkar på rot.



Detta fenomen förvärras om torkan fortgår under flera år. Man kan dock se en snabb återhämtning av granens tillväxt när nederbörden ökar. Varma vintrar gör att trädet förbrukar sitt näringsförråd, vilket minskar tillväxten följande sommar ([www.metla.fi](http://www.metla.fi)). Torka kan även leda till barkborreskador. Milda vintrar gör att risken för att granen ska drabbas av rotröta ökar.

Planteringar av gran är känsliga för vårfrost, men är relativt tåliga när de väl etablerats. Gran är också känslig för stormfällning och snöbrott. Skaderisken ökar med ökad beståndshöjd, vilket i ett förändrat klimat kan innebära kortare omloppstider och för tidig ofrivillig avverkning (Eriksson, 2007).

En stor andel gran i våra skogar upplevs många gånger negativt ur rekreationssynpunkt. Om träden inte heller tillåts bli grova och långa kan detta missgynna värdet för de skogsägare som vill satsa på upplevelsevärden såsom jakt, turism och rekreation.

Föryngringskostnader är låga och granen tål ett högt villtryck. Produktionspotentialen kommer förmodligen fortsatt att vara stor för granen i hela landet. Vattentillgången i Norrland kommer att vara relativt oförändrad. Detta i kombination med ökad vegetationsperiod innebär att granen framförallt gynnas där. I Götaland och Svealand bör man däremot tänka på att plantera gran där möjligheter till god vattentillgång finns och undvika områden, med risk för långvarig torka.

#### **5.4.2.2 Tall (*Pinus silvestris*)**

Tallen är ett utpräglad pionjärträd. Dess framtid i ett förändrat klimat råder det delade meningar om, biologer menar att tallen kommer att minska, medan plantskoleföreträdare ser att tallen kommer att klara sig mycket bra under varmare förhållanden (Kellomäki m.fl., 2001). I de områden med hög förväntad andel sommartorka kommer troligtvis tallens produktionsförmåga att öka i förhållande till andra trädslag, då tallen är tålig mot både torka och frost. Tallen är också brandhärdig och relativt stormtålig.

Tallen är dock viltskadekänslig och speciella åtgärder är viktiga att göra för att skydda tallen vid etablering. Risken för att tallen drabbas av rotröta ökar med ett mildare klimat. Det finns även en större risk att tallen drabbas av fler skadesvampar, men även möjligheten att ett mildare klimat missgynnar vissa svampar, såsom snöskytte (*Phacidium infestans*). Stormkänsligheten hos tall är något mindre än den för gran. Se mer under kapitel 7 (skadepåverkan).

#### 5.4.2.3 Björk (*Betula spp*)

Björkens potential till samodling med framförallt gran, gör det troligt att björken kommer att öka i omfattning. Även den ökade produktionspotentialen med något tidigare igångsättning på våren gör björken till ett trädslag som gynnas. För att anpassas till ett förändrat klimat kan förädling med sydligare provenienser bli aktuellt. Även björken förväntas öka sin produktion mest i norra Sverige.

Björken tål väderextremer bra, framförallt kyla, men kan drabbas hårt av långvarig torka. Köldtåligheten kommer sig av förmågan att i grenarna omvandla stärkelse till olja, som kan utveckla värme vid frysning. Även en bra tålighet mot luftföroreningar är vanlig. Vid odling av björk är såväl tillräcklig ljustillgång som tidig röjning och gallring viktig för optimal utveckling. Björken växer inte bra i skugga under andra träd och det är viktigt att rotsystemet får utvecklas i tidig ålder för bra vindstabilitet och optimalt näringsupptag (Schütt m. fl., 2006). Man kan även utvinna nyttig björksav tidigt på våren.

#### 5.4.2.4 Klibbal (*Alnus glutinosa*)

Alen är mycket ljus- och vattenkrävande och har även en hög transpiration. Utbredningen av klibbalen är starkt temperaturberoende, vilket gör att den förmodligen kommer att kunna odlas längre norrut (Schütt m. fl., 2006). Rötterna har en snabb tillväxt i ungdomen och i övrigt ett starkt rotsystem, vilket gör den mindre utsatt för stormfällning. Alens kvävefixerande förmåga gör den lämplig som amträd till andra trädslag, som kan komma i en andra generation om de är ljuskrävande eller direkt under om de klarar skugga. Den har heller inte samma tendens som björken att piska de samväxande träden. Alen är relativt viltbeständig, vilket gör att den kan klara ett högt vilttryck. Alens förmåga att växa i väldigt blöta områden kommer sig bland annat av dess förmåga till sockelbildning (Almgren, 1990).

#### 5.4.2.5 Gråal (*Alnus incana*)

Gråalen kan växa på torra och magra marker även om produktionen inte är hög, den har heller inte samma fuktighetskrav som klibbalen. Den tål både torka och hetta. Gråalen är mer frosttålig än klibbalen och kan således rekommenderas på frostutsatta lokaler. Gråalen tål pH-värden i marken på ner till 4 utan att det negativt påverkar tillväxten (Ericsson och Lindsjö, 1981). Gråal har lägre krav på temperatur och vattentillgång

än klibbal men tål inte i samma utsträckning stående vatten med begränsad tillgång på syre.

Båda alarterna är pionjärträd och därmed ljuskrävande. De kräver därför en tidig friställning för att kunna utvecklas till grova träd.

#### **5.4.2.6 Asp (*Populus tremula*)**

Aspen är väldigt ljuskrävande och växer på de flesta marker. Lövsprickningen är starkt temperaturberoende, vilket gör att den förmodligen kommer att gynnas av ett varmare klimat genom att den kommer igång tidigare på våren. Aspen har ett flackt rotsystem, vilket gör att den blir känslig för starka vindar. Den kan även drabbas av stambrott vid stormar (Almgren, 1990). Vid ett skogsbruk inriktad på hög och snabb produktion kan hybrid Aspen vara ett bra alternativ. Båda arterna är dock känsliga för viltbetning.

#### **5.4.3 Ädellövträd**

De ädla lövträden utgör en relativt liten andel av vårt totala virkesförråd. Några av dessa trädslag kommer troligtvis att gynnas av ett förändrat klimat, andra får det svårare, då de redan drabbats av nya skadegörare. Virkesegenskaperna är goda och spänner över en stor variation. Där emot är marknaden liten, vilket kräver god kännedom om bästa avsättningsmöjligheter.

##### **5.4.3.1 Ek (*Quercus robur*)**

Eken kommer att gynnas vid ett varmare klimat och bör kunna odlas med en kortare omloppstid. Eken förekommer naturligt i ett brett område, alltifrån kustnära trakter till ett mer kontinentalt klimat. Eken är dock relativt känslig för viltskador i etableringsfasen och lever i symbios med många olika mykorrhizasvamparter, vilka kan missgynnas av ökade kvävenivåer (Lindh och Finlay, 2001). Ekvirket är eftertraktat och mycket användbart i olika produkter.

##### **5.4.3.2 Bok (*Fagus sylvatica*)**

Boken styrs inte så mycket av lufttemperatur vad gäller knoppsprickning och skottskjutning. Den styrs främst av dagslängd (Eriksson, 2007). Bokens utbredningsområde begränsas starkt av dess dåliga frosttålighet (Schütt m. fl., 2006). Den styrs även av behovet av vinterkyla, vilket gör att boken blir mer utsatt för frostrisk på våren vid en temperaturökning

(Falk, 2004). Den trivs i ett relativt varmt klimat, men kräver också ganska god vattentillgång. Boken utnyttjar ljuset väldigt effektivt, vilket gör att den konkurrera bra i skugga – i likhet med granen. Rotsystemet är stabilt och boken kan växa på de flesta marker. Virket är värdefullt och mycket användbart, men saknar avsättningsmöjligheter i Sverige idag.

#### **5.4.3.3 Lönn (*Acer platanoides*)**

Man kan hitta lönnen i ett spektrum av skogstyper som periodvis översvämmas, men den kräver väl-dränerad jord. Lönnens rötter tillhör de mest syrekrävande bland träden. Rötterna växer också under mycket lång tid, då de klarar av låga temperaturer (2 grader jämfört med bok 4,2 ). Lönnen klarar skugga i ungdomen, men behöver mycket ljus när den blir äldre. Den trivs med varma somrar, men är ändå relativt frost-tålig. Det stabila rotsystemet gör lönnen lämplig i stormutsatta områden (Schütt m. fl., 2006).

#### **5.4.3.4 Alm (*Ulmus glabra*)**

Alm behöver kyla för knoppsprickning. Uteblir kylan krävs mer värme för knoppsprickning. Ursprunget är också viktigt. Träd med mer nordlig



härkomst kräver mer kyla för knoppsprickning. Almar har ett djupt rotsystem och är stormtåliga. De går utmärkt att beskära. Risken är påtaglig att klimatförändringar eskalerar spridningen av almsjuka. Träd med tidig knoppsprickning på våren och sydligt ursprung löper lägst risk att bli smittade av almsjukan (Black-Samuelsson och Ghelardini, 2007).

#### **5.4.3.5 Ask (*Fraxinus excelsior*)**

Asken ställer höga krav på växtplatsen och är mycket frostkänslig. Tillväxtmöjligheterna är stora under rätt förutsättningar och resistens mot askskottsjukan. Asken klarar skugga i ungdom, men kräver mycket ljus vid mogen ålder. Balansen mellan kväve och fosfor samt tillgången på kalium påverkar invintringen, vilket i sin tur påverkar överlevnaden på toppskotten (Almgren m. fl., 1984). Liksom almen har askar med tidig knoppsprickning bättre chans att stå emot askskottsjukan (Rydberg, 2013).

#### **5.4.3.6 Lind (*Tilia cordata*)**

Linden förekommer endast i ringa omfattning i Sverige idag, men gynnas av ett varmare klimat. Självföryngringsförmågan ökar och frösättningen blir stabilare. Linden är ett av få trädslag som pollineras av insekter. Stormfastheten är god och linden är inte speciellt frostkänslig (Almgren m. fl., 1984).

#### **5.4.3.7 Fågelbär (*Prunus avium*)**

Fågelbär kan växa på de flesta jordar men bör odlas på näringsrik och djup jord där rörligt vatten finns. Det är ljuskrävande vid mogen ålder, men kan klara skugga i ungdomen. Fågelbär verkar inte vara särskilt känsligt för varierande pH-situationer i marken. Det är en typisk pionjärträdart som etablerar sig i luckor och växer snabbt i ungdomen. Arten har ett platt rotsystem varför den inte rekommenderas på vindutsatta områden (Löf m. fl., 2009). Fågelbäret är relativt frostkänsligt.

#### **5.4.3.8 Avenbok (*Carpinus betulus*)**

Avenboken härstammar från centrala Europa och finns i nästan hela Europa förutom längst i norr och söder. Den växer på många olika typer av jordar. Den tolererar varma somrar, men klarar även av kalla vintar. Bladen bryts lätt ned och bidrar till markförbättring. Den växer bra i blandning med andra trädslag och är viktig för många fåglar och däggdjur. Virket är hårt och tungt, men det är bränslemarknaden som är den huvudsakliga köparen. Veden har det högsta bränslevärdet per volymenhet av de svenska trädslagen.

#### 5.4.4 Uppstickare

En del av nedanstående trädslag har provats under längre tid i Sverige och det finns samlad kunskap. Andra är mer oprövade kort, men skulle kunna passa att odla i Sverige vid ett ändrat klimat. För främmande trädslag på skogsmark gäller alltid försiktighet och speciell hänsyn till risker och vid plantering på mer än ett halvt hektar gäller anmälan till Skogsstyrelsen. Plantering av främmande trädslag är inte tillåten i fjällnära skogar och på certifierade marker finns det restriktioner för hur stor andel av dessa, som får förekomma. För odling av t ex poppelflis på jordbruksmark gäller andra regler om omloppstiden är maximalt 20 år. Tänk på att samråda med Länsstyrelsens naturvårdsenhet enligt 12kap 6 § miljöbalken.

##### 5.4.4.1 Poppel (*Populus spp.*)

Poppel är ett snabbväxande trädslag och har odlats, om än i begränsad skala, på goda skogsmarker eller nedlagda jordbruksmarker. Virkesproduktionen är hög och poppeln skulle troligtvis gynnas av ett varmare klimat. En viktig faktor för överlevnad är markbehandlingen innan etableringen. Poppel kräver mycket vatten, men klarar inte stillastående vatten och de kräver mycket ljus. Framförallt höstfroster kan bli ett problem, då poppeln invintrar sent och poppeln är relativt viltkänslig. (Rytter m.fl, 2011). Poppelflis är en bra produkt för fliseldning. Generellt sett har popplar i Sverige idag problem med klimatisk anpassning och kan vara känsliga för diverse allvarliga svampsjukdomar (Fahlvik m.fl., 2009).

