

# Skogsbrand och miljö

Organisation och tillämpningar för framtida  
arbete inom räddningstjänsten

1999 Räddningsverket, Karlstad  
Räddningstjänstavdelningen.  
ISBN 91-7253-008-1

Beställningsnummer P21-285/99  
1999 års utgåva

# Skogsbrand och miljö

Organisation och tillämpningar för framtida arbete inom  
räddningstjänsten

Erik Hellberg och Anders Granström  
Institutionen för skoglig vegetationsekologi  
Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå

# Innehållsförteckning

ABSTRACT.....	5
SAMMANFATTNING .....	7
INLEDNING .....	9
BRANDREGIMER I VÄRLDENS EKOSYSTEM .....	10
BOREALA OMRÅDEN.....	12
TEMPERERADE OMRÅDEN.....	14
TROPISKA OMRÅDEN .....	17
UTSLÄPP TILL ATMOSFÄREN FRÅN SKOGSBRAND.....	19
KOLFÖRENINGAR .....	20
KVÄVEFÖRENINGAR.....	20
ÖVRIGA FÖRENINGAR.....	20
PARTIKLAR.....	21
OMFATTNING AV VEGETATIONSBRÄNDER.....	21
BETYDELSEN AV UTSLÄPP FRÅN BRÄNDER I DEN BOREALA ZONEN.....	21
BETYDELSEN AV UTSLÄPP FRÅN BRÄNDER PÅ SKOGSMARK I SVERIGE.....	22
BRÄNNING PÅ SKOGSMARK .....	22
BRÄNNING FÖR ATT REDUCERA BRÄNSLEMÄNGDER .....	23
BRÄNNING INOM SKOGSSKÖTSELN .....	23
BRÄNNING I NATURSKYDDADE OMRÅDEN .....	24
OMFATTNING AV BRÄNNINGAR I SVERIGE.....	24
KOSTNADER OCH RESURSER SOM SATSAS PÅ BRÄNNING.....	27
KOMPETENS OCH INFORMATION VID BRÄNNING.....	28
RÄDDNINGSTJÄNSTENS FÖRHÅLLANDE TILL HYGGES- OCH NATURVÅRDSBRÄNNINGAR .....	28
MILJÖHÄNSYN VID SLÄCKNING AV SKOGSBRAND.....	30
PLANERING OCH TAKTIK VID SLÄCKNING.....	30
ANLÄGGANDE AV BRANDHINDER .....	31
VATTENTAG .....	32
BETYDELSEN OCH PÅVERKAN AV TILLSATSMEDEL VID SLÄCKNING.....	33
SÄKRING AV BRANDGRÄNSER OCH BEVAKNING.....	34
MILJÖ OCH SKOGSBRAND. LAGSTIFTNING OCH POLITISKA VILJEYTTTRINGAR INOM SVERIGE OCH EU .....	34
RÄDDNINGSTJÄNSTLAGEN OCH RÄDDNINGSTJÄNSTFÖRORDNINGEN.....	35
EU:S FÖRORDNING OM SKYDD AV SKOGAR MOT SKOGSBRAND.....	35
RIO-KONVENTIONEN.....	36
SKOGSVÅRDSLAGEN.....	36
PLANER FÖR BEVARANDE AV BIOLOGISK MÅNGFALD.....	37
MILJÖBALKEN .....	37
MILJÖLEDNINGSSYSTEM I STATLIG FÖRVALTNING .....	38
SKOGSBRANDSPOLICY.....	38
USA.....	38
KANADA .....	40
RYSSLAND .....	41
NORDEN.....	42
SVERIGE.....	43
SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	44
REFERENSER .....	47

# Abstract

## Forest fire management and environment in Sweden. Legislation, organization, and the future role for the fire-fighting organization.

In recent time there has been an increasing interest in the ecological role of fire and the management of forest fire in Sweden. This report deals with the environmental implications of various actions taken by the fire fighting organizations. This is discussed against an overview of fire regimes in Sweden and how they have changed over the past few hundred years due to human interference. The potential future role of the fire fighting organizations is outlined.

After a long period of effective fire suppression, fire is rare in the Swedish forest which has caused problems for the survival of fire adapted species. Another problem is the continually changing stand structure in protected forest areas (i.e. nature reserves and national parks), due to lack of fire disturbance. The Swedish board of forestry and the Swedish environmental protection agency conclude that the reintroduction of fire in the forest landscape is essential.

Forest fire fighting in Sweden is handled by the fire brigades of the municipalities. These are of course highly focused on fires in buildings and generally have little experience with forest fires. There is no formal training in forest fire behavior or fire fighting techniques. Most fires are however stopped at a very early stage of development, due to a rapid dispatch and an extensive road network in the forest. The legal basis for acting on forest fires (and various other calamities) is Rådningstjänstlagen (Rescue Service Act), which states the obligation for the state and local authorities to undertake an operation in case of threats to life, property or the environment. It is also stated that the values at risk should be weighed against the cost of the operation. Due to the ecological setting of weather, fuels and biota, forest fires in Sweden are never a threat to the environment and rarely to people. Thus, the near complete control of fires today should rest solely on economy. At the same time both environmental authorities and the forestry sector realize that the present lack of fire is a threat to biodiversity, and they therefore act to increase the yearly amount of burned forest land through prescribed burning.

In practice, such operations need to be conducted during "high risk" levels of drought, when there is a general ban on outdoor burning. Typically, it is the fire chief in the municipality who can make an exemption from the ban. An advanced understanding of fire behaviour within the fire-fighting organization is therefore necessary for the successful implementation of any program of prescribed fires.

Prescribed burning with environmental objectives started in the early 1990's. A survey of the activity of prescribed burning shows that most of the burning is conducted by forest companies. Private woodlot owners and environmental authorities conduct prescribed burning to a much lesser extent. Within the next few years circa 5% of the annually cut forest area will be treated with prescribed fire. In the management of protected areas there is a discussion about allowing prescribed natural fires to burn. There is however little realism in these plans, since most forest reserves in Sweden are very small. The chance for ignition from lightning is negligible for small pieces of land (typically in the order of one ignition per 500-1000 years for a 100 hectare reserve). Further, such a policy needs to be backed by a highly trained and experienced organization, and at a high cost.

Fires can not be viewed strictly as local phenomena since the various gasses and particles emitted may affect the atmospheric chemistry and the radiation balance of the atmosphere. The emissions from forest fires and prescribed fires in Sweden should however be insignificantly small in comparison with the emissions from biomass burning worldwide and more importantly, with Sweden's own contribution from burning of fossil fuel.

The environmental impact of the suppression methods used in Sweden is not large. Helicopters are relatively often used, but retardants or other chemicals are never added to the water. On a few larger fires in recent time, massive fuel breaks have been created with caterpillars. Burnout operations could be a much more effective tool, but this is never used today, due to lack of training in the suppression crews.

# Sammanfattning

Under senare tid har miljöfrågor som rör skogsbrand fått stor uppmärksamhet både i Sverige och internationellt. I den här rapporten ges en översikt av dessa frågor både internationellt och på lokal nivå. Situationen i vårt land diskuteras mer ingående, med utgångspunkt från Räddningstjänstens roll. För att kunna hantera olika taktiska och strategiska frågor kring brandbekämpning och aktiva bränningsoperationer måste man känna till skogseldens naturliga roll i olika ekosystem och hur dagens situation förhåller sig till denna historik. Internationell såväl som inhemsk forskning visar att betydande förändringar av den lokala brandregimen ger upphov till olika miljöproblem. I Sverige har en lång tid av effektiv skogsbrandbekämpning resulterat i att vissa brandgenererade habitat, såsom avsvedd mark och branddödade träd, är mycket ovanliga. Detta har i sin tur lett till att många brandberoende arter har svårt att överleva. Förändringar av skogsstrukturen i naturreservat och nationalparker har också uppmärksammats som ett problem. Genom undertecknandet av internationella konventioner om biologisk mångfald är Sverige ålagt att bevara arter i livskraftiga bestånd både inom naturskyddade områden och inom den brukade delen av skogsmarken. Både Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen uppmärksammar skogsbrand som en central faktor i detta arbete.

Vegetationsbränders roll för den globala miljöbelastningen har också rönt stor uppmärksamhet. En rad ämnen som släpps ut vid bränder påverkar strålningsbalansen och den kemiska sammansättningen i atmosfären. I Sverige är dock omfattningen av skogsbränder och bränningar på skogsmark ytterst marginell i ett globalt perspektiv, liksom även i jämförelse med utsläppen från industriell förbränning, varför detta inte bör betraktas som ett kvantitativt väsentligt problem i vårt land.

I Sverige är skogselden alltså positiv ur miljösynpunkt och för att öka arealen bränd mark har man börjat med aktiva bränningsoperationer i naturvårdande syfte. Detta har pågått i ganska blygsam skala sedan början av 1990-talet men kommer att öka relativt kraftigt under de närmaste åren. En sammanställning över omfattningen av bränningar på skogsmark visar att det främst är skogsbolagen som bränner. Bränningar som utförs av enskilda skogsägare och naturvårdsmyndigheter har betydligt mindre omfattning.

Den lokala Räddningstjänsten tvingas ta ställning till alla hygges- och naturvårdsbränningar, eftersom de i allmänhet kommer att utföras under perioder då det råder eldningsförbud, för att få avsedd ekologisk verkan. Räddningstjänsternas kompetens vad gäller skogsbränders beteende i olika vädersituationer och olika skogstyper är därför avgörande för att detta arbete skall kunna genomföras. I naturskyddade områden skulle man potentiellt kunna tänka sig att naturligt uppkomna bränder skall få brinna till dess de stannar mot en naturligt brandhinder eller släcks av regn. Detta har berörts i skötselplanerna för vissa reservat. I de flesta fall är dock de

svenska skogsreservatens yta för liten för att detta skall kunna vara ett realistiskt alternativ.

Vid släckningen av bränder finns en rad faktorer som är intressanta ur miljösynpunkt. Eftersom besluten måste tas snabbt är det viktigt att ha klara riktlinjer för hur släckningsarbetet skall gå till för att påverkan på miljön skall bli så liten som möjligt. Miljöeffekterna av olika moment och metoder i släckningsarbetet diskuteras kortfattat i rapporten.

Under de senaste decenniet har synen på skogselden förändrats inom skogsnäringen. Betydande insatser görs för att återge elden en roll i tidigare brandpräglade skogsekosystem. En motsvarande utveckling har skett i andra länder med utvecklad ekonomi. På flera håll har man utarbetat policydokument som klargör dessa frågor. I Sverige skulle en sammanhållen policy vara än mer påkallad än i många andra stater, eftersom skogsbrandförsvaret ligger under kommunernas räddningstjänster, och därmed är starkt decentraliserat och med liten chans till kraftfulla initiativ.

Nyckelord: Policy, miljö, skogsbrand, hyggesbränning, naturvårdsbränning, brandekologi, skogsbrandssläckning.



# Inledning

Bakgrunden till denna utredning är Rådningstjänstens behov av en policy för området skogsbrand och bränning på skogsmark. Skogsbrandens betydelse som ekologisk faktor har blivit stadigt mer uppmärksammas både i Sverige och internationellt. För att kunna ta ställning i olika frågor som rör skogsbrand och skogsbrandbekämpning krävs kunskaper om skogseldens ekologi. Vid diskussioner om brandens påverkan på ekosystem brukar begreppet brandregim användas. I detta begrepp innefattas alla de variabler som bestämmer brandens effekt på ekosystemet inom ett område. De viktigaste variablerna är brändernas frekvens, storlek, intensitet, hårdhet och under vilken säsong de förekommer. Människan har och har länge haft en stor påverkan på brandregimen i olika områden vilket lett till konsekvenser för miljön. Det är alltså viktigt att veta hur den naturliga brandregimen förändrats av människan, I denna rapport finns en översikt över de naturliga brandregimerna i världens biom (område med liknande klimatiska förutsättningar för vegetationen), hur dessa förändrats av människan och vilka problem detta lett till. Miljöproblem kommer att uppstå både om det brinner oftare eller mer sällan än vad som varit normalt i ett historiskt perspektiv. Utöver den lokala påverkan på miljön som orsakas av förändringarna i brandregim påverkar branden den globala miljön genom de utsläpp som sker till atmosfären vid bränderna. Utsläppen från vegetationsbränder innehåller en rad ämnen som påverkar atmosfärens sammansättning och strålningsförhållanden.

I det internationella arbetet med skogsbränder används ofta termen "fire management" vilket har en nyckelposition inom området skogsbrand och miljö. Termen inkluderar alla aktiviteter som rör skogsbrand. Släckning och förebyggande åtgärder för att minska brändernas omfattning är en mycket viktig del, men kontrollerade bränningar för att nå olika syften samt att låta vissa bränder brinna där detta anses lämplig är också viktiga komponenter i vissa länder. I de flesta utvecklade ekonomier har relationen till skogsbrand följt ett typiskt mönster. Från början inriktas arbetet på att helt eliminera elden, oberoende av den naturliga brandregimen, eller ekonomiska Överväganden. Med ökad kunskap sker så småningom en utveckling för att mer och mer anpassa insatserna till de ekologiska och ekonomiska förutsättningarna inom varje område. Denna process har varit tydligast i de delar av världen där en total brandeliminering på sikt inte är varken ekonomiskt möjlig eller ekologiskt önskvärd, såsom i västra Nordamerika (Pyne m fl 1996).

De uppenbart globala miljöaspekterna inom brandområdet, främst utsläppen till atmosfären, har inspirerat till internationella forskningsinsatser och stödåtgärder för att organisera "fire management" runt om i världen (Pyne m fl 1996). Att införa någon form av internationell "fire management" är dock mycket svårt eftersom varje lands brandorganisation styrs av inhemska lagar och riktlinjer. Mycket arbete bedrivs dock för att öka kunskaperna om brandens ekologi och dess påverkan på miljön, vilket är ett viktigt steg mot en internationalisering. Att många fattigare länder har en bristfällig

organisation vad gäller "fire management" är förståeligt. FN:s underorganisation FAO har därför drivit projekt sedan 1950-talet i syfte att stötta utvecklingen av brandförsvaret i fattigare länder (Troensegaard 1990). Många länder i Europa och Nordamerika har dessutom på egna initiativ stöttat uppbyggnaden av fungerande skogsbrandmyndigheter i tredje världen (Pyne m fl 1996).

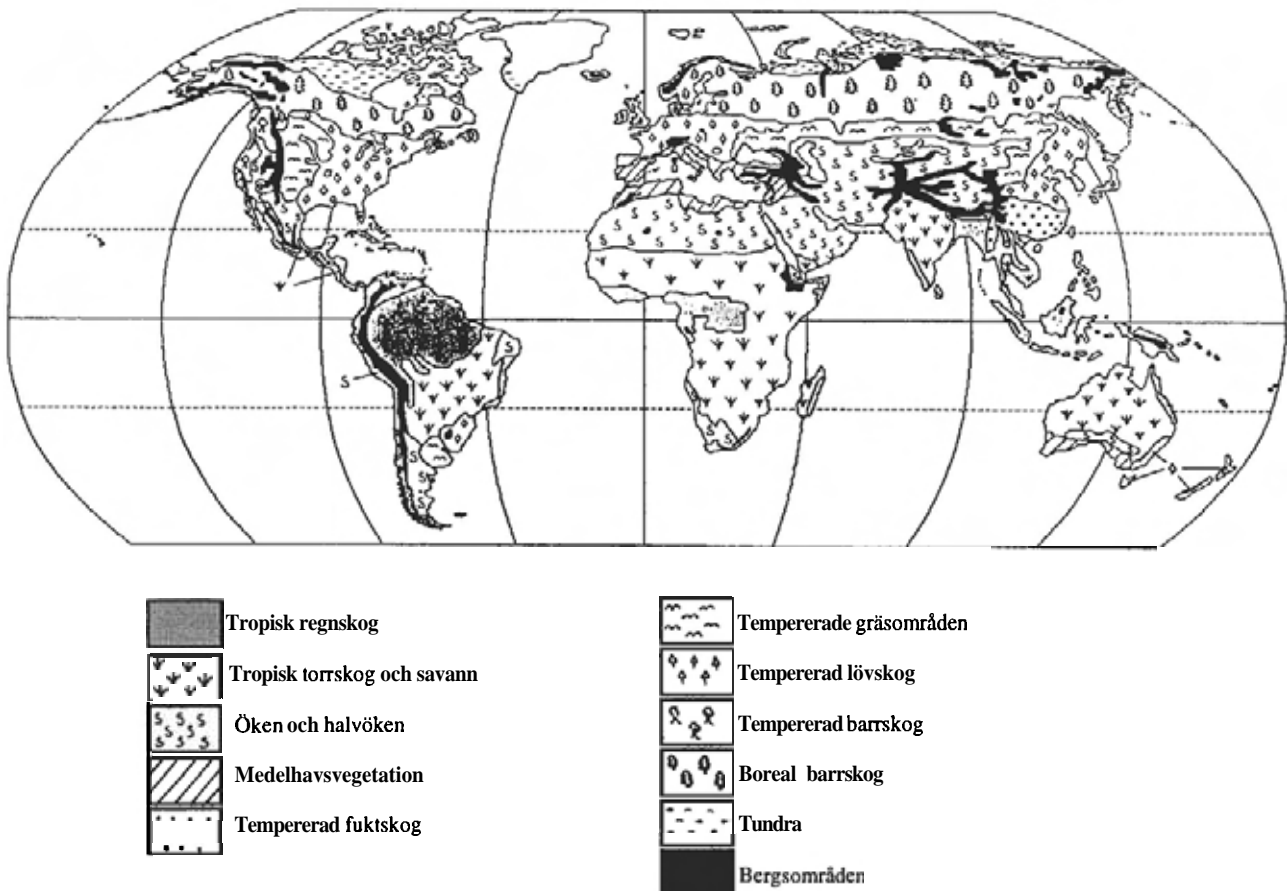
I Sverige är problemet att det brinner för lite. Detta har uppmärksammats som ett stort hot mot den biologiska mångfalden, varför man börjat med aktiva bränningar på skogsmark under det senaste decenniet. Det är dessutom viktigt att beakta miljöaspekterna vid släckningen av skogsbränder, både genom taktiken och vid speciella åtgärder, t ex användandet av tillsatsmedel, vattentäkt och anläggandet av brandhinder. För att miljöarbetet skall fungera tillfredsställande krävs klara riktlinjer för Räddningstjänstens verksamhet. Många länder har en utvecklad policy, som berör både brandbekämpning och olika miljöfrågor. Med det ökande intresset i vårt land för skogselden som en naturlig störningsfaktor behövs klara riktlinjer för räddningstjänsterna i dessa frågor. Myndigheterna har dessutom fått ett vidgat sektorsansvar för miljöfrågor av staten efter beslut av regeringen.

## Brandregimer i världens ekosystem

Med undantag för öknar och områden med gles vegetation förekommer brand i nästan alla världens biom. För att det skall kunna brinna krävs det att en rad faktorer är uppfyllda. Det måste finnas tillräckligt med bränsle för att kunna bära en brand. Bränslet måste dessutom vara fördelat så att det bildar en kontinuerlig bränslebädd samt vara tillräckligt torrt för att kunna brinna. Mängden bränsle, dess fördelning i horisontal och vertikal led och dess fukthalt är avgörande för brandens beteende och därmed för dess effekter på ekosystemet. Om ovan nämnda faktorer är uppfyllda krävs det bara något som antänder bränslet för att en brand skall starta. Detta sker naturligt genom blixtantändning, men människan är också en betydande faktor vid antändningen av bränder. I många områden, t ex den boreala skogen, är elden en viktig ekologisk faktor, medan den kan vara förödande för den biologiska mångfalden i andra regioner, exempelvis i den tropiska regnskogen, där bränder naturligt förekommit mycket sällan. Genom att förändra den naturliga brandregimen kan människan påverka den ekologiska dynamiken i ett område avsevärt. "Fire management" måste därför anpassas till de lokala problemen och förutsättningarna. I vissa regioner, såsom i de tempererade barrskogarna i västra USA och i eucalyptusskogarna i Australien, leder en effektiv brandbekämpning till problem genom en abnorm bränsleuppbyggnad och förändringar i vegetationssammansättningen, vilket kan leda till ett ändrat brandbeteende. I det boreala området är däremot en normal bränsleuppbyggnad inget problem. I Sverige brinner det mycket lite vilket i sig är ett hot mot den

problem. I Sverige brinner det mycket lite vilket i sig är ett hot mot den biologiska mångfalden, i Sydostasiens regnskogar är istället hotet mot biodiversiteten att det brinner för mycket. För att förstå eldens roll i ekosystemen är det viktigt att känna till brandhistoriken i olika områden och hur den för håller sig till dagens brandregimer.