##### 5.4.4.2 Lärk (*Larix spp*)

Det är framförallt två arter som planteras i Sverige. Hybridlärken i södra och mellersta Sverige och den sibiriska lärken, som har en mer nordlig utbredning. Lärk har blivit ett populärt trädslag och kan gynnas av ett varmare klimat. Tänk dock på att lärken är utsatt för frostrisk. Lärken är mycket känslig för rotröta. Den kan med fördel blandas med andra trädslag. Den sibiriska lärken klassas som inhemsk, medan hybridlärken är ett främmande trädslag. Det finns några sågverk som tar emot lärk och trädslaget ingår i barrmassaveden.

##### 5.4.4.3 Sykomorlön (Acer pseudoplatanus)

Sykomorlön härstammar från Centraleuropa och sydvästra Asien och kallas även tysklön. Den kan växa på nästan alla typer av marker, men föredrar väl-dränerade marker. Den kan även växa i maritimt klimat. Den



är vindtålig och klarar av luftföroreningar. Naturvårdsverket klassar trädet som en invasiv art. Vad gäller virket kan vi se samma användningsområde som för vår vanliga lönn. Bladen är ätbara och man kan även tappa sav från träden.

#### **5.4.4.4 Rödek (*Quercus rubra*)**

Rödeken har planterats på flera ställen i Europa för sina vackra höstfärger. Den gillar näringsrika och väl-dränerade jordar, men tolererar många olika typer av marker. Den tål starka vindar, men vill ej ha maritimt klimat. Rödekens virke har samma användningsområde som vår vanliga ek vad gäller inomhusmiljöer. Däremot rekommenderas inte användning utomhus p.g.a. av de exceptionellt stora kärnen som gör virket känsligt för fukt (Schütt m.fl., 2004).

#### **5.4.4.5 Contortatall (*Pinus contorta*)**

Användning av contortatallen regleras i skogsvårdslagen avseende bl. a. höjd över havet och närhet till naturreservat och nationalparker. Contortan är snabbväxande med hög virkesproduktion. Den är frostdålig och hårdig mot vissa svampskador samt mindre attraktiv som älgbete. Industriellt kan den användas som den vanliga tallen. Våra erfarenheter av contortatallen begränsas till mycket kort tid. Den är känslig för snöbrott och vindskador och kan få krokiga stammar vid odling på finjordsrika och bördiga marker (<http://www.skogsstyrelsen>).

#### **5.4.4.6 Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*)**

Den har planterats på många ställen i Europa för sina virkesegenskapers skull. Douglasgranen har inte lika djupgående rotsystem som tallar, men är ändå relativt vindtålig. Douglasgranen är torktålig och kan växa på många olika ståndorter (Lindner, 2007). Den kan växa bra i södra Sverige idag, men är känslig under etableringsfasen, framförallt för frost, viltbete och snytbaggesskador. Vid proveniensval kan det vara säkrare att använda plantmaterial med ursprung från inlandet (Wallertz m. fl., 2013). Virket har ett brett användningsområde och är väldigt omtyckt. Knopparna har använts för att smaksätta Eau de vie.

#### **5.4.4.7 Sitkagran (*Picea sitchensis*)**

Sitkagranen är starkt beroende av ett milt, nederbördsrikt klimat och trivs nära kusten. Torra delar av sydöstra Sverige bör undvikas. Den trivs på de flesta typer av jordar och är snabbväxande. Virkesproduktionen är hög. Den kan t.o.m. vara högre än den för vanlig gran. Sitka är känslig

för frost och torka. Den kan drivas gallringsfritt och med korta omloppstider för att minimera risken för röt- och stormskador. Vissa sågverk tar emot sitkagran och den kan användas som massaved.

#### **5.4.4.8 Kustgran (*Abies grandis*)**

Kustgranen växer där klimatet kan växla mycket, både vad gäller temperatur, nederbörd och frostförekomst. Den är tolerant vad gäller jordar och kan under optimala förhållanden bli väldigt hög. Kustgranen är långsam i starten och viltbegärlig. Produktionspotentialen är stor och visar på högre tillväxt, mycket bättre än för vår vanliga gran. Virket är formstabbt, mjukt och lätt. Det finns avsättning för kustgranen som massaved och bioenergi, men det är mer osäkert som timmer (von Huasswolff Juhlin, 2010).

#### **5.4.4.9 Robinia (*Robinia pseudoacacia*)**

Robinian är ett snabbväxande pionjärträd som tål många olika typer av jordar och temperaturförhållanden. Den föredrar lätta och sandiga jordar. Idag kan inte robinian utnyttja den svenska växtsäsongen på bästa sätt. Löven spricker sent och de faller bladen väldigt sent (Dahl m.fl., 2008). Det gör den även utsatt för frost. Den har markförbättrande egenskaper på väldigt magra jordar och den är kvävefixerande. Robinian klarar luftföroreningar bra och blommorna är väldigt attraktiva för bin. Virket påminner om ekens, med liknande egenskaper och rötbeständighet är t. o. m. bättre.

## **5.5 Rekommendationer och förslag på trädslagsblandningar**

Vid valet av trädslag är det alltid de lokala ståndortsförhållanden som spelar stor roll. Generellt gäller att inblandning av löv i våra barrbestånd är positivt, bl. a. för en ökad vindstabilitet, men också för en högre biologisk mångfald. Samtidigt kan detta innebära en något mer intensiv skötsel. Exempelvis att hinna med röjning/gallring när granen börjar komma ikapp björken och granens toppar piskas av björkkronorna.

Granen kommer även i framtiden att vara det dominerande trädslaget, men tänk på att undvika de mest torkutsatta områdena och blanda gärna in andra trädslag. Avkastningen är säker och granen är ett av våra mest tåliga trädslag beträffande återhämtning från bl. a. viltskador och den kan klara sig med minimal skötsel. För fortsatt produktion i monokulturer bör omloppstiderna förkortas och röjnings- och gallringsåtgärder sättas in tidigare eller helt utelämnas.

Det kommer att bli allt viktigare att lyckas med tallföryngringar eller etablering av andra torktåliga trädslag i sydöstra Sverige, som redan idag är mer utsatt för torka. Dessutom är olika åtgärder för att skydda plantor och ungskog mot viltbetning primära och avgörande för lyckade resultat.

På bördiga marker kan etablering av rena lövbestånd vara ett bra alternativ under förutsättning att intresse och engagemang finns hos skogsägaren.

För den som vill prova något nytt krävs framförallt ett stort intresse och vilja att ta till sig aktuell kunskap. Några exempel kan vara att använda björk, al eller poppel som amträd med ek i kommande generation (Almgren m. fl., 1984). Lönn och lind i blandning trivs bra i soliga branter (Schütt m. fl, 2004). Hybridlärk och douglasgran, bok och sykomorlönn är andra tänkbara kombinationer. Lind och avenbok kan kombineras med alm och ask, där de finns kvar.



# 6 Dikning och skogsbilvägar

Med en ökad nederbörd vintertid och kortare tjalperioder vid ett förändrat klimat kommer vattenfrågan vara av stor betydelse, där olika dikningsåtgärder och hantering av skogsbilvägar blir viktiga faktorer för att minimera körskador och eventuella negativa följd effekter. En stor andel av våra skogsdiken anlades från 1970-talet fram till 1990-talet, vilket också innebär ett stort rensningsbehov i redan befintliga diken. Skogsbilvägnätets standard har sjunkit under 1990-talet, framförallt på privatskogsbrukets marker (Eriksson, 2007). Samordning och samverkan behövs för att kunna koordinera förbättringar och nyanläggningar.

## 6.1 Dikning

### Skogsdikning idag:

- Nydikning syftar till att långvarigt sänka vattenhalten eller grundvattenytan för att därigenom åstadkomma en varaktig ökning av skogsproduktionen.
- Dikesrensning syftar till att återställa ett befintligt dikessystems dränering genom att gamla diken rensas till ursprungligt djup.
- Skyddsdikning syftar till att avleda ett vattenöverskott som förorsakats av stigande grundvattennivå efter en kalavverkning.

Skogsdikning syftar till att förbättra trädens tillväxtbetingelser genom avledning av överskott av vatten (Fahlvik m.fl., 2009). Det är idag en metod som är starkt reglerad i lagar och bestämmelser. Vid dikning avleds vatten, så att syre kommer ner i marken, vilket ökar nedbrytningshastigheten och leder till en ökad syresättning av trädens rotmiljö. Förutom den förbättrade syresättningen leder dikning också till att markytan blir varmare under den tid, som diket har effekt. Vid dikning ökas pH-värdet initialt (Hansen m. fl., 2013). Den ökade markluftningen efter dikning

syresätter det organiska materialet till större djup än tidigare. Därigenom ökar nedbrytning och mineralisering av organiskt bundet kväve.

För nydikning krävs tillstånd från Länsstyrelsen. I stora delar av Sverige meddelas inga sådana tillstånd varför metoden i princip är förbjuden. Tillstånd krävs också för dikesrensning som utförs efter så lång tid att ett nytt naturtillstånd inträtt, vid fördjupning av diken och vid uträtning av diken. Skogsstyrelsen bedömer att åtgärden normalt omfattas av samrådsplikt, eftersom den i många fall kan komma att väsentligt ändra naturmiljön. Om en granne berörs måste denne underrättas innan arbetet påbörjas. Skyddsdikning skall i förväg samrådats med Skogsstyrelsen.

### **6.1.1 Möjligheter och risker**

Dikningens effekter leder till en bättre tillväxtmiljö för träden och en högre produktion. En annan effekt är att trädens rötter kan växa på ett större djup och på så sätt motstå vindfällning bättre. Risker för mark- och körsador minskar. Dräneringsfrågan i skogen bör harmonisera med övrig markanvändning. En förmodad ökad dränering på våra jordbruksmarker får konsekvenser för skogsmarken. Inget vatten försvinner. Det lagras, avdunstar eller rinner av. Vattnet rör sig fritt över fastighetsgränser. Det kräver samarbete för att underhålla systemet av ledningar, diken och vattendrag. Många markavvattningsföretag är gamla och inte alltid kända av berörda delägare. Som medlem i sådan förening är du dock skyldig att underhålla dessa anläggningar ([www.jordbruksverket.se](http://www.jordbruksverket.se)). Dikad skogsmark avger mindre CO<sub>2</sub> per hektar och år än en dikad jordbruksmark.

Avrinningsvatten från en dikad våtmark får ofta en förhöjd halt av löst organiskt material, särskilt i samband med själva dikesgrävningen och under avvattningsfasen närmast därefter. Det vattenlösliga organiska materialet tillsammans med uppslammat fast material ger grumligt vatten. I avrinningsdiken och bäckar kan sedimenterade partiklar påverka arter i bottenfaunan och grusbotten riskerar att förstöras. Vid dikesrensning ökar läckage av kalium och kväve och bottenfaunans sammansättning ändras.

Vid ett förändrat klimat kommer det framförallt att bli blötare på vinterhalvåret. För att undvika eller minimera körsador kommer dräneringsfrågan vara av stor betydelse. Som tidigare nämnts är idag dikning starkt reglerad i skogen och inte självklar för varje skogsägare.

Dikesrensning av befintliga diken är normalt en nödvändig underhållsåtgärd på marker med god produktivitet. Friskmarksmossor ersätter

sumpmossor efter en lyckad rensning och tillväxten i skogen höjs. En lämplig tidpunkt för dikesrensning är ofta då beståndet blivit avverkat eller stormfällts. Dikesrensning kan även göras i samband med gallring. Tänk då på att gallringen utförs så att dikena kan kommas åt. För att minimera miljöriskerna bör slamtransporten begränsas genom anläggning av slamgropar eller skapande av orörda översilningsområden nära sjöar och naturliga vattendrag.

Kalavverkning höjer vattennivån på hygget och utlakning av näringsämnen ökar. Grunda skyddsdiken rekommenderas när ny skog skall etableras efter avverkning på frisk mark och risk föreligger att försumpning annars sker. Många gånger är detta en nödvändig åtgärd för att föryngringen skall lyckas. När föryngringen väl lyckats bör dessa diken få växa igen. Kompletterande eller alternativa åtgärder kan vara att lämna kvar skärnträd på hygget, liksom att lämna trädbevuxna skyddszoner vid avverkning och förebygga körskador i och intill vattenmiljöer. Om riset lämnas kvar på hygget ökar näringsutlakningen. Å andra sidan kan visst ris användas för att köra på vid känsliga marker för att på så vis undvika körskador och utlakning av näringsämnen. Markberedning är en åtgärd som ytterligare ökar halterna av mineralnäringsämnen i markvattnet. Försiktighet bör därför iakttas, framförallt nära vattendrag eller diken.