Det finns en aktiv internationell debatt på det här området, vilken också fortplantar sig till vårt land. Det är därför viktigt att förstå de specifika ekologiska förutsättningarna bakom olika argument. Vad som är giltigt i en region behöver inte alls vara det i en annan. Nedan följer en översikt över brandregimer i de delar av världen där elden utgör en viktig ekologisk faktor. Översikten är uppdelad i boreala, tempererade och tropiska områden. De tropiska områdena sträcker sig ungefärligen till den trettionde breddgraden i både sydlig och nordlig led från ekvatorn och innefattar tropiska skogar och savannområden (Figur 1). Norr och söder om detta ligger de tempererade områdena där det är en stor variation i vegetation beroende på klimatiska förutsättningar. Närmast tropikerna finns områden med medelhavsvegetation och tempererade gräsområden. Därefter vidtar tempererade skogar. På norra halvklotet finner man sedan det världsomspännande boreala området. För varje biom redovisas eldens naturliga roll, hur den påverkar ekosystemet samt hur dagens brandregim förhåller sig till den naturliga.



**Figur 1.** Förenklad karta över biomens utbredning i världen efter Walter (1985).

## Boreala områden

Den boreala zonen sträcker sig runt hela den norra delen av jordklotet och innefattar Kanada, norra USA samt stora delar av Skandinavien, Finland och Ryssland (Fig. 1). Det boreala området domineras av barrskogar. Klimatet karakteriseras av långa vintrar och kort, men intensiv växtsäsong. I hela detta område är elden en mycket viktig ekologisk faktor då återkommande bränder har präglat dynamiken och format skogslandskapet. Skogselden skapar unika livsmiljöer för växter och djur, som under årmiljoner anpassat sig till återkommande brandstörningar. En del arter är mycket starkt anpassade till att skogen brinner och hotas av utrotning om de inte får tillgång till de speciella livsmiljöer som elden skapar (Wikars 1992). Bland dessa arter finner man dels de som är direkt beroende av branden genom att de utnyttjar de färskas brandfälten som växtplats eller yngelplats. En art som har blivit något av en symbol för behovet av skogsbrand är den sotsvarta praktbaggen (*Melanophila acuminata*). Med hjälp av sinnesorgan känsliga för infraröd strålning (värmestrålning) kan de spåra brandfält på långa avstånd där de finner såväl sin partner som lämpliga yngelplatser. De träd som dör i branden utgör ett unikt substrat som utnyttjas av ett stort antal specialiserade insektsarter under tiden närmast efter branden. Många växter gynnas också av brand. Det är främst i sydöstra Sverige, där man har den högsta blixtantändningsfrekvensen (Granström 1991a, 1993), som man hittar de verkliga brandspecialisterna bland växterna. Ett exempel på en extrem anpassning till brand är de två arterna brandnäva (*Geranium lanuginosum*) och svedjenäva (*Geranium bohemicum*) (Granström 1991a). De båda arterna har frön som vilar i marken till dess de utsätts för temperaturer över 50°C (Granström och Schimmel 1993). Dessa arter har dålig spridningsförmåga och är därför beroende av att elden återkommer på växtplatsen.. Det finns dessutom många växt- och djurarter som är indirekt beroende av skogselden genom att de utnyttjar substrat (t ex branddödade träd) som bildas vid branden eller genom att de är knutna till speciella vegetationstyper som uppkommer efter brand, t ex lövbrännor.

Förutom direkt påverkan på biodiversiteten har skogselden ett starkt inflytande över beståndsstrukturen. Om en skog får utvecklas utan brandstörning kommer skuggtåliga trädslag på sikt att eliminera de mer ljuskrävande. Exempelvis kan tall och björk slås ut av gran. Detta är ett problem i reservatsområden som skapats för att bevara ett naturligt skogstillstånd (Linder 1998).

En annan potentiellt viktig aspekt är skogseldens långsiktiga effekter på marktillståndet. Det är känt sedan länge att elden höjer markens pH dramatiskt och att effekten kan kvarstå ett par decennier (Viro 1974). Undersökningar av sjösediment i södra Sverige har visat på stora förändringar i pHvärdet i sjövattnen, kopplat till förändringar i brandregimen (Renberg m fl 1993). Det är också möjligt att kolet som bildas vid skogsbränder har genomgripande effekter på markprocesser som nedbrytning och näringsmobilisering (Zackrisson 1996).

Skogsbrandens effekter på ekosystemet och ekosystemets anpassning till brand varierar inom det boreala området. Olika förutsättningar vad gäller bränsletyper, bränslemängder, landskapets struktur, klimat och vegetationssammansättning ger upphov till en stor variation i brändernas karaktärer. Intervallen mellan bränder är betydligt längre än i områden med varmare och torrare klimat. Å andra sidan är bränderna i den boreala zonen ofta av hög intensitet relativt andra biomer, vilket beror på de stora bränslemängderna som finns tillgängliga för elden (Johnsson 1992). I Nordamerika är kronbrand (toppeld) vanligt vilket gör bränderna mycket intensiva. I Sverige är dock kronbrand ovanligt. Bränderna i den boreala zonen är ofta mycket stora. I Kanada och Sibirien är bränder på över 100 000 hektar vanliga (Johnsson 1992, Stocks m fl 1996). I Sverige har brandhistoriska undersökningar visat att bränder på flera 10 000-tals hektar förekommit (Niklasson & Granström 1998).

I Sverige är brandhistoriken relativt väl undersökt i de norra delarna av landet. Undersökningarna sträcker sig ca 700 år tillbaka i tiden och visar att intervallen mellan branderna varierat mellan ca 50 och 150 år (Wretling 1932, Kohh 1975, Zackrisson 1977, Engelmark 1984, Hellberg 1998, Linder 1988, Niklasson och Granström 1998). Riktigt fuktiga sumpskogsmiljöer har brunnit mycket sällan, ofta med flera hundra år mellan bränderna (Hörnberg m fl 1995). I de södra delarna av landet är brandhistoriken mindre känd, men de undersökningar som gjorts visar på mycket korta brandintervall i barrskogsområden. (exempelvis omkring 20 år för Tiveden (Page m fl 1997, Mats Niklasson opublicerat)). Förekomsten av brand har påverkats starkt av människan under vissa tidsperioder genom att de bränt områden för att odla eller förbättra betet för kreatur i skogen (Granström 1991). Detta har haft en betydande effekt på brändernas utbredning och frekvens (Niklasson och Granström 1998). När timmer och massaved från våra skogar blev en värdefull resurs under den senare delen av 1800-talet kom brandfrekvensen att förändras drastiskt. För att skydda de ekonomiskt värdefulla skogarna började bränder bekämpas. Under de senaste decennierna har den successiva utbyggnaden av skogsbilsvagnätet gjort att man allt snabbare kunnat nå fram till branderna. Vägarna kan dessutom fungera som brandhinder. Under hela 1900-talet har brandarealerna minskat i den skandinaviska delen av den boreala zonen, och idag är elden nästan helt eliminerad som naturlig störningsfaktor i våra ekosystem. Under naturliga betingelser kan man grovt säga att ungefär 1% av skogsmarken brann varje år vilket motsvarar en areal på ca 90 000 hektar. Under de senaste decennierna har det bara brunnit en bråkdel av detta. Den torra och varma sommaren 1994 brann det t ex bara ca 2500 hektar (Bratt 1995).

Många arter som är beroende av brand har idag svårt att överleva i områden där skogsbränderna minskat kraftigt. Det största problemet i vårt land är således att det brinner för lite. I övriga delar av den boreala zonen brinner det fortfarande relativt ofta vilket gör att de brandberoende arterna inte har några problem att överleva.

## Tempererade områden

Den största delen av de tempererade områdena återfinns på norra halvklotet. Största delen av USA ligger inom detta område. Stora landområden i Europa och Asien räknas också till den tempererade zonen. På södra halvklotet finns bara mindre områden i södra Chile, centrala Argentina, Tasmanien och på Nya Zeeland. Klimat och vegetationssammansättning varierar starkt inom området vilket ger upphov till olika brandregimer.

## Tempererade barrskogar

De tempererade barrskogarna finner man främst i västra Nordamerika från Alaska i norr till Kalifornien i söder. Mindre områden finns också i Centraleuropa och de centrala delarna av Asien.

I USA:s bergsskogar varierar brandfrekvensen med höjden. Med ökad höjd ökar fuktigheten och man får ofta snöackumulation under vintern, vilket leder till att brandfrekvensen minskar med ökad höjd. I torrare områden har bränder förekommit frekvent, bara med några få års mellanrum. De återkommande bränderna skapade en öppen beståndsstruktur med tallar, främst ponderosatall (*Pinus ponderosa*) och en del douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*), som överlevde flera bränder eftersom de hade låg intensitet (Weaver 1974). Genom brandbekämpning för att skydda de skogliga värdena minskades bränderna kraftigt i dessa ekosystem från sekelskiftet och framåt, med konsekvensen att stora mängder bränsle ackumuleras och att bestånden blivit mycket tätare. Dessa förändringar leder till att brändernas beteende ändras från lågintensiva markbränder till högintensiva bränder med risk för kronbrand. Den högre brandintensiteten dödar de mesta av träden som skulle överlevt de naturliga bränderna (Weaver 1974). Med ökad höjd blir skogarna tätare och brandfrekvensen sjunker (Weaver 1974). Förekomsten av ponderosatall minskar till förmån för andra tallarter, samt en rad granar (*Picea* sp.) och ädelgranar (*Abies* sp.). Brandintervallen ökar till ett par hundra år innan man når trädgränsen, där naturlig antändning är så gott som obefintlig. I kustområdena finner man också en stor variation i brandfrekvens. Här beror också variationen på det lokala klimatet, vilket styrs av områdets geografiska belägenhet. I kustnära områden i Nordamerika återfinns den fuktigaste typen av tempererad barrskog, den tempererade barregnskogen. I dessa skogar är nederbörden hög och bränder förekommer endast vid extrema torrperioder (Archibold 1995).

Det främsta målet med brandförvaltningen i de tempererade barrskogarna är att reducera onaturliga bränslemängderna samt att återskapa en mer naturlig beståndsstruktur. Genom att göra detta minskas risken för onormalt högintensiva bränder som utgör ett hot mot både ekonomiska och ekologiska värden.

## Tempererade lövskogar

I östra USA, Centraleuropa, östra Asien, södra Sydamerika, östra Australien och Nya Zeeland finner man tempererade skogar som domineras av lövträd (Archibold 1995). Klimatet karakteriseras av milda vintrar och varma fuktiga somrar. Dessa områdena har på många platser haft en hög befolkningstäthet under lång tid. Det är därför mycket svårt att undersöka den naturliga brandregimen i dessa områden. Generellt kan sägas att branden är mindre viktig som störning än i övriga delar av den tempererade zonen.