Dikad torvmark, som används för jord- eller skogsbruk, utgör en väldigt liten yta av Sverige. Men dessa marker avger mycket stora mängder växthusgaser, både koldioxid och lustgas. Genom att plantera träd på dikad torvmark kan man binda kol kortsiktigt. För skog på dikade torvmarker är jordens förlust av kol helt avgörande då koldioxid frigörs från den gamla torven till atmosfären. Ny skog måste planteras och diken rensas, varvid torvens nedbrytning fortsätter. För att minska emissionerna behöver dikad mark åter göras blöt och vegetationen anpassas, exempelvis al eller glasbjörk (Kasimir Klemetsson, 2013).

Det finns diken i våra skogar som inte bidrar till ökad skoglig tillväxt. Dessa skogsdiken skulle kunna läggas igen eller låtas få växa igen i sin egen takt för att öka naturvärdet utan att det blir en stor förlust i skogsproduktion (Gunnarsson, 2009).

## **6.2 Skogsbilvägar och körskador**

Det svenska vägnätet är idag ca 419 000 km varav ca hälften utgörs av skogsbilvägar (Eriksson, 2007). Dagens skogsbruk är beroende av transporter på dessa vägar som förflyttning av virke, maskiner, planter och personal, maskinservice, skogsvård, planering, jakt mm. Detta





transportbehov har ökat i och med att skogsbruket blivit mer mekaniserat och rationellt.

Ett varmare klimat leder till ökad vintertemperatur, ökad årlig medelnederbörd samt mer regn istället för snö. Detta innebär att tjälperioden minskar upp till 40 % och tjällossningsperioder kommer öka och vara längre (Eriksson, 2007). För skogsmarken leder detta till ökad risk för körskador vid alla typer av transporter och för skogsbilvägar blir följden av detta blir en ökad belastning på vägkroppar, vägtrummor och att vissa vägar blir mer svårtillgängliga. En bedömning av vägar ur ett klimat-scenario är att det är främst i sydvästra Götaland och södra Norrland som problemen kan bli störst (Eriksson, 2007).

Underhållsbehovet av befintliga skogsbilvägar kommer att öka med ett förändrat klimat det kan påverka miljön på flera sätt. För att ett ökat underhåll ska fungera behövs en ordnad förvaltning av skogsbilvägarna. Äldre vägar har ofta byggts med sämre avrinningsteknik än nya och de följer ofta kulturella stråk, som vattendrag, och är ofta lågt placerade i terrängen. Det kan leda till en ökad erosion eller utsläpp från vägar i framtiden. Dikning längs vägar bör anpassas till rådande jordarter och är det branta lutningar bör diken och slänter erosionsskyddas (Hallgren, 2014).

Vägtrummor och diken behöver underhållas och korrigeras för att undvika vägkollapser eller att erosionsvatten leds ut i viktiga vattendrag. Vägar med dåliga vägkroppar som används under svåra förutsättningar kan leda till vägkollaps med djupa körspår eller stor urlakning till känsliga vattendrag eller dricksvattentäkter (Eriksson, 2007). Kostnaden för ett underhåll av skogsbilvägen är oftast en lönsam investering. Om vägen håller i alla årstider och väder värderas skogsområden kring vägen högre. En välunderhållen väg gör också att kostsam skotning i terrängen minskas och att risken för körskador ytterligare reduceras.

Ett varmare klimat gör också att det kan bli svårare att komma till vissa skogsområden genom terrängkörning i framtiden. Idag är i snitt ca 40-50 % av skogsmarken i Sverige områden som endast kan avverkas vintertid vid frusna förhållanden (Hallgren, 2014). Risken här är stor för ökade körskador, även om tekniker för att minska skador utvecklas. Även risken för näringsläckage och tillväxtbegränsningar för skog omkring körspåren ökar. Energiåtgången är också mycket högre vid terrängtransport än vid vägtransport (Hallgren, 2014). Ett bygge av skogsbilväg kan säkra tillgången till svårtillgängliga delar av fastigheter som vinterposter. Ett bra vägsystem kan också underlätta vid brandbevakning. Anläggandet av skogsbilvägar är idag, liksom dikning, samrådspliktigt enligt miljöbalken.

Kravet på terrängtransporter kommer också att öka med ett varmare klimat. Risken för körskador ökar och med körskador kommer följdskador som näringsläckage, vattendämningar, inkörsportar för rotröta m.m.

#### **Råd för att förebygga körskador (Skogsstyrelsen, 2014):**

- Kör inte i låga partier där marken ofta är blötare.
- Kör inte i kantzoner i bäckar, sjöar eller våtmarker.
- Kör inte på kulturlämningar och fornlämningar eller stigar och leder. Om detta behöver göras ska det vara bra bärighet i dessa områden.
- Med en jordborr kan markens bärighet undersökas.
- Studera och markera var blöta eller svaga partier, samt bäcköverfarter finns längs körvägarna och använd hjälpmedel som ris- eller kavelbroar, flyttbara broar eller andra hjälpmedel.
- Använd riset att köra på i blöta marker istället för grotuttag.
- Planera basväg för markberedare för att undvika onödiga markskador.

En av de viktigaste förebyggande åtgärderna är en bra kommunikation mellan markägare, virkesköpare och entreprenörer som ska utföra avverkningar. Viktigt är att planera en bra basväg som används vid alla moment i skogsbruket. Vid föryngringsavverkningar ska först skördare och skotare hugga och transportera ut virket. Ofta följer sedan en grotskotare och sedan en markberedare. Skogsstyrelsen har sammanställt råd för hur man kan förebygga körskador, något som kommer bli viktigare ju mer klimatförändringen fortgår.

### 6.3 Gödsling och askåterföring

Det finns två typer av artificiell tillförsel av näringsämnen i skogen. Det ena är kompensationsåtgärder, ex askåterföring, vilket är för att återställa en näringsbalans efter en aktiv åtgärd där näringsämnen tagits ur beståndet. Det andra är tillväxthöjande åtgärder, ex gödsling, som utförs där det finns en brist på specifika näringsämnen som inte direkt behöver ha orsakats av en mänsklig aktivitet. En del av miljömålet för "levande skogar" är att återföra näringsämnen som lämnat skogsekosystemet genom exempelvis GROT-uttag. Med askåterföring ser man till att näringsämnen som kalium och fosfor kommer tillbaka till skogen. I Sverige görs GROT-uttag på ca 67000 ha. Askåterföringen görs idag på ca 6500 ha. (Skogsstyrelsen, 2014)

Gödsling har de senaste årtiondena legat på en stabil nivå på ca 50000 ha/år. I skogen är främsta orsaken till gödsling brist på kväve, då tillväxten i våra svenska skogar begränsas av för liten tillgång på växttillgängligt kväve.

I diskussionerna kring ett förändrat klimat och möjliga åtgärder för anpassning av skogsbruket är gödsling framförallt något det pratas om i samband med ett intensivt brukande av skogen för att optimera produktionen. Gödsling kan ske på olika sätt och med varierande givor i olika delar av landet. Skogsstyrelsen har olika föreskrifter beroende på var i landet skogen är belägen. I sydvästra delarna bör exempelvis inte kvävegödsling ske. Traditionell gödsling har framförallt skett i äldre barrdominerade bestånd på fastmark och utförts av storskogsbruket i mellersta och norra delarna av landet.

Förutsättningarna vid traditionell gödsling är att beståndet inte är fullslutet. Behovet av näringsämnen avtar snabbt då beståndet börjar sluta sig. Ingen avverkning bör ske under effektperioden (8-10 år). Skogsgödsling bör endast utföras under vegetationsperioden när effekten är störst. Vissa marker bör undantas från skogsgödsling. Exem-

pelvis skogar på riktigt goda jordar, eftersom kvävetillgången anses tillräcklig. Även torra marker bör undvikas, då även vattentillgången är en begränsande faktor för produktionen. Man bör också undvika alltför blöta marker, då syrebrist hämmar rötternas upptag av näringsämnen. Bestånd med höga naturvärden bör undvikas och gödsling bör ej ske i anslutning till sjöar och vattendrag, för att minimera risken för näringsläckage. Gödsling av torvmark bör endast ske på produktiv skogsmark med fungerande diken och låga naturvärden. För björk är tillväxtreaktionen på kvävegödsling betydligt mer kortvarig och avsevärt lägre (<50 %) än för tall och gran (Pettersson m.fl. 2005).

I försök har visats en stor tillväxtpotential med en behovsanpassad gödsling vid intensivodling av granskog på nedlagd jordbruksmark. Där startar gödsling mycket tidigare, redan när granarna är 2-5 m höga, då träden har ett stort gödslingsbehov när de bygger upp sin grönmassa i unga åldrar. (Fahlvik m.fl., 2009).

I ett led att minska människans påverkan på klimatet kan ett ökat nyttjande av avverkningsrester från skogsbruket för energiproduktion bidra till att ersätta fossila bränslen. Vid allt uttag av biomassa från skogen bortförs näring och kalkverkan från skogsmarken (Emilsson, 2006). Vid GROT-uttag ökar uttransporten. Vid ett ökat uttag av biomassa från skogen behöver detta näringsbortfall kompenseras, vilket kan göras med askåterföring.

Samråd med Skogsstyrelsen måste alltid ske innan askåterföring. Askan ska testas före spridning så att dess innehåll består av tillräckligt mycket näringsämnen för att göra nytta men inte ha för höga nivåer av tungmetaller eller andra olämpliga ämnen. Innan askan sprids måste den härdas. Den kan spridas hela året, oftast i gallringar, men kan även spridas på hyggen. Undvik askspridning i skyddszoner på 25 meter från känsliga områden för att inte påverka vatten eller våtmarker direkt och alltför hastigt. Tänk också på att dokumentera var och när aska har spridits.

### **6.3.1 Möjligheter och risker**

Både gödsling och askåterföring är åtgärder, vars syfte är en långsiktig ökad tillväxt, enligt resonemanget tidigare att ett intensivt brukande av skogen är ett sätt att binda mer koldioxid i växande skog.

Var man än befinner sig i Sverige ger gödsling oftast en ökad tillväxt i skogen. Gödsling av medelålders och äldre skog ger i de flesta fall en mycket bra förräntning på pengarna. Orsaken till att träd reagerar så kraftigt på gödsling är att den förbättrade näringstillgången leder till

en kraftigt ökad barr- och bladmassa och därmed också ökad fotosyntesproduktion, vilket leder till en tillväxtökning av trädets biomassa. En annan orsak är att fotosyntesen blir mer effektiv vid gödsling. På sikt får även bestånden ett stabilare rotsystem ([www-fiberskog@slu.se](mailto:www-fiberskog@slu.se)). För traditionell gödsling i äldre bestånd visas tillväxtökningar på 10-20 m<sup>3</sup>sk per ha under en 6-10 årsperiod. Ungskogsgödsling visar på en markant ökning av stamtillväxten, vilket kan innebära en merproduktion på 8-12 m<sup>3</sup>sk per ha och år sett över en hel omloppstid. Dessa tillväxtökningar leder till betydande förkortningar av omloppstiden, vilket kan vara ett sätt minska en ökad stormrisk.

I aska finns alla de kalkverkande ämnen som förts bort i samband med uttaget av biobränsle och askan motverkar försurningen. Den innehåller även fosfor, men däremot inget kväve. I södra och västra Sverige är det extra motiverat med askåterföring på grund av den försurande belastning som skett av surt nedfall. I nordligare delar av Sverige, där kvävenedfallet är lågt, kan även uttaget av biobränsle göra att marken kan behöva kompenseras med kväve.

Gödsling resulterar i en snabb barrmassautbyggnad under 3–4 år. Detta medför tyngre kronor, förhöjd tyngdpunkt och yvigare barrskrud, vilket förstärker vindens kraft på träden. Detta leder i sin tur till att ett kraftigare rotsystem utvecklas för att trädens stabilitet ska bibehållas. Processen med utbyggnaden av rötterna sker senare än ökningen av barrmassan. Risker för vindfällning ökar därför under de 3–4 första åren efter gödsling och risken kan då förstärkas i ett förändrat klimat med fler väderextremer. Vid hög kvävetillförsel minskar dessutom finrotsproduktionen och rotsystemen kan bli ytligare. (Pettersson m.fl., 2005).

Både gödsling och askåterföring innebär ytterligare tidpunkter när maskiner skall ut i skogen. Med tanke på ökade nederbördsmängder och minskade tjalperioder kan detta innebära en ökad risk för markskador.