Innan de europeiska nybyggarna kom till nordöstra USA brände indianerna för att röja land och driva vilt. Indianernas användande av eld var dock mindre omfattande än vad de inflyttande européerna kom att vara (Little 1974). Till en början brändes områden för att röja land och skapa goda betingelser för odling och bete. Snart kom bränder att börja bekämpas för att skydda ägor, boningar och snart också de skogliga värdena. Brandfrekvensen minskade starkt, med resultatet att skogarna blev tätare. Andelen barrskog har ökat genom skogsskötselåtgärder för att höja virkesproduktionen, vilket lett till en hög potentiell brandrisk på stora områden (Little 1974).

## Tempererade gräsområden

De största områdena med tempererad gräsmark finner man i Nordamerika, den sk. prärien. Liknande områden finner man i Eurasien, där de kallas stäpp. Stäppen breder ut sig i ett brett bälte från Ungern till Manchuriet. På södra halvklotet finner man Pampas i Argentina samt Grassveld på högplatåerna i sydligaste Afrika. Mindre områden av denna vegetationstyp återfinns också på Nya Zeeland och i sydöstra Australien.

Brand förekommer frekvent inom tempererade gräsområden. Mängden fukt i gräs är relativt låg och deras uppräta växtsätt gör att det torkar upp snabbt. Bränder sprider sig snabbt genom det kontinuerligt fördelade och fina bränslet. Dessutom är brandhindren få i dessa landskap.

När de Europeiska nybyggarna kom till den Nordamerikanska kontinenten började bränder bekämpas, vilket resulterade i att förekomsten av träd och buskar ökade. Igenväxningen tyder på att branden varit en naturlig faktor för många stäppekosystems fortlevnad och funktion (Vogl 1974). Det är också vanligt att man använder sig av bränningar för att hålla betesmarker fria från inväxande buskvegetation (Pyne m fl 1996). I naturskyddade stäppområden är det också viktigt att elden återfår sin roll som naturlig störningsfaktor, vilket här kan ses som den idag viktigaste miljöaspekten kopplad till brand.

## Områden med vegetation av medelhavstyp

Medelhavsvegetation karakteriseras av stadsgröna buskar och träd vilka är anpassade till ett klimat med heta somrar och svala fuktiga vintrar. Dessa klimatiska förutsättningar återfinns i fem åtskilda regioner i världen mellan den 30:e och 40:e breddgraden på både södra och norra halvklotet. Den utgör en relativt liten del av landarealen och över hälften av denna vegetationstyp återfinns i området kring Medelhavet i Europa, mellanöstern och Nordafrika. Utöver detta återfinns områden i västra Kalifornien, centrala Chile, Sydafrika samt södra Australien.

De torra och heta somrarna gör att risken för brand är stor i dessa områden. I den europeiska delen av medelhavsområdet brinner det idag i medeltal vart 10 år. I Frankrike varierar intervallen med vegetationstyp. Gräsmarker brinner med 1-2 års mellanrum, marker med låg buskvegetation med 5-10 och marker med högre buskvegetation med 10-20 års mellanrum. I skogsområden är intervallen betydligt längre (Trabaud 1994). I Australien är medelintervallet mellan bränderna ungefär som i Europa, 10-13 år (Christensen et al. 1981). I Sydafrika är den naturliga brandintervallet 40 år (Kruger & Bigalke 1984). I Chiles medelhavsvegetation förekommer bränder mer sällan än i de övriga områdena (Rundel 1981). I chapparal, som vegetationstypen kallas i USA, är brandintervallen längre, 20-30 år (Hanes 1971).

I området kring Medelhavet är befolkningstätheten hög och har varit så under mycket lång tid. Det finns egentligen ingen naturlig brandregim då området anses ha haft befolkning som förändrat den naturliga brandregimen så länge som 300 000 år (Trabaud m fl 1992). En mer omfattande påverkan på ekosystemet av antropogena bränder började dock först för ca 3000 år sedan då befolkningen ökade och bränder anlades för att röja land och förbättra betet för kreatur (Trabaud m fl 1992). Mycket av de ursprungliga skogarna har ersatts av täta buskmarker kallade maccia eller av en mer öppen vegetationstyp kallad garrique (de lokala namnen för vegetationstyperna varierar) (Archibold 1995). Genom intensivt nyttjandet av marken för bete och vedtäkt har bränslemängderna hållits på en relativt låg nivå vilket gjort bränderna mindre allvarliga och lättare att kontrollera. I flera av länderna kring Medelhavet har det traditionella nyttjandet av marken minskat betydligt under de senaste årtiondena. Detta leder till att markerna växer igen med en ökad mängd bränsle som resultat. Ett klart samband mellan marknyttjande och omfattningen av bränder kan ses vid en jämförelse mellan länderna kring Medelhavet. I länder med låg urbanisering och ett högt nyttjande av marker för bete, t ex Tunisien, Marocko och Turkiet, är omfattningen av bränder betydligt lägre än i länder där urbaniseringen är stor och nyttjande av marker för bete minskat, t ex Spanien, Portugal, Frankrike, Grekland, Italien och Albanien (Rego 1991). Endast 2% av branderna i medelhavsområdet orsakas av blyxtantändning (Trabaud m fl 1992). Resterande bränder orsakas av betesbränningar, bränning av jordbruksavfall, bränning av avfall samt slarv och oaktsamhet med eld. Ca 50 000 bränder berör varje år en yta motsvarande 700 000-1 000 000 hektar i medelhavsområdet (Vélez 1990). Åtgärder för att minska



den negativa effekten av de allvarliga bränderna i området skulle vara förändrad skogsskötsel, kontrollerade bränningar, förändring av artsammansättning (till arter som är mindre brännbara) och ökning av betesbruk (Vélez 1990). Mycket lite av dessa metoder är dock implementerade i arbetet med brandbekämpning. EU finansierar sedan lång tid ett stort antal projekt i området för att förbättra brandriskprognos, branddetektion och släckning. Under senare år har forskningens fokus också riktats mot en integrerad "fire management", eftersom total brandkontroll visat sig vara omöjlig i denna miljö. Man söker då metoder för att kontrollera brandfrekvensen och utvärdera brändernas inverkan snarare än att genom brandbekämpning helt utestänga dem (Eftchidis m fl 1998).

I USA har en förändring i brändernas omfattning p g a brandbekämpning observerats. Genom brandbekämpning ackumuleras mer bränsle mellan bränderna än normalt vilket gör att stora bränder blivit vanligare (Minnich 1983). Få bränder överstiger 400 hektar i bestånd som är yngre än 20 år i chapparallen, men med ökad ålder ökar mängden bränsle vilket gör att bränderna kan sprida sig snabbare. De största bränderna, vilka kan uppgå till 10 000 hektar, förekommer nästan uteslutande i bestånd äldre än 30 år. Kontrollerade bränningar görs för att reducera bränslemängderna inom områden där dessa anses onaturliga (Pyne m fl 1996).

## Tropiska områden

De tropiska områdena är belägna närmast ekvatorn och har en stor variation i nederbörds klimatet. Därför är brandregimerna mycket varierande, från de trädlösa savannerna där bränder är mycket frekventa (ofta årliga) till regnskogen där bränder är ytterst sällsynta och då vanligen är kopplade till mänskliga ingrepp och extrema klimatiska situationer.

## Savannområden

I torra tropiska områden finner man stora områden där gräs dominerar markvegetationen, Dessa kallas savann (Archibold 1995). En varierande mängd buskar och träd förekommer inom dessa vilket är kopplat både till nederbörds mängd och brandregim. I torrare tropiska områden har branden sedan urminnes tider varit en viktig ekologisk faktor (Phillips 1974). Torrskogar och savanner dominerar i dessa områden och är ekosystem som utvecklats och anpassats till förekomsten av brand (Mueller-Dumbois & Goldammer 1990). Denna vegetationstyp har sin störst utbredning i Afrika där den täcker 65 procent av kontinenten i ett brett bälte runt regnskogsområdena i västra och centrala Afrika. I Syd- och Mellanamerika är områdena mer fragmenterade och återfinns i delar av Mellanamerika, norra spetsen på Sydamerikanska kontinenten samt i östra Brasilien. Torra tropiska områden återfinns även i Norra Australien, i Indien samt på ett fåtal platser i Sydostasien.

De återkommande bränderna på savannen har gjort att florans och faunan är anpassade till denna typ av störning och är beroende av återkommande bränder för sin överlevnad (Olindo 1971). I genomsnitt brinner 820 miljoner hektar savannområden per år (Andreae 1991). Det är svårt att veta vilken brandens naturliga roll varit. Förekomsten av blixtnedslag tyder dock på frekventa bränder (Olindo 1971). De senaste årtusendenas befolkningsökning i Afrika har troligen lett till en högre brandfrekvens och brändningar för att förbättra bete och odlingsmöjligheter (Olindo 1971). Problemet med den ökade brandfrekvensen är idag att skogarnas utbredning minskar till förmån för gräsområdenas utbredning. I områden med kuperad terräng kan det också bidra till ökad jorderosion.

## Regnskog

I tropikernas fuktigare områden nära ekvatorn finner man regnskogen. Här har branden en mycket mindre betydelse för den naturliga dynamiken än i torrare områden. I dessa områden med fuktigt klimat året runt med en permanent hög temperatur blir skogarna som ett naturligt växthus. Både luft- och markfuktigheten är hög och nedbrytningen av organiskt material är mycket snabb. Eftersom nedbrytningen går så snabbt är det endast i undantagsfall några större mängder brännbart material ansamlat på marken och man har sällan någon kontinuerlig bränslebädd som kan bära en brand. På detta har bränder som uppkommer mycket liten chans att sprida sig i regnskogen. Det finns dock undantag då extremt klimat och storskaliga störningar kan påverka bränslemängderna avsevärt. Efter orkaner då stora delar av träskiktet blåst ner eller efter avverkning kan den invaderande vegetationen skapa en större mängd bränsle vilken också torkar upp snabbare tack vare högre exposition för vind och sol. Mängden organiskt material på marken ökar också under perioder med torka, då nedbrytningshastigheten dessutom är långsammare. Under dessa perioder är förutsättningarna för brandspridning gynnsam.

Tidigare trodde man att bränder inte förekommit naturligt i regnskogen. Vegetationshistoriska undersökningar har dock visat att bränder har förekommit, men med mycket långa intervall. Bränder har främst förekommit under perioder med extremt torrt klimat för regionen (Sanford m fl 1985, Goldammer & Seibert 1989).