Forskning visar på stora möjligheter med behovsanpassad gödsling i ungskog, men större erfarenheter saknas i praktiken. För den mindre, privata skogsägaren kan det vara svårt att få en hög effektivitet och bra lönsamhet om inte bra samarbete utvecklas med grannarna. Kväveläckaget blir större i gödslade bestånd vid slutavverkningar. Detta kan dock minskas när GROT-uttag sker (Bergh, 2013).

Det finns inget som visar på att trädens långsiktiga produktionsförmåga skulle försämrats av gödsling, inte heller att gräsvegetationen skulle bli värre vid föryngring efter att en gödslad skog avverkats. Rätt utförd skogsgödsling med kväve ger inga påtagliga skador på miljön (Högbom, 2002).

# 7 Skador och skadegörare

Skogsskador innefattar här både fysiska och biologiska skador på träd och skog. De fysiska skadorna kan vara stormskador, översvämningar, frost, torka, nederbörd eller brand. De biologiska skadegörarna är svampar, insekter, däggdjur och andra ved- eller skogslevande organismer. Både de fysiska och de biologiska skadegörarna kommer att påverkas i ett förändrat klimat. Genom ett aktivt skadeförebyggande skogsbruk kan vi dock minska riskerna och begränsa skadorna. Friska träd är en grundförutsättning för ett lönsamt skogsbruk. I detta kapitel tar vi upp vanliga skador och skadegörare, men också nya skademoment som kan uppstå i ett varmare klimat.

## 7.1 Fysiska skador

### 7.1.1 Stormskador

Vind är den största enskilda skadegöraren på skog i Europa under de senaste 100 åren. Idag står stormskador för över 50 % av den skadade volymen på skog i Europa (Europeiska kommissionen, 2010). Den statistik som finns för Sverige visar att stormskador på skog ökat avsevärt från 1960-talet och framåt. De största skadorna har kommit i södra Sverige. Ökningen av stormskador beror troligen både på klimatförändringar, men också på att markanvändning och skogsskötsel förändrats det senaste seklet. De största stormskadorna orsakas vanligtvis av vinterstormar under månaderna november till januari (Blennow, 2013).

#### 7.1.1.1 Trädslag

Vindkänsligheten skiljer sig mellan olika trädslag. Mycket av stormfastheten beror på markens betingelser, rotsystemets utbredning och de geografiska lägen som skogen står i. Ett forskarteam från Europa har försökt klassificera trädslagen efter stormkänslighet. Barrträden är generellt mer vindkänsliga än lövträd, och gran och sitkagran är bland de mest vindkänsliga trädslagen. Minst vindkänsliga är ek, ask och



avenbok. Tall och lärk ligger någonstans mittemellan i vindkänslighet (Gardiner m. fl., 2010). En annan viktig fördel som gör att lövträden generellt klarar vind bättre jämfört med barrträd är att de har tappat löven under vintern då de starkaste stormarna brukar förekomma. Detta ger en mindre yta som vinden kan ta tag i.

Skogsstyrelsens analyser av stormskadorna på skog efter stormen Gudrun visar att skadorna var överrepresenterade för gran och underrepresenterade för tall och lövträd jämfört med volymandelen skog före stormen.



#### **7.1.1.2 Blandskog**

I ett skogsbestånd med flera trädslag hakar trädskronorna i varandra och det blir ett djupare och mer varierat rotsystem jämfört med rena monokulturer. Detta kan göra att bestånden blir mer stormfasta. En studie efter stormen Gudrun visar att inblandning av andra trädslag i granbestånd minskar risken att granarna stormfälls (Valinger och Fridman, 2011).

Effekten är större med inblandning av björk och andra lövträd jämfört med en tallinblandning. En annan effekt med en blandning av trädslag är att det blir ett djupare rotsystem som också sänker grundvattennivån, vilket kan ge stabilare markförhållanden. Inblandning av ett lågt trädskikt i ett högt nygallrat bestånd kan också förbättra beståndets stabilitet (Blennow 2013).

Stormfastheten i skogen påverkas också av skogens sammansättning och variation. Många kanter med hyggen och äldre skogar påverkar turbulensförhållandena och ökar risken och omfattningen av storm skador (Blennow, 2013).

#### **7.1.1.3 Skötsel**

En orsak till att mer skog stormskadats i Sverige det senaste seklet är det förändrade skogsbruket. Arbetet med att plantera igen många tidigare avskogade marker under början av 1900-talet har inneburit att vi fått en stor andel vindkänslig äldre granskog. Dels har vi fått en ökad volym och areal skog, dels har andelen vindkänslig gran ökat gentemot mer stormfasta trädslag. Trakthyggesbruket som infördes under 1950-talet har också gjort att vi får många stormkänsliga kanter mellan skog och hyggen.

För att skapa en skog med bra motstånd mot storm är röjningen en av de viktigaste åtgärderna. Vid röjning bestäms beståndets framtida trädslagsfördelning, tillväxt och stabilitet. Man kan också förebygga framtida stormskador med att försöka skapa stormfasta bryn i vindutsatta områden och lägen (Eriksson, 2007). I vindutsatta lägen röjs det hårdare för att skapa grova och stabila träd samt lövträd lämnas i stor utsträckning.

Gallringar utförs för att stärka och öka tillväxten i skogsbeståndet. Direkt efter gallring blir dock skogen mer stormkänslig och vindkänsligheten blir speciellt stor i några år efter åtgärden. Trädens höjd är också viktig ur stormkänslighetssynpunkt. Ju högre träden är desto högre tyngdpunkt och vindfång har de.

För att skydda skogen mot stormskador är det bättre att gallra relativt hårt tidigt under omloppstiden jämfört med sent (Blennow, 2013).

När det gäller granskog är en riktlinje ur stormsäkerhetssynpunkt att undvika gallring i granbestånd som är högre än 20 meter. Vid gallring i äldre granskog bör detta göras med försiktighet. En nackdel med hårda gallringar i ungskogar är att beståndet tappar en del tillväxt närmast efter gallring och att träden blir yvigare och tappar kvalitet. Detta får skogsägaren väga mot stormrisken.

#### **7.1.1.4 Läget**

Hur landskapet och ägarstrukturen ser ut i området påverkar risken för stormskador. Topografin kan vara avgörande där skog på krön eller sluttningar vända mot vindriktningen är särskilt stormutsatta. Ägarstrukturen påverkar också genom hur fastigheterna är uppbyggda. Inte så ovanligt är att stormskador uppkommer på en skogsfastighet där grannen gjort ett hygge på andra sidan gränsen. En anpassning av skogsbruket för att minska risken för stormskador är att ta hänsyn till från vilket håll de starkaste stormarna brukar blåsa. Detta skiljer sig åt på olika håll i Sverige. Om det finns möjlighet kan avverkningarna anpassas genom att hugga områden successivt mot vindriktningen.

I skogen finns åtskilliga kultur- och fornlämningar som är skyddade enligt lagstiftningen. En stor skaderisk för kulturlämningar i samband med storm är att de bryts sönder av rotvältor. En stor skaderisk är också upparbetningen av stormskadade träd. Efter stormen Gudrun visade det sig att många kulturlämningar blev mer skadade av maskiner och transporter jämfört med den skada som blev av rotvältan (Blennow, 2013). Med en ökad stormrisk i framtiden är det viktigt att kulturlämningar finns kartlagda i t.ex. skogsbruksplan och fornminnesregister och att de finns koordinatbestämda för att ha med i skogsmaskinernas GPS.

#### **7.1.2 Frostskador och snöbrott**

Enligt en modellsimulering ökar risken för vårfrost i hela landet, och främst i södra delen. Däremot bedöms risken för höstfrostskador att minska i hela landet (Eriksson, 2007). Den största skaderisken för vårfrost finns hos granplantor, lärk och vissa lövträdplantor som bok, ask och klibbal av olika ursprung. Vårfrost bedöms inte vara något större problem för tall, lärk och björk jämfört med de andra trädslagen. Skogsbruk med mindre hyggen, föryngring under låg- eller högskärm eller kontinuitetsskogsbruk kan minska risken för frostskador. För att minska risken för uppfrysning bör plantering ske på våren snarare än hösten.

Ett mildare klimat påverkar snöförekomsten. Snöbrott får vi på både barr- och lövträd när snö faller i temperaturer nära noll grader. Eftersom prognoserna för Norrland är att temperaturen kommer att höjas vintertid samtidigt som vinternederbörden ökar kommer också risken för snöbrott att öka i Norrland och till att börja med också i Svealand. Detta i kombination med att risken för en större frekvens av höga vindhastigheter finns är också risken för stora snöbrottsskador överhängande (Eriksson, 2007). Snöbrottsrisken kan främst motverkas med skötselmetoder som att skapa blandskogsbestånd vid föryngring och röjning och att röja och gallra i tid för att få kraftigare och hållfastare träd.

### 7.1.3 Skogsbrand

I genomsnitt brinner 500 000 hektar skog i EU varje år (Europeiska kommissionen, 2010), vilket skadar samhället, ekonomin, den biologiska mångfalden samt bidrar till utsläpp av lagrade växthusgaser.

Risken för skogsbrand har minskat dramatiskt den sista tiden för svenska skogar. Idag är brandfrekvensen för ett enskilt skogsbestånd lägre än en brand per 1000 år, jämfört med en brand per 50-200 år i början på 1900-talet (Olsson, 2011). Att det brinner mindre beror främst på en effektivare brandbekämpning och att skogsbruket har förändrats med rationell skötsel och färre döda träd och avverkningsrester i skogen. I augusti 2014 drabbades vi dock av en av de största brandkatastroferna i Sveriges historia när elden gick lös i Västmanland. Ca 14 000 ha skogsmark brandhärjades.

Klimatförändringen kommer att orsaka mer torka och högre temperaturer, speciellt i södra Europa, men även i Sverige. Risken för skogsbrand kommer sannolikt att öka i hela landet till följd av flera heta och torra somrar. Störst ökning sker troligen i Götaland där somrarna i genomsnitt blir torrare (Lagergren m.fl., 2006). Risken är också stor för flera väderextremer, t.ex. torrperioder sommartid, vilket ökar brandrisken ännu mera. Enligt brandriskmodeller från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap kommer brandrisksäsongen att öka avsevärt över hela landet. I mitten av 2000-talet beräknas hela Götaland, östra Svealand och södra Norrlandskusten ha en brandrisksäsong på i snitt 60 dagar. Läget idag är upp till 50 dagar i östra Götaland (Sjökvist m.fl., 2013). I slutet av seklet beräknas östra Götaland och Svealand ha en brandrisksäsong på ca 100 dagar. Starten på högrisksäsongen för skogsbränder tidigareläggs och störst skillnad är även här i Östersjölandskapen med



ca 40 dagar tidigare. Frekvensen för högriskperioder för brand ökar också över hela Sverige (Sjökvist m.fl., 2013).

Den stora branden i Västmanland 2014 startade genom att ett markberedningsarbete orsakade gnistbildning som tände eld på omgivningen. Brandrisken var mycket stor med en period av extrem torka och värme i området. Elden spred sig snabbt och brandbekämpningen hann inte med att stoppa spridningen. Exemplet i Västmanland är något som mycket väl kan hända på liknande sätt i framtiden, med en längre brandrisksäsong och ökad frekvens av väderextremer sommartid. Att branden orsakades av maskinaktiviteter i skogen aktualiserar också frågan om t.ex. markberedning och skogsmaskinkörning under torra perioder ska undvikas.

Granen är mycket brandkänslig och får elden fäste i ett granbestånd kan brandutvecklingen ske snabbt. En inblandning av lövträd kan eventuellt sänka brandrisken. Att ha välutvecklade kantzoner med lövträd kring exempelvis vattendrag och kring öppna marker kan även minska skidningsrisken vid brand.

## **7.2 Torka och andra klimatpåverkade skador**

### **7.2.1 Torka, nederbörd och stress**

När träd utsätts för extrema väderhållanden som torka, översvämning eller frost vid en för trädet känslig tidpunkt leder det till att träden blir stressade. Med detta menas att träden blir känsligare, får ett allmänt sämre hälsoläge och kan antingen skadas av vädret direkt eller indirekt bli mer känsliga för svamp- och insektsangrepp.

Flera studier har visat att granen oftare drabbas av olika diffusa klimat-skador då den odlas utanför sitt naturliga utbredningsområde (Eriksson, 2007). Både i Danmark och i Sverige finns exempel på hur granen skadats eller dött på främst leriga marker och marker med ett varierande grundvatten.