Under senare tid har klimatvariationen, speciellt i Asiens regnskogsområden, varit extrem på väderfenomenet ElNiño. Det stora problemet med bränder under de senaste åren i de tropiska områdena beror på skogsbolag som bränner avverkningsavfall samt att den jordbrukande befolkning bedriver svedjebruk för att skapa odlings- och betesmark. Efter att de kalhuggna områden bränns kommer marken oftast att domineras av gräs. Flera av gräsen är ettåriga och torkar upp efter att de blommat och spridit sin frön och utgör då ett mycket lätt antändligt bränsle. Även andra mer långlivade växter bidrar till mängden bränsle i form av vissnade växtdelar. I de tidiga faserna av igenväxningen av den brända marken har träden chans att föryngra sig. Detta är dock starkt beroende av tillgången på

träd som kan sprida sina frön till platsen under denna tidpunkt. Med ökad storlek på området som saknar träd minskar etableringen av trädvegetation på de brända markerna. Under detta stadium i successionen är dock risken stor för att brand skall uppkomma vilket skulle vara förödande för de träd som etablerat sig. En ny brand främjar gräsens tillväxt eftersom de inte dör utan kan skjuta nya skott. På detta finns risken för att området kommer att omföras till savann. Den ökade dominansen av gräs och den ökade brandrisken försvårar återkolonisationen av träd vilket gör att risken finns för att marken omförs permanent till savann är stor. I Amazonasområdet i Sydamerika kan palmarter, som är mer brandtåliga, dominera de brända områdena (Fearnside 1990).

Dagens brandregim är helt skild från den naturliga då mänskliga aktiviteter skapar förutsättningar för bränder genom att förändra vegetationens sammansättning och aktiv avbränning av områden. Det främsta målet med brandförvaltningen i tropiska regnskogsområden är därför att begränsa omfattningen av skogsbränder.

## Utsläpp till atmosfären från skogsbrand

Vid vegetationsbränder bildas en rad förbränningsprodukter som påverkar strålningsbalansen och den kemiska sammansättningen i atmosfären. Tre av de viktiga gaserna är växthusgaser, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> och N<sub>2</sub>O. Utöver gaser innehåller utsläppen från vegetationsbränder aerosoler och partiklar vilka också påverkar atmosfärens sammansättning samt strålningsbalansen. Effekterna av utsläpp från bränder har en global miljöpåverkan då de sprids i atmosfären och ger upphov till förändringar i det globala klimatet. Dessa utsläpps betydelse för miljön sammanfattas i tabell 1.

*Tabell 1. Sammanfattande tabell över utsläpp från vegetationsbränder (skogs- och savannbränder), påverkan på atmosfären och andel av det totala utsläppet till atmosfären. Siffrorna är beräknade utifrån uppgifter i litteraturen som redovisas i texten och är mycket ungefärliga,*

Ämne	Påverkan på atmosfären	Andel av det totala utsläppet till atmosfären
<b>Kolföreningar</b>		
CO <sub>2</sub>	Växthusgas	25%
CO	Påverkar konc. av växthusgaser genom reaktion med OH-radikaler.	20%
Metan	Växthusgas	1-6%
<b>Kväveföreningar</b>		
N <sub>2</sub> O	Växthusgas	2-4%
NOx	Varierande	7%
Ammoniak	Bidrar till övergödning	3-14%
<b>Svavelföreningar</b>	Varierande	1%
<b>Klor- och bromföreningar</b>	Ozonförstörande	Betydande utsläppskälla
<b>Partiklar</b>	Absorberar solljus och påverkar molnbildningen	Betydande utsläppskälla

Det är viktigt att skilja på utsläpp från glödbrand och från förbränning med öppen låga. Glödbrand ger en större produktion av reducerade kolföreningar (t ex kolväten), icke fullständigt oxiderade gaser (t ex koloxid (CO) och organiska syror) och partiklar som inte absorberar solljus. Vid förbränning med öppen låga produceras mer koldioxid (CO<sub>2</sub>), nitrösa gaser (NO<sub>x</sub>), svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och sotpartiklar (Lombert & Warantz 1993).

## Kolföreningar

Den dominerande produkten vid biomasse förbränning är koldioxid. I medeltal så utgör koldioxiden 80-85% av kolföreningarna i utsläppet, men variationen är stor. Det kan var så högt som 99% vid bränder med mycket effektiv förbränning och så lågt som 50% vid lågintensiva, pyrande bränder (Lombert & Warantz 1993).

Förbränning av biomassa är en betydande källa för utsläpp av koldioxid till atmosfären. Varje år förbränns ca 8680 millioner ton (torrsubstans) biomassa, vilket leder till en produktion av 3500 millioner ton kol i form av koldioxid (Levine 1991). Detta motsvara ca 40% av det totala utsläppet av koldioxid till atmosfären. Ungefär 60% av detta hörör från skogsbränder och savannbränder (Andreae 1991).

Den näst viktigaste kolföreningen är koloxid (CO), vilken utgör i medeltal 7% av kolföreningarna i utsläppet från biomasseförbränning. Nivån varierar mellan 2 och 15% (Lombert & Warantz 1993). Kolväten utgör också en betydande del av utsläppet (2-3%) där metan (CH<sub>4</sub>) utgör den viktigaste komponenten. Utsläppet av metan från biomasseförbränning varierar stort och anses bidra med 2-10% av det totala utsläppet av metan till atmosfären (Lombert & Warantz 1993).

## Kväveföreningar

Vid förbränningsprocessen bildas en rad kväveföreningar, främst nitrösa gaser (NO<sub>x</sub>). Största delen utgörs av NO, följt av NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O och N<sub>2</sub> vilka produceras i betydligt mindre mängder. Vegetationsbränder bidrar uppskattningsvis med ca 12% till den globala budgeten av nitrösa gaser. En mängd andra kväveföreningar emitteras under glödbrandsfasen vid bränder. De som kan anses betydelsefulla är; ammoniak (NH<sub>3</sub>) där utsläppen från vegetationsbränder står för 5 till 25% av utsläppet till atmosfären, HCN och CH<sub>3</sub>CN där vegetationsbränder är en av de största utsläppskällorna samt utsläppet av partiklar som är betydande (Lombert & Warantz 1993).

## Övriga föreningar

Utsläppen av svavelföreningar från vegetationsbränder är litet. Ungefär hälften av svavelinnehållet i bränslet blir kvar i askan efter brand. Största delen av svavlet emitteras som svaveldioxid, SO<sub>2</sub>. Utsläppet från vegetationsbränder bidrar endast med ca 2% till den globala SO<sub>2</sub>-budgeten. Övriga svavelföreningar som emitteras är COS, vätesulfid (H<sub>2</sub>S) och

dimetylsulfid ( $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ ). Bidraget till de globala budgeterna är troligen större för dessa än för  $\text{SO}_2$  (Lombert & Warantz 1993).

Växter innehåller en mycket liten andel klorföreningar, vegetation som behandlats med bekämpningsmedel kan dock innehålla relativt höga halter. Den viktigaste föreningen som emitteras vid brand är metylklorid ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) vilken har biomassebränning som främsta utsläppskälla (Lombert & Warantz 1993). Detta härrör dock främst från bränning av jordbruksavfall. Metylchlorid är en av de gaser som kan påverka ozonlagret. De mesta förstörs genom fotokemiska reaktioner, men några procent når upp till ozonlagret där Cl-atomen reagerar, och förstör ozonmolekylerna (Cicerone 1994).

Under senare tid har man uppmärksammat utsläppet av ozonförstörande bromföreningar ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) från vegetationsbränder. Bromföreningar förekommer i betydligt lägre koncentrationer än klorföreningar, men dess ozonförstörande kapacitet är dock betydligt större (20 till 60 gånger) (Cicerone 1994).

## Partiklar

4-17 millioner ton partiklar släpps ut från förbränning av biomassa varje år. Partiklar ger upphov till både direkta och indirekta effekter på klimatet. Den direkta effekten är minskningen av den solenergi som når marken eftersom solenergin absorberas av partiklarna. (Charlock and Sellers 1980). Den indirekta effekten uppstår genom att partiklar i röken från bränder kan fungera som kondensationskärnor och kan därmed påverka molnbildningen (Twomey 1977).

## Omfattning av vegetationsbränder

Vad gäller utsläpp från förbränning till atmosfären brukar man skilja på förbränning av biomassa och förbränning av fossila bränslen. I förbränning av biomassa inkluderas savann- och gräsbränder, bränning av jordbruksavfall, bränning av icke fossila bränslen samt skogsbrand. De tropiska områden står för 87% av den totala biomasseförbränningen i världen (Andreae 1991). Savannbränder står för drygt 40% och skogsbrand för knappt 20% av det totala utsläppet av koldioxid från biomasseförbränning. Utsläppen från bränder i tempererade och boreala skogar är av mindre betydelse än bränder i tropiska områden (Mack m fl 1996). De boreala och tempererade områdena står endast för 3% av den totala förbränningen i skog (Andreae 1991).

## Betydelsen av utsläpp från bränder i den boreala zonen

Påverkan på atmosfären av utsläpp från skogsbränder i det boreala området kan vara betydelsefull trots att det bara utgör en liten andel av det totala utsläppet från vegetationsbränder. Denna fråga är diskuterad av Cofer m fl

(1991). Anledningen till att utsläppet från bränder i den boreala zonen skulle var mer betydande än vad dess relativa andel av det totala utsläppet tyder på, är att karaktären på området och bränderna skiljer sig starkt från övriga delar av världen. Ett särdrag är den stora variationen i hur mycket som brinner varje år inom den boreala zonen. Påverkan på atmosfären kommer således att variera stort mellan åren. Bränslekonsumtionen är betydligt högre i den boreala zonen än i t ex tropikerna. Bränderna producerar därmed mer energi vilket leder till att röken stiger högre i atmosfären. På detta kommer även mindre stabila föreningar att kunna påverka sammansättningen av högre liggande luftlager. Andelen kemiskt och fotokemiskt aktiva ämnen som emitteras från skogsbränder i den boreala zonen är också högre än från bränder i andra delar av världen. Detta beror främst på förbränningen av kompakta humuslager, vilket främst sker genom glödbland, och den stora variationen i storlek på bränslet som också ger upphov till icke fullständig förbränning.

## Betydelsen av utsläpp från bränder på skogsmark i Sverige

De arealer som brinner eller bränns i Sverige är mycket små jämfört med andra delar av den boreala zonen, t ex Ryssland och Kanada, där mycket stora arealer brinner varje år. Dessutom är skogsbränder i Sverige generellt av lägre intensitet då kronbränder är ovanliga. Betydelsen av utsläpp från skogsbränder och bränning på skogsmark i Sverige är därför mycket marginell jämfört med övriga delar av den boreala zonen. Om man antar att bränslekonsumtionen är  $2 \text{ kg/m}^2$  skulle den svenska andelen av det totala utsläppet av kolföreningar från vegetationsbränder (Andreae 1991) endast vara 1/100 000 del, eller omkring 50 000 ton per år. I relation till förbränning av fossila bränslen i Sverige är denna post liten (ca 4 promille). Dessutom innebär skogs- och hyggesbränningarna i huvudsak en omdisponering av kolomsättningen från nedbrytning till förbränning, om än med en förskjutning av proportionen av olika gaser. Det är för närvarande okänt om bränder har någon nettoeffekt på kollagringen i boreal skogsmark.

## Bränning på skogsmark

Genom historien har människan använt elden i olika syften. Den största användning torde ha varit att röja land och förbättra odlingsbetingelserna samt att förbättra betet för kreatur. Idag är detta fortfarande mycket utbrett i fattigare delar av världen, främst i tropikerna. Stora arealer bränns också varje år i skogliga syften. Under senare tid har bränningar i naturvårdande syfte blivit vanligare. En vanlig form av bränning är också bränning för att minska bränslemängderna och därigenom förhindra högintensiva bränder. Nedan följer en översikt om bränningar på skogsmark i skogsbruks-, brandbegränsande- och naturvårdssyfte följt av en sammanställning av bränningsaktiviteten i Sverige.

## Bränning för att reducera bränslemängder

Den internationellt vanligaste användningen av eld i förvaltning av landområden har varit för att förebygga risken för högentensiva bränder genom att minska mängden bränsle under kontrollerade former. En effektiv brandbekämpning ger i sig till resultatet att stora mängder bränsle ackumuleras. Om man så bränner under perioder med låg brandrisk minskar man bränslemängderna till mer normala nivåer. Detta är speciellt vanligt i USA och Australien. Efter en rad katastrofala bränder i Australien började man på 1950-talet att använda sig av bränslereducerande bränningar. Under 1960-talet brändes 2.7 miljoner hektar per år i syfte att minska bränslemängderna i eucalyptusskogar, vilka har en snabb produktion av brännbar förna (Fuller 1991). Detta ledde till att skogsbrändernas omfattning och intensitet minskade (Pyne 1991). Större delen av de Australiensiska skogarna bränns idag regelbundet, med intervall från enstaka år till mer än 10 år. I USA fanns länge en stor opinion mot detta koncept, men med erfarenheter från bränningar i sydstaterna och en rad katastrofala bränder kom det under 1970-talet att bli ett viktigt inslag i USA:s brandförvaltning (Pyne m fl 1996) I dag bränns stora områden varje år, främst i de barrskogsdominerade västra delarna av landet.

Uppbyggnad av onormalt höga bränslemängder är dock inget problem i Sverige, trots avsaknaden av brand under längre tid, eftersom mängden bränsle i svensk skogsmark når en stabil nivå ca 50 år efter brand (Schirrnrel och Granström 1997).

## Bränning inom skogsskötseln

Elden används också i stor omfattning inom skogsbruket för att skapa god föryngringsbetingelser och som metod för hyggesrensning och underväxtröjning. I vissa delar av världen bränner man också för att minska risken för angrepp av skadegörare (Pyne m fl 1996). I Sverige har bränning nästan uteslutande använts som markberedningsmetod av skogsbruket (Granström 1991b). Hyggesbränningen hade sin största omfattning i Sverige under slutet av 1950-talet och början av 1960-talet då över 40 000 hektar brändes vissa år. Detta motsvarar alltså mer än 10 gånger den samlade arealen som idag brinner i våldeld och planerade bränningar. Under den senare delen av 1960-talet minskade bränningen kraftigt till förmån för den maskinella markberedningen. År 1970 brändes 5000 hektar och under slutet av 1980-talet brändes endast 200 till 1000 hektar per år (Granström 1991b).

Under 1980-talet ökade medvetandet om brandens betydelse för den svenska skogen hos både forskare, skogsbrukare och naturvårdare. Samtidigt med detta ökade opinionen mot skogsbruket som tvingades att möta marknadens krav på ett mer miljöanpassat skogsbruk. Detta skapade ett större intresse för naturvårdsfrågorna inom skogsbruket vilket ledde till att man återigen började bränna hyggen och skog, fast nu med syftet att skapa livsrum för hotade arter. Den första bränningen med ett uttalat

naturvårds syfte som gjordes var 1990, då skogsbolaget Stora brände ett partiellt avverkat bestånd i Hälsingland. Under hela 90-talet har sedan intresset för bränning ökat kraftigt. Idag är de flesta större skogsägare miljöcertifierade, där det anges ett krav på brända arealer i kriterierna (se avsnitt, Omfattning av bränningar i Sverige: Skogsbolag) I Finland har man tagit fram ett eget system för miljöcertifiering. I detta står att användandet av brand skall öka inom skogsbruket. Dock finns inga krav på areal. Under 1996 hyggesbrändes totalt 896 hektar i Finland (Hannu Lethonen, pers. med.).

## Bränning i naturskyddade områden

Ett av de mest diskuterade områdena för användning av eld rör skötseln av naturskyddade skogsområden. Vikten av att beakta elden som ekologisk faktor i dessa områden har stadigt blivit mer accepterat. Den grundläggande målsättningen är att återskapa den naturliga strukturen samt att elden skall återfå sin betydelse som ekologisk faktor. USA och Kanada är de länder där dessa tankar tidigast blev accepterade. Redan 1964 skrevs det in i USA:s "Wilderness Act" och 1979 i Kanadas "Canada Park Policy". Dessa fungerar som en grund för förvaltningen av skyddade skogsområden. Målsättningen är att säkerställa förekomsten av områden som representerar det naturliga skogstillståndet inom ett område. Ekosystemen skall tillåtas att följa sina naturliga successioner och branden skall fortsätta tillåtas inta sin roll i denna utveckling (Van Wagner & Methven 1980). I de nordiska länderna har man varit senare än i Nordamerika med att föra denna diskussion. I en genomgång av brandförvaltningen i nationalparker och reservat i nordliga områden (Alexander & Dubé 1983) drog man slutsatsen att brand inte sågs som lika viktig i Nordeuropa som i Nordamerika. Men med en ökad kunskap om brandens betydelse för skogsekosystemet i Sverige har detta blivit något mer accepterat. Undersökningar har visat att beståndsstrukturen i våra reservat förändrats p g a avsaknaden av brand. Granen har fått större möjlighet att överleva vilket gjort bestånden tätare (Linder 1998). Ett antal reservat har bränts i Sverige (se avsnitt, omfattning av bränning i Sverige: Länsstyrelser och Naturvårdsverket). Även i Finland har delar av reservat bränts. Dessa bränningar har dock varit mer av restaurerande karaktär då det tidigare bedrivits skogsbruk på de områden som bränts (Hannu Lehtonen, pers. med.).

## Omfattning av bränningar i Sverige

De skogliga aktörer som utför bränningar på skogsmark är skogsbolag, privata skogsägare, länsstyrelser och naturvårdsverket. Med bränning avses här både hyggesbränning och naturvårdsbränning. Hittills är det främst skogsbolagen som genomfört bränningar. Bedömningen av dagens bränningsaktivitet och utvecklingen i framtiden är baserad på en förfrågan som skickats till de större skogsbolagen (AssiDomän, MODO, SCA, Stora, Korsnäs och Graningeverken), Naturvårdsverket samt skogsvårdsstyrelser och länsstyrelser i alla områden i Sverige där bränning på skogsmark är aktuell. Enkäterna innehöll frågor om tidigare bränningsverksamhet och



framtida planer för bränningsverksamhet samt hur naturligt uppkomna bränder hanteras.

## Skogsbolag

I början av 1990-talet genomfördes de första bränningarna i naturvårdssyfte. Sedan dess har intresset ökat kraftigt. Skogsstyrelsen har tagit fram statistik för hyggesbränning, som dock omfattar bara större markägare, d v s de med ett markinnehav på över 5000 hektar. Fram till 1996 låg den hyggesbrända arealen på en relativt låg nivå, för att sedan öka markant under 1997 (Tabell 2). Ökningen under 1997 är en effekt av att bränning ingår som en del i naturvårdsarbetet i skogsbruket. Statistiken innefattar endast medvetet brända hyggen. Mark som brunnit av andra anledningar är således inte inräknad. Under 1998 har det p g a vädret bränts mycket små arealer, endast ett fåtal av de bränningar som planerats kom till stånd.

**Tabell 2** Antal hektar hyggesbrand mark hos större markägare (>5000 hektar) i Norra Norrland, Södra Norrland, Svealand och Götaland under perioden 1990-97. Uppgifter från Skogsstyrelsen (opublicerat). Siffrorna redovisar endast mark som avsiktligt bränts. Uppskattade värden från Skogforsksundersökning (Hörnsten m fl 1995) redovisas på nedersta raden.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Norra Norrland	459	155	201	334	142	177	429	763
Södra Norrland	-	-	-	-	-	-	26	662
Svealand	-	-	-	-	10	-	-	273
Götaland	-	-	-	-	-	-	-	22
Totalt	459	155	201	334	152	177	455	1720
Skogforsk	425	400	620	500	440	-	-	-

Forskningsstiftelsen Skogforsk har gjort en mer noggrann studie genom att skicka en enkät till 100 skogsförvaltningar eller motsvarande (Hörnsten m fl 1995), med avsikt att undersöka hyggesbränningens omfattning 1990-1994. Denna visar på att större arealer bränts under alla år utom 1990 än vad Skogsstyrelsens statistik visar (Tabell 1). Skogforsk redovisar ej fördelningen av hyggesbränning över landet. De stora skillnaderna i areal ligger troligen i utformningen av undersökningarna (Björn Merckell, pers. med.). Båda har skickat en enkät till förvaltningar eller motsvarande på alla skogsbolag. I Skogsstyrelsens enkät ingick dock frågan om bränning som en av många frågor om utförda åtgärder inom förvaltningens verksamhet. Enkäten från Skogforsk var bara inriktad på frågor om bränning varför de troligen fått noggrannare och mer genomarbetade svar. Att den brända arealen har ökat kraftigt under de senaste åren, som ses i statistiken från Skogsstyrelsen, kan dock anses som säkert.