Att ha ståndortsanpassade trädslag blir viktigare i framtidens klimat-scenario som vi skrivit om tidigare. Granens känsliga rotsystem har svårt att klara stora förändringar i vattennivåer. Översvämningar ger syrebrist i rötterna vilket påverkar hälsan negativt. Långvariga översvämningar genom t ex igensatta diken kan göra att hela bestånd dör. Marktorka i granbestånd har också en stark nedsättande hälsoeffekt för träden. Gran på torra marker har också större frekvens av rottröta jämfört med gran på friska eller fuktiga marker.



Vid föryngring gäller det att verkligen planera trädslagsval och föryngringsmetod utifrån ståndortens förutsättningar. Det handlar också om att bedöma vilka skaderisker som finns och hur dessa skulle kunna drabba det framtida beståndet och därifrån planera trädslagsvalen. Skaderisker och faktorer att beakta vid föryngring kan vara; trädslagsval, trädslagsblandning, frostrisk, risk för torka eller översvämning i plantstadiet, förekomst av skadeinsekter, rotröta i det tidigare beståndet eller risk för viltbete av klövvilt och sork.

## 7.3 Biologiska skador

### 7.3.1 Skadesvampar

Svampskador på träd uppkommer oftast i veden och rötterna, men det finns även svampar som angriper barr, löv och knoppar. Svampskador är av betydande ekonomisk betydelse för skogsbruket. En uppskattad kostnad för rotrötan uppgår till 0,5-1 miljard kronor per år. Kostnaden för ett större angrepp av svampen *Gremmeniella* som vid epidemin 2001-2003 uppgick till 1-1,5 miljarder kronor (Witzell, 2009).

#### 7.3.1.1 Rötsvampar

Rottickan (*Heterobasidium annosum*) sprider sig främst med luftburna sporer som landar och gror på färsk blottad ved på stam eller rötter främst på barrträd. Främst drabbad är granen. Sporererna produceras i fruktkroppar som växer på rötter av angripna träd eller stubbar. Sporspridningen sker vid temperaturer över 0° C. Vintertid finns i allmänhet få sporer i luften medan sommartid är högsäsong för sporena. Kraftigt och ihållande regn, mycket torr väderlek eller ett sammanhängande snötäcke är alla faktorer som missgynnar sporspridning. Temperaturen är dock den viktigaste faktorn som påverkar sporspridningen i Sverige. Risken att färska stubbytor drabbas av sporinfektioner är lägre vid våt väderlek och vintertid, men skiljer inte så mycket mellan norra och södra Sverige under sommarhalvåret (Witzell m.fl., 2009). Å ena sidan kommer vi få längre torra perioder och mera extrema regn i framtiden vilket borde missgynna rötspridningen. Å andra sidan kommer vintrarna bli kortare med mindre snö och en högre medeltemperatur vilket kommer att gynna svampens tillväxt och spridning.

Dagens skogsbruk har gynnat spridningen av rotröta bland annat genom åretruntavverkningar och större maskiner med mer mark- och trädskador. Idag står rottickan för ca 75 % av alla rötangrepp på skog i

landet (Witzell m.fl., 2009). Den form av rotröta som angriper tallen är relativt ovanlig i Sverige idag, men med ett varmare klimat väntas den också spridas norrut (Eriksson, 2007).

Det finns flera faktorer som påverkar rotrötens spridning. Ståndorts-faktorer som altitud, lokal topografi, jordart och jordmån, pH-värde och fuktighet är svåra att påverka, men viktiga att ta hänsyn till när man väljer träds slag.

Med olika skötselalternativ kan man begränsa rotrötens angrepp och spridning. Detta kan vara hyggesvila eller att aktivt byta träds slag på ett rötinfekterat hygge. Glesare planteringsförband, tidig röjning och röjning under den kalla delen av året minskar rotrötespridningen. Risken för rotrötespridning är störst i gallringar, då färsk stubbar är inkörsportar för svampen till rötterna på de träd som lämnas kvar i gallringen. Vinteravverkning minskar smittspridningen, men med varmare och fuktigare vintrar kommer det att bli svårare. Istället är den metod man använder idag lämpligast, dvs. stubbehandling för att förhindra sporinfektioner. Idag används nästan uteslutande ett biologiskt behandlingsmedel med pergamentsvamp som växer snabbt och konkurrerar ut rottickan på behandlade stubbar (Witzell m.fl., 2009). Det finns också försök med stubbehandling av basisk urea som motverkar att sporer ska gro i vedytan.

#### 7.3.1.2 Gremmeniella

Gremmeniellaskvampen (*Gremmeniella abietina*) är en skadesvamp som angriper barrträd genom att döda unga skott och knoppar, samt kan ge sårskador eller kräftskador på stammar (Witzell m.fl., 2009). Svampen gynnas av varma och fuktiga vintrar. Vid angrepp på tall gynnas den även av kalla och fuktiga somrar. För Götaland och Svealand är det svårt att bedöma risken för stora skadeutbrott, då torra och varma somrar missgynnar svampen, samtidigt som att vintrarna blir varmare och fuktigare i framtiden. För Norrland ökar risken för utbrott pga. de varmare vintrarna. Där kan den nordliga varianten av sjukdomen även angripa contortatallen (Eriksson, 2007).

#### 7.3.1.3 Andra skadesvampar

Honungsskivlingen (*Armillaria*-arter) har idag en relativt stor utbredning i Sverige. Svampen angriper både våra barr- och lövträd och gynnas när träden utsätts för torka. Det är framförallt rotsystemet som angrips. Angreppen förväntas öka i framtiden med fler extremväder (Eriksson, 2007).

Knäckesjukan (*Melampsora pinitorqua*) angriper tallens årsskott och värdväxlar mellan asp och tall. Den finns i hela landet där asp växer. Svampen gynnas av fuktig väderlek och aspen kommer troligen att kunna växa längre norrut med ett varmare klimat. Detta borde göra att risken för angrepp av knäckesjuka ökar med ett varmare klimat.

Snöskyttesvampen (*Phacidium infestans*) sprider sig till plantor under snötäcket och finns idag i norra Sverige, från Värmland, Dalarna, Gästrikland och norrut. Svampen infekterar barren på främst tall och Contorta och trivs med varma somrar och kalla vintrar med stora snömängder. Färre snödagrar och ett varmare klimat borde medföra en minskad utbredning av svampen. Risken finns dock för större extremsnöväder och då kan angreppen av snöskytte ändå lokalt bli omfattande.

Tallskyttesvampen (*Lophodermium seditiosum*) angriper barr i tallungskogar och gynnas liksom Gremmeniella av fuktiga somrar och varma vintrar. Angreppen på barren sänker tillväxten, men träden brukar överleva. Med ett mildare klimat kan utbredningen bli mer nordlig.

Almsjukan orsakas av en svamp (*Ophiostoma ulmi*) som sprids med hjälp av insekter och infekterar almarnas ved genom att ett mycel växer in i vedens kärl. I veden bildas sporer som följer med trädets vattentransport och sprids. Spridning sker också genom rotkontakt mellan träd. Den senaste aggressiva formen av almsjuka kom till Sverige i början av 1980-talet och finns upp till Mälardalen. För att förhindra spridning bör sjuka träd avverkas och föras bort för att eldas. Detta har reglerat sjukdomsspridningen avsevärt i Skåne (Witzell m.fl., 2009). Stora delar av Sveriges almar är idag döda eller starkt hotade av almsjukan. Det finns metoder att behandla utsatta träd med höga skyddsvärden individuellt.

Askskottsjukan (*Chalara fraxinea*) är en ny skadegörare som kommit till Sverige under början av 2000-talet och orsakar skador eller död bland askar. Sjukdomen är en luftburen svamp som dödar nya skott på träden och kan sedan växa vidare in mot stammen. Det har visat sig att alla askar inte drabbas av svampen och man bedriver idag forskning för att kartlägga varför vissa askar klarar sig och hur man kan bevara en svensk askpopulation.

#### 7.3.1.4 Nya skadegörare

Algsvampar (*Phytophthora spp*) är luftburna svampar som angriper rötter eller skott på träd. En art har orsakat den så kallade ”plötsliga ekdöden” i England och USA och en annan art angriper skott på lärkträd på Brittiska öarna (Samuelsson m.fl., 2012). Risken är stor att dessa algsvampar sprids med fuktig luft även till Skandinavien. Spridningsrisk finns också genom infekterade plantor eller jord. Vill man prova att plantera nya trädslag och växter vid ett varmare klimat är det därför viktigt att kontrollera plantornas ursprung och hantering.

*Fusarium*-svampar orsakar blödande sår, så kallade kräftsår, med starkt kådflöde på olika tallarter och douglasgran. Svampen finns idag i länderna kring västra Medelhavet, men beräkningar visar att vårt klimat om 30-40 år är lämpligt för svampen att etablera sig här (Samuelsson m.fl., 2012).

### 7.3.2 Skadegörare

#### 7.3.2.1 Ättatandad granbarkborre

Den ättatandade granbarkborren (*Ips typhographus*) är en vanlig skadegörare på gran och som ofta förknippas med stormskador eller sjuka granar. Normalt i Sverige idag brukar de föröka sig med en generation per år. Med ett varmare klimat kommer sannolikt det bli vanligt med två fullt utvecklade generationer av granbarkborren i hela Götaland redan till 2040. Det är idag vanligt i Danmark och söderut (Eriksson, 2007).



Detta kommer att öka skaderisken avsevärt och i kombination med mera vindfällan och torra perioder på sommaren kan granbarkborren döda fler levande träd än idag.

Klimatförändringen kommer att påverka granarna på flera sätt, som gynnar granbarkborren. Granar som stressas av torka, översvämning, yttre skador, rotskador mm ökar produktionen av kåda för att skydda sig själva från yttre angrepp av tex svampar. Doften från denna kådbildning lockar granbarkborren att komma till träden och bosätta och föröka sig under barken, och på så sätt skada eller döda träden. Risken att fler granar blir stressade med ett varmare klimat är uppenbar och kommer på så sätt att gynna den åttatandade granbarkborren. Åtgärder att skydda sin skog mot angrepp av åttatandad granbarkborre kommer alltså bli mycket viktiga med ett förändrat klimat i framtiden.

#### **7.3.2.2 Snytbagge**

Snytbaggen (*Hylobius abietis*) finns i hela Sverige och orsakar omfattande skador på skogsförnygringar, framförallt i Södra Sverige. Fullutvecklade skalbaggar gnager på tunnbarkiga delar av tall, gran och contortatall främst under vår och försommar (Eriksso,n 2007). Detta gör att nyplanterade plantor på ett hygge är en perfekt föda. Om barkgnaget blir omfattande ringbarkas plantan och torkar. Snytbaggarna gynnas av dagens hyggen och större öppna ytor i skogen där de kan lägga ägg i solexponerade stubbar och grova rötter och samtidigt få god tillgång på föda i planteringar. Vid beskuggning kan snytbaggarnas utvecklingstid förkortas mycket. För att motverka angrepp kan olika skötselåtgärder användas, såsom att ställa skärmar på hyggena, hyggesvila, plantering av äldre plantor eller kanske att använda sig av någon form av kontinuitetsskogsbruk. Det vanligaste sättet idag är dock att plantorna behandlas mot snytbagge med antingen mekaniskt eller kemiskt skydd.

Ett varmare klimat kommer troligtvis leda till att skalbaggens utvecklingsstadium från ägg till fullvuxen insekt kommer att gå fortare. Varmare och längre höstar ger insekterna en längre period för födosök och kan ge mer omfattande plantskador. Snytbaggen kommer också att öka sitt utbredningsområde norrut och öka skaderisken i Norrland (Eriksson, 2007).

#### **7.3.2.3 Blad- och barrätande insekter**

Det finns vissa insekter som bara har tillfälliga massförekomster i Sverige idag, men är vanliga skadegörare i södra Europa där de orsakar träddöd eller nedsättning av tillväxten. Exempel på sådana arter är röda tallstekeln (*Neodiprion sertifer*), barrträdsnunnan (*Lymantria minacha*)

och den vanliga tallstekeln (*Diprion pini*). Ett varmare klimat kan bidra till att angrepp av dessa skadegörare kan bli vanligare i Sverige.

#### 7.3.2.4 Nya skadegörare

Ett förändrat klimat kan ge möjlighet för skadegörare som normalt inte finns i vårt land att etablera sig här. Exempel på detta är en tallprocessionsspinnare som börjat sprida sig norrut från medelhavsområdet efter flertalet varma vintrar.

Under 2010 drabbades granskog i södra Skåne av ett kraftigt angrepp av ungersk gransköldlus (*Physokermes inopinatus*). Ca 1000 ha med medelålders granskog skadades varav ca 400 ha fick avverkas i förtid (Samuelsson m.fl., 2012).