De svenska skogsbolagen är idag på ett eller annat sätt miljöcertifierade. I certifieringskraven ingår bränning som en viktig del i naturvårdsarbetet. Flera bolag är, eller är på gång att bli, certifierade enligt Forest Stewardship Councils (FSC) normer. I kraven för att bli miljöcertifierad enligt FSC:s standard krävs det att bolagen bränner fem procent av förnyingsarealen på

torr och frisk mark i områden där branden varit en viktig ekologisk faktor. I dessa fem procent ingår naturvårdsbränningar, hyggesbränningar samt naturligt brunna områden. Skogsbolagens sammanlagda markinnehav innefattar drygt 8,9 miljoner hektar produktiv skogsmark (Skogsstyrelsen 1998). Om man förutsätter att förnygringsarealen är en procent av den totala arealen, krävs det att ca 4000 hektar per år bränns eller övergås av naturlig brand. På grund av den variation i väder som finns mellan somrar räknas bränningsarealen löpande som ett medelvärde över 5 år, därför kommer bränningsaktiviteten att variera mellan olika år. Certifieringen av det svenska skogsbruket är relativt ny och många bolag har därför inte hunnit nå upp till de arealer som krävs. Bränningsaktiviteten kommer därför att öka relativt kraftigt under de närmaste åren, för att sedan troligtvis komma upp på en någorlunda stabil nivå, dock med stora variationer mellan åren. De bränningar skogsbolagen gör är nästan uteslutande hyggesbränningar med spridda kvarlämnade träd, trädgrupper och kantzoner. Bränning av områden med stående skog görs mycket sällan. En mindre del av den totala bränningsarealen kommer dock att göras i bestånd som är delvis avverkade.

## Enskilda markägare

Bränningsaktiviteten är betydligt lägre bland privata markägare än bland skogsbolagen. Detta beror troligen på de höga kostnader och det risktagande som ofta förknippas med bränning. Det finns möjlighet att få bidrag från Skogsvårdsstyrelsen till bränning. Det så kallade NOKÅS-bidraget (NOKÅS: Natur- Och Kulturvårdande åtgärder i Skogen) kan sökas av alla markägare som finns med i lantbruksregisteret, d.v.s. även skogsbolag. Bidrag fås för fördyrat skogsbruk i samband med åtgärder för att gynna natur- och kulturvård. Bidrag kan fås för 70% av merkostnaden för åtgärden jämfört med ordinarie skötselmetod. Vid bränning innebär fördyrandet de ökade kostnaderna jämfört med traditionell mekanisk markberedning samt att man kan få bidrag för att lämna träd och trädgrupper på hygget. Vid utdelandet av bidraget prioriteras ofta rena naturvårdsbränningar medan hyggesbränning där inget lämnats kvar har lägst prioritet bland objekten. Bidraget är relativt litet, ca. 10 miljoner kronor per år. Det delas ut till skogsvårdsstyrelserna som sedan förmedlar bidraget till markägarna. Markägare som får bidrag har två år på sig att genomföra åtgärden, sedan återgår pengarna till Skogsvårdsstyrelsen. Förslag finns på att höja bidraget till 13 miljoner per år (Mårten Aronsson pers. kom.). NOKÅS-bidrag som utbetalas ger en uppfattning om bränningsaktiviteten hos privata markägare eftersom mycket få eller inga bränningar genomförs utan bidrag.

Det är främst i landets norra delar som NOKÅS-bidrag betalas ut till bränning av skogsmark. I Västerbotten har de senaste åren har 30-50% av bidraget betalats ut till bränningsobjekt, i resten av Norrland var den siffran ca. 25%. I Mellansverige har bränning lägre prioritet, 5-15% av bidraget går till bränning i detta område. I södra Sverige är det endast undantagsvis bidrag betalas ut till bränningsobjekt. På förfrågan anger skogsvårdsstyrelser i de norra länen att den framtida bränningsaktivitet troligen kommer att öka inom deras arbetsområden. I de södra delarna

kommer troligen bränningsaktiviteten att fortsatt ligga på samma låga nivå. En anledning som anges till att aktiviteten skulle öka är det större intresset och kunskapen om naturvård hos de enskilda skogsägarna. Större bidrag anges som en förutsättning för att en betydande ökning av bränningsaktiviteten skall ske.

## Länsstyrelser och naturvårdsverket

Länsstyrelserna och naturvårdsverket förvaltar våra naturreservat och nationalparker. Få bränningar har dock hittills genomförts i dessa myndigheters regi. I skötselplaner för många reservat finns emellertid brand med som en skötselåtgärd och därför kan man förvänta sig större aktiviteten inom en snar framtid. Kontakter med länsstyrelser visar att många planerar att genomföra bränningar i skogsreservat inom de närmaste åren. Planerna innefattar bränningar i naturskog och bränning av mark utan speciellt höga naturvärden inom reservaten eller i naturreservatens närhet. Bränning är en effektiv metod för att öka naturvärdena i områden som annars är ointressanta ur naturvårdssynpunkt. Dessa områden är ofta delvis avverkade och därför billiga i inköp, genom att bränna dessa områden kan man öka på ett billigt sätt öka reservats arealen. På den mycket begränsade areal naturreservaten utgör kommer omfattningen av bränning inom dessa områden att vara liten i förhållande till vad som görs av skogsbolagen och privata markägare, Dessutom är det värdefullt att ha reservat i olika successionsstadier varför man inte kommer att bränna alla reservat under kort tid. Arealen naturskyddade områden som är intressanta för bränningar, dvs ligger inom områden där branden är en naturlig störningsfaktor, är ca 100000 hektar (Lövgren 1997). Om man räknar med att det naturliga brandintervallet varit ca 100 år och man använder detta som riktlinje i planer för bränning av reservat skulle bränningsarealen uppgå till ca 1000 hektar per år. Troligen kommer dock väsentligt mindre arealer att brännas.

Bränningar inom skyddade områden är mycket viktiga för den biologiska mångfalden eftersom det är nästan enbart inom dessa områden som ståndskog kommer att brännas. På Naturvårdsverket har man börjat arbetet med att ta fram en policy angående brand och bränning i reservat och nationalparker (Anders Arnell, pers. kom.). Denna policy skall omfatta dels naturvårdsbiologiska aspekter, tex vilken omfattning bränning bör ha i naturskyddade områden, dels säkerhetsmässiga aspekter. Hanteringen av spontana bränder i reservat och nationalparker skall också beröras. Flera länsstyrelserna har också börjat ta fram regionala policier för sina områden.

## Kostnader och resurser som satsas på bränning

Eftersom återintroduktionen av bränning i skogsbruket just börjat är det svårt att utvärdera hur stora kostnader och resurser som satsas. På grund av bristande erfarenhet är bränningarna idag troligen dyrare än nödvändigt. Några av skogsbolagen anger att den genomsnittliga kostnaden för bränning

ligger på ca. 2000 kr/hektar. Variationen är dock stor. Effektivisering av arbetet pågår, vilket kommer att sänka kostnaderna på sikt.

## Kompetens och information vid bränning

Det finns ett stort behov av kunskap om brandekologi och förståelse av branden som naturvårdsåtgärd både hos de som bränner, Räddningstjänsten samt allmänheten,

Mycket kunskap har gått i graven tillsammans med de gamla skogsarbetarna, som var med under perioder då hyggesbränning var vanligt. Men fortfarande finns de som har kunskaper från mer omfattande bränningsverksamhet. På många platser är dock kunskaperna bristfälliga och detta upplevs ofta som ett problem. Med den ökande bränningsaktiviteten inom skogen idag finns det ett behov av utbildning. Det är viktigt att ta till vara och förmedla den kunskap som finns hos de gamla skogsarbetarna. Dessa kunskaper är mycket viktiga men måste kompletteras med kunskaper om ekologi eftersom dagens bränningar främst görs i syfte att öka den biologiska mångfalden.

Inom Räddningstjänsten behövs goda kunskaper om skogsbrandens beteende utifrån de förutsättningar som råder i fråga om bränsle, topografi, väder och bränningsmetod för att kunna göra en riktig bedömning av risken för oönskad brandspridning.

Det finns en viss skepsis mot att bränna skog. Främst är det kanske bränning av stående skog i reservat och nationalparker som inköpts för dyra pengar som är mest kontroversiellt, men även hyggesbrännig möter ibland motstånd. Det är därför viktigt att information om syftet med att bränna på skogsmark förs fram. Detta tas upp som en mycket viktig del i USA:s skogsbrandspolicy (Federal Wildland Fire Policy). Den betonar vikten av att både informera allmänheten och den egna organisationen om varför branden skall återintroduceras som en naturlig störningsfaktor i skogen.

## Räddningstjänstens förhållande till hygges- och naturvårdsbränningar

Som tidigare nämnts krävs det att man gör bränningar vid relativt avancerad torra för att få önskvärd effekt. Ofta sammanfaller det med perioder då eldningsförbud gäller. Det är då kommunen eller länsstyrelsen som ytterst avgör om en planerad bränning får genomföras. Kommunfullmäktige i respektive kommun beslutar vilken nämnd inom kommunen som skall ha myndighetsfunktion i dessa frågor. Denna nämnd kan med stöd av kommunallagens 33§ (SFS 1991:900) uppdra åt ett utskott, ledamot eller anställd hos kommunen eller landstinget att besluta på nämndens vägar i ett visst ärende eller en grupp av ärenden. Därmed kommer besluten i denna fråga oftast att tas av den lokale räddningschefen. Det kommer att föreligga

en målkonflikt: å ena sidan målet att åstakomma ett bra biologiskt resultat; å andra sidan målet att minimera risken för oönskad spridning av branden. Detta är särskilt tydligt vid bränning av stående skog. I stående skog är upptorkningen av bränslet långsammare än på ett hygge. Således krävs en längre period av torr väderlek innan det kan brinna inne i skogen. Därför måste bränningar i stående skog göras vid en avancerad torka. Avancerad torka behöver dock inte i sig innebära hög "brandrisk" då risken för att förlora kontrollen vid en bränning beror på många andra faktorer: vind, bränningsteknik, områdets brandgränser etc. Dessa samband måste göras tydliga för dem som beslutar om dispens för bränning.