Nya skadegörare kan också spridas med hjälp av människan genom transporter, jord och andra produkter som går över hav och gränser. Till exempel har sitkagranlusen spridits från Nordamerika till Europa och orsakar idag en hel del problem (Eriksson, 2013).

En annan skadegörare som kan orsaka mycket stora skador är tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*) som är en ekonomiskt betydelsefull skadegörare ur ett globalt perspektiv (Samuelsson m.fl., 2012). Den har bland annat ödelagt stora tallskogsområden i Japan under en lång tid. Nematoden är en millimeterlång rundmask som lever i veden och skadar trädens kärlvävnad. Den behöver vedlevande tallbockar för att spridas och förekommer idag i både Nordamerika och Asien, men har bara hittats i Portugal i Europa. Spridningen av nematoden har troligen skett genom infekterat tallvirke och det är också den troligaste vägen till Sverige. Om den väl etablerar sig i vårt land finns goda förutsättningar för den att spridas genom våra inhemska tallbockar och att vår tall har en låg motståndskraft mot tallvedsnematoden. Ett varmare klimat skulle öka riskerna att den kan överleva och sprida sig i Sverige (Eriksson, 2007). En skogsgeneration framåt kan skaderisken vara betydande och en etablering i Sverige skulle dessutom innebära omfattande krav på virkesskyddsbehandling för svensk virkesexport (Samuelsson, 2012).

För att minska risken för att nya skadegörare ska komma till Sverige och sprida sig bör man ha bra ursprungskontroll vid import av virke och plantor. Avverkning bör helst ske under vintern i skadade bestånd när temperaturen är lägre och att virket bearbetas innan värmen kommer på våren. Det är viktigt att transporter och lagringar utförs korrekt för att minska risken för skadespridning, speciellt vid import och hantering

av skadat virke. Lagringsperioder bör också vara korta (Samuelsson, 2012).

### 7.3.3 Viltskador

Med ett varmare klimat pekar prognoserna på att vegetationsperioderna och skogsbrukets omloppstider blir kortare, vilket gör att det blir mer ungskog i landskapet. Detta möjliggör tätare stammar av vilt. Klövviltet betar skott och toppar på unga träd främst vintertid och ibland bark på äldre träd och kostar hundratals miljoner kr per år (Witzell m.fl., 2009).

#### 7.3.3.1 Klövvilt

Skador orsakade av klövvilt förekommer i olika former men den kanske vanligaste skadan är skottbete på plantor eller ungskog. Detta orsakas ofta av älg eller rådjur och begränsar starkt tillväxt och kvalitet på de betade träden. De betade träden tappar i konkurrensen gentemot den omgivande vegetationen och kan dö (Witzell m.fl., 2009). I röjningsskog kan skottbete yttra sig som toppbrytning och orsakas vanligen av älgen.

En mindre vanlig men allvarigare skada från klövvilt är barknag och barkflängning. Detta orsakas främst av älg och kronhjort. Älgen gnager främst på yngre tall, medan kronhjorten favoriserar barknag i medel-ålders granskog. Detta orsakar ofta efterföljande skador av svamp eller insekter.

Olika trädslag gillas olika mycket av hjortdjuren. Utifrån studier kan följande ungefärliga preferenslista för hjortdjur sättas upp där 1 anger högst prefererad och 5 att trädslaget vanligen undviks (Witzell m.fl., 2009):

1. Ek, asp, rönn, sälg
2. Ask, fågelbär, alm, lönn
3. Vårtbjörk, bok, tall, lind, douglasgran, lärk
4. Glasbjörk, klibbal, contorta
5. Gran, gråal, sitkagran

Med större växtlighet och mer ungskog i ett varmare klimat borde foder-tillgången, främst bland de smakligaste trädslagen, öka och klövviltstammarna bli större. Snöfattiga vintrar och kortare vinterperioder gör också att hjortdjuren kan beta mer i fältskiktet under en längre säsong. Totalt sett tyder det på att ett varmare klimat kan öka tillgången på foder, men fodertillgången kan troligen inte fylla upp behovet för större viltstammar



som följer med mildare vintrar (Eriksson, 2007). Detta kan tyda på att det fortsatt kommer vara svårt med viltskador på skog även i framtiden.

En annan aspekt som påverkar klövviltets förutsättningar är om det blir en annan trädslagssammansättning i landskapet p.g.a. klimatförändringen. Ökar till exempel granandelen i landskapet påverkas fodertillgången negativt för både rådjur och älg. För älgföda är ofta tallföryngringar viktiga och blir andelen granhyggen större koncentreras älgstammarna till tallungskogarna och skadorna ökar. Detta är ett problem vi ser redan idag i södra Sverige och borde kunna öka längre norrut när förutsättningarna för gran förbättras. Lövträd som är vanliga söderut kommer dock att kunna breda ut sig mera norrut med ett varmare klimat, vilket ger mer foder till hjortdjuren och kan kompensera en eventuell minskning av tall. (Kalén m.fl., 2009).

Blir det lägre perioder av sommartorka i delar av Götaland kan det också leda till att fodermängden och kvaliteten försämras för klövviltet. Det kan vara en faktor som påverkar viltets förutsättningar inför vintern och kan eventuellt ge sämre hälsa. Varna vintrar och varma somrar påverkar älgen negativt, vilket kan leda till att älgen blir mer sällsynt i södra Sverige, medan rådjur och hjortar troligtvis gynnas (Eriksson, 2007).

#### **7.3.3.2 Andra viltskador**

En annan viktig skadegörare är gnagare som hare, kanin och sork. Det är främst sorken som kan göra allvarliga och kostsamma skador men med stor variation i tid och rum, men skador från gnagare är generellt på en lägre nivå jämfört med klövviltet.

Sorkarna favoriserar olika trädslagsplantor där åkersorkar föredrar lövträdsplantor framför barrträdsplantor, små plantor framför större och plantor som fått rikligt med gödsel på plantskolan framför naturligt föryngrade plantor. Dessutom är höstplantor känsligare än vårplantor. Likaså kan en planta av sydligt fröursprung bli utsatt för sorkskador om den flyttas norrut (Metla 2, 2014).

Sorkskador från åkersorken förekommer främst under gynnsamma vintrar då sorkstammen byggts upp i antal och det är ett tjockt snötäcke. Sorkarna gnager av barken på unga plantor under snön vilket kan orsaka hektarvis massdöd av plantskog främst i Norrland. Klimatprognoserna tyder på kortare snövintrar vilket borde minska risken för massiva sorkskador. Däremot talar klimatförändringen för mera väderextremer vilket skulle kunna vara vintrar med mycket stora snömängder. Lyckas en populationstopp av sork träffa en extrem snö vinter skulle skogsskadorna

kunna bli mycket allvarliga. Skador från sorken som inte är snöberoende kan minskas med hjälp av aktiva skötselåtgärder. Detta kan vara: pricka in plantering efter sorkpopulationens toppår, välja en lämplig plantart och proveniens, ordentlig markberedning, bekämpa gräsväxt i hela plantbeståndet och inte bara runt plantorna.

Vattensorken äter rötter och bark på plantor på lucker åkermark och lever under jorden. Skador från vattensorken förekommer främst i södra delen av Sverige och då främst på åkermarksplanteringar och i hägn (Witzell m.fl., 2009).

Skador från hare och kanin kan lokalt ha stor betydelse, speciellt betningsskador av fälthare och vildkanin på lövträdsplantor. Exempelvis kan de göra stora skador på lövträdsplanteringar i hägn. Svåra vintrar med mycket snö kan göra att lövplantor blir speciellt utsatta (Witzell m.fl., 2009). Ett varmare klimat borde minska risken för detta, men varmare vintrar och mindre snö borde också gynna fältharens utbredning och population norrut.

Vildsvin ett annat viltslag som kan påverka skogsbruket i framtiden. Grisarna är främst kända som skadegörare i jordbruket medan de inte har några direkta skador på träd och skogsmark (Jansson, 2009). I en enkätundersökning från SLU finns dock en oro att vildsvinens böknings i marken skulle kunna vara en inkörsport för rötsvampar i träden. En annan skada på skogsbruket som grisarna kan orsaka är att de bök upp skogsvägar och diken vilket ibland kan vara kostsamt (Jansson, 2009). I områden med vilthägn kan det också vara lämpligt att låta vildsvinen kunna passera genom hägnet, annars är risken att de bryter sig igenom nätet och släpper in annat vilt som betar på plantor och ungskog.

Vildsvinsstammen har ökat stort de senaste åren och spridningen sker norrut. Med ett varmare klimat och snöfattigare vintrar bör överlevnaden och spridningen av grisarna kunna gynnas.

#### **7.3.3.3 Viltanpassad skogsskötsel**

Även om ett varmare klimat förbättrar fodertillgången för klövvilt finns det flera skötselåtgärder som kan användas för att öka fodertillgången för viltet och styra dem bort från föryngringar och ungskogar. Den mest rationella metoden är genom en viltförvaltning genom jakt där man kan anpassa viltstammas storlek. En annan rationell metod är att hägna in föryngringarna, vilket kan behövas för att få upp bestånd för viltbegärliga trädslag. Däremot leder hägn till att bestånd utanför hägnen kan drabbas värre av betesskador och att risken finns, om nätet är tätt, att man

stänger ute predatorer för hare, kanin och sork som kan göra allvarliga plantskador.

Markberedning är ofta gynnsam för foderproduktionen genom att få ett tätt plantuppslag och en större fodermängd på hygget. Markberedning kan också minska risken för sorkskador. Att lämna och sprida ut avverkningsrester på hyggen och i gallringar som viltfoder kan också vara en effektiv metod för att avleda viltet från hyggen och ungskogar främst vintertid (Kalén m.fl., 2009). Röjningar är en annan åtgärd som påverkar fodertillgången starkt. Där är lämpligt att röja för att producera viltbete i nya stubb- eller rotskott eller att spara redan viltbetade träd. Andra aktiva åtgärder man kan göra för att viltanpassa skogsbruket är att utnyttja obrukade ytor som ledningsgator, hänsynsytor, kantzoner eller gammal åkermark för att producera viltfoder.

## **7.4 Skadors nyttoeffekter**

Skogsskador behöver inte bara ha negativa effekter på skogen och miljön. Självklart kan det bli stora ekonomiska skador genom att värdefullt virke förstörs eller klassas ned till bränsleved. Skadorna kan dock ha positiva effekter på miljö, tillväxt, upplevelser mm.

### **7.4.1 Död ved**

Ett resultat efter många av de skador som nämnts tidigare är att skog skadas och på sikt dör. Det innebär oftast att det blir ett mer eller mindre stort tillskott av död ved i naturen, beroende på hur stor del av den skadade volymen som tas omhand. Död ved är generellt en viktig faktor för att bevara och skapa förutsättningar för biologisk mångfald.

Död ved, till exempel stående eller liggande trädstammar och stamdelar, är ett livsvillkor för en mängd arter inom vitt skilda grupper. För vissa organismer är den döda veden föda; för andra fungerar den som boplat, växtplats eller skydd. En stor del av de vedlevande arterna har specifika krav på exempelvis trädslag, vedens grad av nedbrytning eller stammarnas grovlek. Särskilt viktig är död ved från lövträd som generellt hyser fler arter och har större variation jämfört med död barrved.

En av de viktigaste skadegörarna är granbarkborrar som skapar både stora ekonomiska skador, men också mycket död ved. Granbarkborrarna är själv föda till ett 70-tal olika djurarter. Många fler konkurrerar med granbarkborren om näringen under barken på nydöda granar, men kan inte själva döda granarna. Granbarkborrens fiender och konkurrenter gynnas bäst av att lämna kvar nydöda granar som koloniserats av andra

arter än granbarkborre. Av alla arter som lever under barken på nydöd gran är det bara granbarkborren som dödar trädet och som därmed måste bekämpas. (Skogsstyrelsen, 2014). Barkborrar har naturliga fiender som myrbaggar, allmän barkbock, styltflugor och hackspettar som antingen äter eller konkurrerar med granbarkborrens larver.

Att gynna de naturliga fienderna är inte en tillräcklig bekämpningsåtgärd vid större angrepp eftersom granbarkborren är snabbare på att kolonisera nya träd. Däremot är det en god förebyggande åtgärd för att hålla den "normala" populationen på en lagom låg nivå, då gynnas också de naturliga fienderna. Samtidigt gynnas resten av den biologiska mångfalden i skogen, inklusive de vednedbrytande svampar som långsamt omvandlar den döda veden till växtnäring i humus.

Ett annat skademoment som gynnar mängden död ved och den biologiska mångfalden är brand. Ett stort antal organismer gynnas av, eller är beroende av skogsbränder, särskilt bland insekter och svampar. Antalet bränder har minskat de senaste 50 åren, men förväntas öka med ett varmare klimat. Detta kan komma att gynna brandberoende organismer i skogen.

#### **7.4.2 Variation**

Något som skogsskador också gör är att de ändrar förutsättningarna i det kvarvarande beståndet. När det gäller storm har ren granskog den största riskfaktorn. När granen blåser omkull får skogen som blir kvar andra förutsättningar. Bildas det luckor eller att hela beståndet behöver avverkas ges lövträden chansen att komma in i området. Antingen genom naturlig föryngring eller genom att plantera lövträd. Behålls lövträdsbestånd eller blandbestånd efter röjning och gallring blir, som tidigare skrivits, beståndet stormfastare och stabilare mot snöbrott. Lövträd är också mindre brandkänsliga jämfört med granen.

Mera lövträd i skogarna har även ett positivt upplevelsevärde, med en luftigare och mer varierad skog. Lövträdens variation över årstiderna är också något som upplevs positivt bland allmänheten.

Större lövandel är också positivt ur naturvårdssynpunkt. Många sällsynta och rödlistade arter är starkt beroende eller sammankopplade med lövträd och lövskogsmiljöer.

## 8 Sammanfattning

Med ett förändrat klimat får vi en ökad tillväxt i skogen med möjlighet att odla fler trädslag. Det innebär också en ökad risk för skador och sjukdomar. En anpassning av skogsbruksmetoderna förbättrar möjligheterna och ökar de positiva effekterna samt minskar riskerna.

Genom att bruka skogen aktivt och använda skogsråvara till att ersätta fossil energi och energikrävande byggmaterial som betong och aluminium gör skogen störst klimatnytta på längre sikt (Lundmark m.fl., 2014).

Vid förnygring blir ett klimatanpassat proveniensval allt viktigare och åtgärder för att skydda plantorna mot olika skadegörare och en ökad frostrisk. Likaså att plantetableringen blir snabb. Med en anpassad skötsel kommer tidpunkten för röjning och gallring i många fall att tidigareläggas eller kanske helt utebli. Undvik gallring i gammal skog. Omloppstiden kan i vissa bestånd bli kortare och en tidigare avverkning ske för att minska risk för bland annat stormar. Det är också bra att skapa kantzoner/bryn med stormfasta trädslag. Lövträd bör gynnas.

I valet av trädslag med hänsyn till framtida klimatförändringar bör inga drastiska förändringar göras. En ökad inblandning av andra trädslag i våra granmonokulturer är ett bra första steg i anpassningen. Denna blandning bör bestå hela omloppstiden. Beakta alltid ståndorten och de lokala klimatförhållanden när du väljer att prova något nytt.

Vi kommer i högre grad behöva göra åtgärder för att motverka markskador. Det innebär smartare planeringssystem och bättre koordinering, där åtgärder krävs för att förbättra överfarter över blöta partier och skogsbilvägar stärks. Åtgärder för att motverka rotröta kan vara stubb-behandling, gallringsfritt skogsbruk eller byte av trädslag, där hela bestånd är utslagna.

Ett förmodat ökat vilttryck är ytterligare en faktor som framförallt i förnygringsfasen, kräver lite extra omtanke. En anpassning av viltstammarna är en viktig åtgärd och ger högre handlingsfrihet vid förnygring. Man kan aktivt verka för att motverka betesskador, förnygra med fler trädslag och skapa en mer varierad skog i röjning och gallring samt skapa viltmat i bryn, ledningsgator eller liknande.

För att gynna biodiversitet och möjligheterna till rekreation kan man minska insatserna på de mer lågproducerande markerna, medan man på de mer produktiva markerna ökar produktionsmöjligheterna .

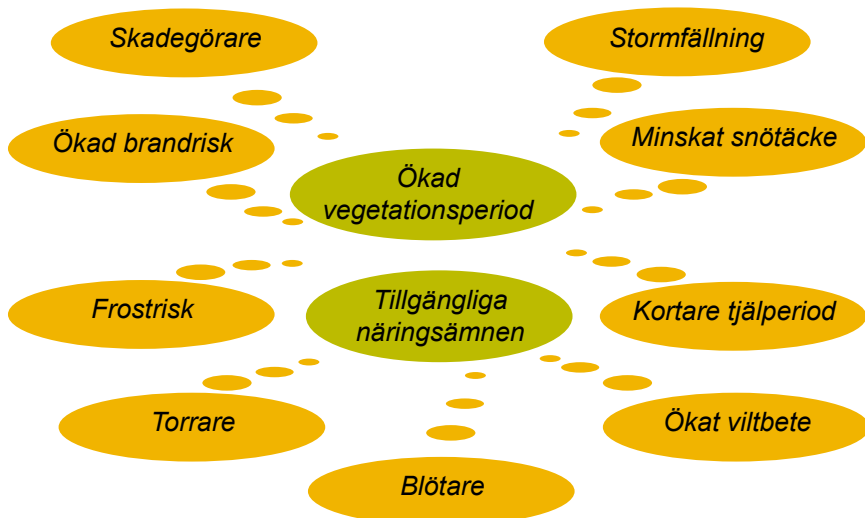
## 8.1 Ändrade förutsättningar

Tidigare har beskrivits hur klimatförändringarna kommer att påverka tillväxtbetingelserna för skogen.

SMHI's klimatanpassningsportal visar att med uppvärmningen flyttar temperaturzonerna norrut. Varje grads höjning av medeltemperaturen motsvarar ett nord-sydligt avstånd inom Sverige på ca 15 mil. En uppvärmning på 3-4 grader innebär också att trädgränsen förflyttas ca 500 m i höjded.

Nordförflyttade klimatzoner och mer extremväder innebär andra förutsättningar för vårt svenska skogsbruk med en ökad tillväxt i skogen samt möjligheter att odla fler trädslag. Det innebär också en ökad risk för skador och sjukdomar. En anpassning av skogsbruksmetoderna förbättrar möjligheterna och utökar de positiva effekterna samt minskar riskerna.

Mer extremväder och störningar, större vädervariationer och ökade produktionsmöjligheter gör att vi måste ha olika strategier för anpassning vid olika situationer (Lindner, 2007). Frekvensen av extremväder kommer förmodligen att vara den faktor som påverkar förändringar i ekosystemen mest.



Figur 2. Effekter av förändrade klimatafaktorer som påverkar skog och miljö.

### 8.1.1 Möjligheter och risker

Förutsättningarna för ökad produktion gynnas av att det blir varmare. Temperaturökningen blir störst under vinterhalvåret, framförallt de allra kallaste dagarna. En ökning av temperaturen med en grad Celsius innebär att vegetationsperioden startar 5-6 dagar tidigare (Karlsen, m.fl., 2007). Vegetationsperioden i Sverige kommer att öka med en till två månader. När det blir varmare i marken ökar nedbrytningen och större mängder växtnäringsämnen frigörs. En högre temperatur påskyndar vittringen av baskatjoner.

För ökad tillväxt behövs också god tillgång på vatten. Generellt sett kommer nederbörden troligen att öka. I södra Sverige, där vattentillgången idag kan vara begränsande, skulle en ökad nederbörd kunna förbättra tillväxten. Samtidigt är det troligt att den ökade nederbörden huvudsakligen kommer på vintern och att somrarna blir torrare än idag. En högre koldioxidhalt kan medföra en högre tillväxt, men den påverkas starkt av tillgången på ljus, vatten och näringsämnen.

En ökad temperatur skapar möjligheter för fler lövträdsdrag i våra skogar. Dessa gynnar den biologiska mångfalden och uppfattas oftast som mer positiva med hänsyn till turism och rekreation.

En ökad mängd skadegörare, som svampar och insekter, är ett troligt scenario i våra skogar. Även rovinsekterna har en trolig positiv utveckling, vilket kan minska skadeeffekterna.

Risken för stormfällning ökar och vid valet av skogsbruksmetod och trädsdrag är detta en viktig faktor att beakta. Ett ökat vilttryck är ytterligare en faktor som, framförallt i föryngringsfasen, kan ställa till problem.

Nederbördsnivåerna ändras enligt ovan och ställer stora krav på planering av drivning och olika åtgärder för att leda vattnet, samtidigt som valet av trädsdrag spelar stor roll. Här spelar också det minskade snötäcket och de kortare tjälperioderna stor roll. Vid valet av skogsbruksmetoder är även den ökade frostrisken att beakta.

Klimatförändringen leder till fler varma och torra somrar, vilket sannolikt ökar risken för brand i hela landet, där den största risken blir i Götaland.

Utvecklingen för framtida ozonförekomst i Sverige är osäker; genomförs beslutade åtgärder i Europa kan ozonförekomsten minska, men utvecklingen globalt kan motverka detta. Ett varmare och fuktigare klimat ökar trädens upptag av ozon och blir på så sätt en riskfaktor (Karlsson, 2013).



Andra faktorer som påverkar såväl hälsotillstånd som produktionsförmågan i våra skogar är förekomst av mykorrhiza och andra mikroorganismer samt deras samspel.

Skogsträdsförädlingens roll kommer att bli mer betydelsefull och i ett framtida klimat behöver vi nya skogsodlingsmaterial för optimal anpassning till både ökade produktionsmöjligheter och ökade risker.



## 9 Referenser

- Almgren, G. 1990.* Lövskog. Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Skogsstyrelsen.
- Almgren, G. Ingelög, T. Ehnström, B. 1984.* Ädellövskog. Ekologi och skötsel. Skogsstyrelsen.
- Barklund, Å. 2007.* Skogsskötsel för en framtid. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, KSLA, tidskrift nr 4, 2007.
- Bengtsson, L. Rosell, S. 2012.* Hyggesfritt skogsbruk. Skogsstyrelsen.
- Bergh, J. 2013.* Förändrat klimat och gödsling - effekter på tillväxt och risken för kväveutlakning. Föreläsning vid KSLA den 16 oktober 2013.
- Bergh, J. (red.) 2012.* Är anpassning av skogsskötseln nödvändigt i dagsläget för att minska skogsskador i ett förändrat klimat. Arbetsrapport nr 43. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap Alnarp. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Bertills, U. & Näsholm, T. 2000.* Effekter på kvävenedfall på skogsekosystem. Rapport 5066. Naturvårdsverkets förlag. ISBN 91-620-5066-4
- Blennow, K. 2013.* Skador och effekter av storm – En Kunskapsöversikt. MSB534
- Berg, B., Gundersen, P., Meentemeyer, V. 2005.* Kolfastläggning uppskalad till svensk skogsmark - en sänka för koldioxid. Fakta skog nr 6, 2005.
- Black-Samuelsson, S. & Ghelardini, L. 2007.* Fenologi hos alm visar samband med almsjuka. Sveriges Lantbruksuniversitet. Fakta Skog, 14, 2007.
- Dahl, Å. & Bolmgren, K. & Langvall, O. 2008.* Se klimatförändringen med egna ögon – gör fenologiska observationer! Svensk botanisk tidskrift 102:1, 2008
- Dahlberg, A. 2011.* Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Slutrapport för delprojekt naturvärden. Rapport 7, 2011. Skogsstyrelsen.
- Eriksson, H. 2007.* Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. Rapport 8, Skogsstyrelsen.
- Emilsson, S. 2006.* Från skogsbränsleuttag till askåterföring. Handbok från RecAsh – ett demonstrationsprojekt inom Life-Miljö. Skogsstyrelsen.

- Enander, K-G. 2009. Fakta skog nr 9, SLU 2009.*
- Eriksson, H. 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar. Rapport 8. 2007, Skogsstyrelsen.*
- Essen von, M (red). 1995. Invintring av granplantor – från lång natt till knoppvila och frosttolerans. Fakta Skog nr 21. Sveriges Lantbruksuniversitet.*
- Europeiska kommissionen 2010, Grönbok, Skogsskydd och skoglig information i EU: Att förbereda skogen för klimatförändring.*
- Fahlvik, N. Johansson, U. Nilsson, U. 2009. Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till utredning om Möjligheter till intensivodling av skog. Rapport. ISBN 978-91-86197-43-8. SLU.*
- Falk, S. 2004. Kan klimatförändringar hota skogens hälsa? Examensarbete. Lunds universitet, Institutionen för ekologi, Avdelningen för växtekologi och systematik.*
- Franklin, O. 2004. Gödslad skog bidrar till minskad växthuseffekt. Fakta skog nr 7, 2004.*
- Fransson, P. Finlay, R. och Taylor, A. 2001. Med mer koldioxid förändras mykorrhizasamhället. Fakta skog nr 3, 2001.*
- Gunnarsson, E. 2009. Diken i skogsmark. Bedömning av produktionsnyttan i ett avrinningsområde i Västergötland. Rapport i projektet Levande Skogsvatten. Världsnaturfonden WWF.*
- Hallgren, P. 2014. Klimatanpassad vägbyggnadsteknik för skogsbilvägar. Rapport, Skogsstyrelsen. <http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/vagar/Skogsbilvagar-och-andra-enskilda-vagar/Behover-vi-fler-och-bättre-vagar/Vagen-och-klimatet/Lathund-for-klimatanpassad-projektering/>*
- Hansen, K. Kronnäs, V. Zetterberg, T. Setterberg, M. Moldan, F. Pettersson, P. och Munthe, J. 2013. Dikesrensningens effekter på Vattenekosystem – DiVa. IVL Svenska Miljöinstitutet AB.*
- Holopainen, T., Palomäki, V., Helmisaari, H-S., Holopainen, J., Kainulainen, P., Lyytikäinen, P., Utriainen, J., Kasurinen, A., Laitinen, K. and Kellomäki, S. 1996. Physiological responses of Pinus sylvestris to changing carbon dioxide and ozone concentrations. The Finnish Research Programme on Climate Change (SILMU). Final Report. Edita Helsinki. 505 p.*
- Hausswolff Juhlin von, K. 2010. Odlingserfarenheter av kustgran i Sverige. Examensarbete nr 147. SLU, Alnarp, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.*

- Henriksson, K. 2014. Ökad tillväxt i skogen. Hämtat den 2 april 2014 från <http://www.slu.se/sv/samverkan-och-innovation/kunskapsbank/2007/9/okad-tillvaxt-i-skogen>.*
- Högbom, L. 2002. Projekt Kväve 2002: Kvävegödsling och miljön. Resultat nr 14, 2002. Skogforsk.*
- Jansson, G och Månsson, J. 2009. Vildsvinen och skogsbruket, SLU Fakta skog nr 1, 2009*
- Jordbruksverket (den 4 november 2014). Markavvattning och dagvatten. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/dranering-ochbevattning/markavvattningochdagvatten.4.7a446fa211f3c824a0e8000171076.html>.*
- Kalén, C., Bergquist, J. Fihn, R och Krekula, H 2009. Viltanpassad skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador. Rapport 2 Skogsstyrelsen*
- Kasimir Klemedtsson, Å. 2013. Skog och jordbruk på dikade våtmarker avger stora mängder växthusgaser. Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs universitet. BECC policy brief nr 03, 2013.*
- Kellomäki, S., Rouvinen, I., Peltola, H., Strandman, H. & Steinbrecher, R. 2001. Impact of global warming on the tree species composition of boreal forests in Finland and effects on emission of isoprenoids. Global Change Biology, 7: 531–544.*
- Klingström, L. 2013. Skog och Framtid. nr 1 2013. SLU och Future Forests.*
- Koskela, J. Buck, A. and Tessier du Cros, E. 2007. Climate change and forest genetic diversity. Implications for sustainable forest management in Europe. European forest genetic resources programme*
- Kritensen, E. 2011. Överlevnad, tillväxt och skador i planteringar av sitkagran efter stormen Gudrun. Examensarbete nr 181. SLU, Alnarp, institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.*
- Lindahl, B. Finlay, R. 2001. Svamparnas krig – hård konkurrens om näringen i marken. Fakta Skog nr 5, 2001. SLU.*
- Lindner, M. 2007. How to adapt forest management in response to the challenges of climate change? In: Koskela, J., Buck, A. and Tessier du Cros, E. (Eds) 2007. Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. pp. 31–42.*
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., Sathre, R., Taverna, R. and Werner, F. 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation.*

- Forests 2014, 5, 557-578. Hur påverkas granarnas tillväxt av det ändrande klimatet?
- Lundberg, C. 2014.* Branschstatistik 2013. Skogsindustrin ISSN: 1402-6740.
- Löf, M. Möller-Madsen, E. Rytter, L. 2009.* Skötsel av ädellövskog. Skogsskötselserien nr 10, Skogsstyrelsen.
- Magnusson, T. 2009.* Skogsbruk, mark och vatten. Skogsskötselserien nr 13. Skogsstyrelsen.
- Marmolin, C., 2012.* Grönsaksproduktion i Sverige 20140. Hushållningssällskapet. Rapport nr 4 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.
- Melin, M., Sigfridsson, K., Strand, L. 2010.* Växtodling i Sverige 2040. Hushållningssällskapet. Rapport nr 2 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.
- Mellander, P-E. 2004.* Sen vår ger kraftigt hämmad tillväxt. Fakta skog nr 3, 2004.
- Metla 1, 2014, Mäkinen, H., Nöjd, P., Jyske, T., Mielikäinen, K., Kalliokoski, T., Repo, T., Lumme, I. 2012.* Kuusen kasvu muuttuvassa ilmastossa. Metsätieteen aikakauskirja 4/2012: 307–311. Hur påverkas granarnas tillväxt av det ändrade klimatet? Hämtat från <http://www.metla.fi/uutiskirje/rannikkometsat/2013-02/uutinen1.htm>
- Metla 2) 2014. Huitu, O., Rousi, M. & Henttonen, H. 2013.* Integration of vole management to boreal silvicultural practices.( Pest Management Science 69: 355-361. Hämtat från: <http://www.metla.fi/uutiskirje/rannikkometsat/2013-02/uutinen3.htm>
- Mossing, A. (red) 2013.* Årsrapport från Future Forests. SLU.
- Morén A-S., Grelle, A. och Lindroth. A. 2000.* Kolbalansen i svenska skogar. Fakta skog nr 2, 2000.
- Naturvårdsverket 2007.* FN:s Klimatpanel 2007: Syntesrapport. Rapport 5763. ISBN 978-91-620-5763-3.
- Naturvårdsverket. 2007.* FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden. Rapport 5677. Stockholm. ISBN 91-620-5677-8
- Naturvårdsverket 2012.* Sammanställd information om ekosystemtjänster. Skrivelse 2012-10-31 ärendenr: NV-00841-12
- Nilsson, M-C. 2008.* Nedgrävt träkol överskattad klimatlösning. Artikel i Västerbottenkuriren den 2 maj 2008.
- Nilsson, S. 2010.* Klimatet i Sverige 2040. Hushållningssällskapet. Rapport nr 1 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.

- Henriksson, K. 2014. Ökad tillväxt i skogen. Hämtat den 2 april 2014 från <http://www.slu.se/sv/samverkan-och-innovation/kunskapsbank/2007/9/okad-tillvaxt-i-skogen>.*
- Högbom, L. 2002. Projekt Kväve 2002: Kvävegödsling och miljön. Resultat nr 14, 2002. Skogforsk.*
- Jansson, G och Månsson, J. 2009. Vildsvinen och skogsbruket, SLU Fakta skog nr 1, 2009*
- Jordbruksverket (den 4 november 2014). Markavvattning och dagvatten. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/dranering-ochbevattning/markavvattningochdagvatten.4.7a446fa211f3c824a0e8000171076.html>.*
- Kalén, C., Bergquist, J. Fihn, R och Krekula, H 2009. Viltanpassad skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador. Rapport 2 Skogsstyrelsen*
- Kasimir Klemedtsson, Å. 2013. Skog och jordbruk på dikade våtmarker avger stora mängder växthusgaser. Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs universitet. BECC policy brief nr 03, 2013.*
- Kellomäki, S., Rouvinen, I., Peltola, H., Strandman, H. & Steinbrecher, R. 2001. Impact of global warming on the tree species composition of boreal forests in Finland and effects on emission of isoprenoids. Global Change Biology, 7: 531–544.*
- Klingström, L. 2013. Skog och Framtid. nr 1 2013. SLU och Future Forests.*
- Koskela, J. Buck, A. and Tessier du Cros, E. 2007. Climate change and forest genetic diversity. Implications for sustainable forest management in Europe. European forest genetic resources programme*
- Kritensen, E. 2011. Överlevnad, tillväxt och skador i planteringar av sitkagran efter stormen Gudrun. Examensarbete nr 181. SLU, Alnarp, institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.*
- Lindahl, B. Finlay, R. 2001. Svamparnas krig – hård konkurrens om näringen i marken. Fakta Skog nr 5, 2001. SLU.*
- Lindner, M. 2007. How to adapt forest management in response to the challenges of climate change? In: Koskela, J., Buck, A. and Tessier du Cros, E. (Eds) 2007. Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. pp. 31–42.*
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., Sathre, R., Taverna, R. and Werner, F. 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation.*

- Forests 2014, 5, 557-578. Hur påverkas granarnas tillväxt av det ändrande klimatet?
- Lundberg, C. 2014. Branschstatistik 2013. Skogsindustrin ISSN: 1402-6740.
- Löf, M. Möller-Madsen, E. Rytter, L. 2009. Skötsel av ädellövskog. Skogsskötselserien nr 10, Skogsstyrelsen.
- Magnusson, T. 2009. Skogsbruk, mark och vatten. Skogsskötselserien nr 13. Skogsstyrelsen.
- Marmolin, C., 2012. Grönsaksproduktion i Sverige 20140. Hushållningssällskapet. Rapport nr 4 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.
- Melin, M., Sigfridsson, K., Strand, L. 2010. Växtodling i Sverige 2040. Hushållningssällskapet. Rapport nr 2 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.
- Mellander, P-E. 2004. Sen vår ger kraftigt hämmad tillväxt. Fakta skog nr 3, 2004.
- Metla 1, 2014, Mäkinen, H., Nöjd, P., Jyske, T., Mielikäinen, K., Kalliokoski, T., Repo, T., Lumme, I. 2012. Kuusen kasvu muuttuvassa ilmastossa. Metsätieteen aikakauskirja 4/2012: 307–311. Hur påverkas granarnas tillväxt av det ändrade klimatet? Hämtat från <http://www.metla.fi/uutiskirje/rannikkometsat/2013-02/uutinen1.htm>
- Metla 2) 2014. Huitu, O., Rousi, M. & Henttonen, H. 2013. Integration of vole management to boreal silvicultural practices. ( Pest Management Science 69: 355-361. Hämtat från: <http://www.metla.fi/uutiskirje/rannikkometsat/2013-02/uutinen3.htm>
- Mossing, A. (red) 2013. Årsrapport från Future Forests. SLU.
- Morén A-S., Grelle, A. och Lindroth. A. 2000. Kolbalansen i svenska skogar. Fakta skog nr 2, 2000.
- Naturvårdsverket 2007. FN:s Klimatpanel 2007: Syntesrapport. Rapport 5763. ISBN 978-91-620-5763-3.
- Naturvårdsverket. 2007. FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden. Rapport 5677. Stockholm. ISBN 91-620-5677-8
- Naturvårdsverket 2012. Sammanställd information om ekosystemtjänster. Skrivelse 2012-10-31 ärendenr: NV-00841-12
- Nilsson, M-C. 2008. Nedgrävt träkol överskattad klimatlösning. Artikel i Västerbottenkuriren den 2 maj 2008.
- Nilsson, S. 2010. Klimatet i Sverige 2040. Hushållningssällskapet. Rapport nr 1 Gradvis- Klimatoptimerar svenskt lantbruk.



- TEEB (2010) Ecological and Economic Foundations, Earthscan*
- Valinger och Fridman 2011. Sparat löv i granbestånden minskar risken för stormskador vintertid. SLU Fakta skog nr 7 2011.*
- Vollbrecht, G. 1994. Effects of silvicultural practices on the incidence of root and butt rot in Norway spruce with special emphasis on Heterobasidion anno-sum. Doktorsavhandling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp, 37 s*
- Wallander, H. 2013. Livet under markytan -varför är det viktigt och hur påverkas det av skogsbruk? Föreläsning vid KSLA den 16 oktober 2013.*
- Wallertz, K. Frisk, J. Johansson, U. Örlander, G. 2013. Odlingstester och proveniensförsök med douglasgran i södra Sverige. Dokumentation av etablering och tidig utveckling för planteringar 2009 och 2010. Rapport 6, SLU, Asa. Enheten för skoglig fältforskning.*
- Wikars, L-O 2006. Åtgärdsprogram för bevarande av brandinsekter i boreal skog. Rapport 5610, Naturvårdsverket*
- Witzell Johanna., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hanson, L., Hansson, P., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell och Jesper, Åhman, I. 2009. Skador på skog Skogsskötselserien nr 12.*



**GRADVIS°**

Klimatoptimerar svenskt skogsbruk