I Räddningstjänstlagen regleras också kommunernas ansvar beträffande åtgärder för att begränsa skadorna till följd av bränder. Kommunen får dock inte ställa schablonmässiga krav på åtgärder i samband med bränning. Åtgärder som kan krävas av markägaren skall baseras på de lokala förutsättningarna ifråga om typ av bränning, begränsningslinjer och liknande. Därför är det viktigt att en dialog förs mellan tjänsteman och markägare så att kommunen eller länsstyrelsen kan ge dispens för bränning även vid hög brandrisk. Om elden sprider sig utanför det avgränsade området är den kommunala räddningstjänsten skyldig att släcka den. Kostnaden för insatsen kan inte krävas av den som orsakat branden. Kommunen står för kostnaden som täcks av den kommunala självrisk, medan överskjutande belopp betalas av staten. Kommunen får inte förbjuda bränning med hänvisning till en hög kommunal självrisk eller dålig ekonomi i verksamheten.

Som tidigare nämnts är länsstyrelsen enligt Räddningstjänstlagen (SFS 1986: 1102) tillsynsmyndighet vad gäller den kommunala räddningstjänsten. Samtidigt ska länsstyrelsen enligt Naturvårdslagens 2§ (SFS 1964:822) också verka för naturvården i länet. Länsstyrelsen är därmed ansvarig både för att minska skadorna på människor och egendom av skogsbränder samtidigt som den skall verka för att hygges- och naturvårdsbränningar ökar till förmån för den biologiska mångfalden. Det är därför viktigt att länsstyrelsen tydligt uttalar sin ställning i frågan om hygges- och naturvårdsbränning. Detta belyser ytterligare vikten av ekologisk kunskap inom räddningsorganisationen samt att samarbetet mellan de som bränner och Räddningstjänsten fungerar bra.

Det finns ett behov bland de inblandade parterna att klargöra vad som gäller och hur organisationerna fungerar i frågor om bränning på skogsmark. Under senare tid har olika initiativ tagits för att klargöra dessa frågor. På länsstyrelsen i Västernorrland har man börjat arbetet med att ta fram en lokal policy för hygges- och naturvårdsbränning där organisationen och ansvarsfrågor utreds. I Västerbotten har en konferens med alla berörda parter hållits på initiativ av Räddningstjänsten i syfte att sprida kunskap och skapa förståelse för hygges- och naturvårdsbränning samt för de krav som ställs från SOSalarm och Räddningstjänsten.

# Miljöhänsyn vid släckning av skogsbrand

Vid släckning av skogsbränder måste besluten tas snabbt. Därför är det viktigt att alla inblandade är insatta i vilken påverkan på miljön olika insatser har för att kunna handla på ett riktigt sätt. I dagens utbildning av brandmän är skogsbrandssläckning en mycket begränsad del. Det finns idag inget utbildningsprogram i fråga om litteratur och övningar för skogsbrandssläckning. En förutsättning för ett korrekt handlande av släckpersonalen vid skogsbrand är att de erhållit goda kunskaper om brandens natur och effekten på miljön av olika metoder varför en utveckling av detta är en förutsättning för att kunna miljöanpassa verksamheten.

## Planering och taktik vid släckning

Flera länsstyrelser har börjat arbetet med att ta fram föreskrifter om hur blyxtantända bränder i skyddade områden skall behandlas. Genom att ange var elden kan få brinna kan släckningsinsatserna fokuseras på att skydda omkringliggande skog. På så sätt så återfinns branden sin roll som ekologisk faktor i skogen samtidigt som man minskar påverkan på mark och växtlighet genom att avstå från gå in i reservaten med släckningsutrustning och fordon. Denna diskussion gäller naturligtvis bara reservat där elden utgör en viktig ekologisk faktor för att bevara och öka den biologiska mångfalden. Vissa reservat har mycket liten areal vilket gör det svårt att tillåta brand inom dess gränser. Sannolikheten att brand uppkommer på naturlig väg genom blyxtantändning är dock mycket liten, endast omkring en gång på tusen år för ett 100 hektar stort reservat (Granström 1993). Endast 3.7% av skogsmarksarealen i Sverige är idag skyddad i reservat (Lövgren 1997). Den största delen ligger dessutom i fjällnära områden där blyxtantändning är mycket ovanlig. Endast 0.8% ligger öster om odlingsgränsen. Skogsbrand kan dock uppkomma på en slarv med eld av folk som vistas i området. Detta är mycket mer sannolikt än att bränder orsakas av blyxtantändning. Eftersom sannolikheten är mycket låg för att bränder skall uppkomma kommer man inte ifrån behovet av anläggande av kontrollerade bränder i reservat. En strävan efter att bilda större sammanhängande reservat där ekologiska processer, t ex brand, får ett större spelrum finns i Naturvårdsverkets förslag till actionsplan för biologisk mångfald (Terstad 1995). Genom detta kommer frågan om släckning i reservat att bli mer angelägen. Att låta bränder sprida sig inom anvisade områden är dock mycket komplicerat. Det ställer mycket höga krav på kunskaper om brandens beteende hos släckningspersonalen. En medvetet anlagd brand som noga planerats är betydligt mindre komplicerat att hantera.

I produktionsskog kan man också tänka sig att det finns ett utrymme för att låta elden brinna över vissa områden innan den släcks. Man kan kanske låta den sprida sig över ett hygge där man inte genomfört föryngringsåtgärder och inrikta släckningen på att skydda områden av större ekonomiskt värde.

Genom att flytta begränsningslinjerna på detta sätt skulle den brända arealen kunna ökas på ett enkelt sätt. Detta kräver dock ett nära samarbete mellan räddningstjänst och markägare. En komplikation är att släckningsproblemen generellt ökar dramatiskt med ökande areal på det avbrunna området. Troligtvis är det endast aktuellt på mark ägd av skogsbolag, som på så sätt kan få områden avbrända till en låg kostnad. Intresset för en sådan taktik för att öka den brända arealen verkar dock vara mycket litet hos skogsbolagen. Vid kontakt med några av de större bolagen ställer de sig mycket tveksamma till hur det hela skulle fungera i praktiken. Det är främst informationen mellan räddningsledare och markägaren som brister. Beslutet måste kunna fattas mycket snabbt och Räddningstjänstens personal kan ej själva göra bedömningen om man kan låta elden sprida sig över ett speciellt område. Dock skall, som i all räddningstjänstverksamhet, kostnaderna för insatsen vägas mot de värden som kan räddas.

## Anläggande av brandhinder

Det är markbränslet som utgör den viktiga bränslekomponenten vid skogsbrand. Om kronbrand (toppeld) uppkommit är det även här av största vikt att först och främst begränsa tillgängligheten av bränsle på marken. Värmen från elden nere på marken är en förutsättning för att det skall brinna i kronorna. Att minska bränslemängden på marken kan göras på två sätt. Det kan föras bort mekaniskt med hjälp av handredskap eller maskiner, eller brännas bort. Det är främst vid allvarligare bränder som är svåra att stoppa med direkt attack med vatten som brandgator anläggs. Vid dessa bränder krävs det således en bred gata för att hindra spridningen. Risken att branden tar sig över brandgatan genom eldkast är överhängande om den inte görs ordentligt bred. Vid anläggandet av brandgator vid större bränder har man i huvudsak använt sig av mekaniska metoder, främst med maskiner. Erfarenheten av detta är att de sällan är speciellt effektiva och risken att det brinner över är stor. Det tar dessutom lång tid att färdigställa en brandgata med hjälp av mekaniska metoder. Den måste således anläggas långt från brandfronten vilket leder till att branden ofta hinner släckas innan den når brandgatan. Så var fallet vid en större skogsbrand i trakterna av Östersund 5 juni 1997. En 50-75 meter bred brandgata anlades med hjälp av bandtraktorer som frilade mineraljorden och förde bort träden. Branden hann dock aldrig fram till brandgatan innan den släcktes. I räddningsverkets studie av branden anges att det troligen skulle behövts ytterligare åtgärder, t ex moteld/avbränning eller vattenbegutning, för att ha kunnat stoppa branden vid brandgatan (Sandahl 1998).

Erfarenheter av att skyddsavbränna områden för att stoppa skogsbränder är idag liten i Sverige. Metoden är dock mycket vanlig i t ex USA och Kanada. I tidigare instruktioner för släckning av skogsbränder beskrivs också skyddsavbränning som det utan tvivel effektivaste sättet att öka brandgatans eldhejdande verkan (Skogsbrandssläckningskommittén 1958). Skyddsavbränning är en effektiv metod, då arbetet går snabbt och kräver lite utrustning. Anläggandet av begränsningslinjen kan göras närmare brandfronten än vid användandet av en mekanisk metod eftersom

tidsåtgången är mindre. Att rekrytera personal och utrustning till skyddsavbränningen borde dessutom kunna gå fortare än att kalla in traktorer.

Eftersom markbränslet är det som avgör brandens beteende är det ofta onödigt att fälla träden i brandgatan. Genom att fälla träden ökar man bränslemängden på marken. Om den förs in mot branden kan den öka intensiteten på denna. Ligger det kvar försvinner brandgatans funktion, läggs det på bortsidan av brandgatan ökar det brandens intensitet vid eventuell överbrinning. En fördel med att fälla träden i brandgatan är dock att man får bra sikt över begränsningslinjen.

Vid anläggandet av brandgator för bekämpningen av större bränder kan påverkan på skogen minskas genom att noga välja var de skall placeras. Det är bra både taktiskt och ur miljösynpunkt att välja naturliga brandhinder. Dessa kan vara vägar, lövskogsområden, branta nedförsbackar eller liknande. I de två senare sänks brandens intensitet betydligt på grund av bränslet (Berglund 1998) respektive lutningen. Detta gör det lättare att angripa elden och få stopp på den. Vid anläggandet av ett brandhinder vid väg måste denna ofta förstärkas genom bortförsl av bränsle eller skyddsavbränning. Genom att bränna istället för att använda maskiner minskas påverkan på mark och växtlighet. I Räddningsverkets studie av 1998 års större skogsbränder (Sandahl 1998) anges att metoder och teknik att arbeta med skyddsavbränning bör övervägas att ingå i brandpersonalens utbildning.

Vid mekanisk bortförsl av bränsle på marken kan fornlämningar förstöras eller skadas. Vid den omfattande skogsbranden i Kräcklingbo på Gotland 1992 gjordes 30-50 meter breda brandgator med schaktmaskiner. All humus och mycket av jorden transporterades bort. En inventering av skador på fornlämningar gjordes efter branden. Denna visade att flera fornminnen skadats av maskinernas arbete (Carlsson 1992).

## Vattentag

Vid släckning av skogsbränder används ofta vatten från befintliga vattendrag. Ibland dämms också bäckarna för att få bättre tillgång till vattnet. Detta kan leda till att vattennivån i vattendraget kan sänkas betydligt, särskilt nedanför dämningar. Det finns inga studier gjorda för detta speciella fall, dock finns erfarenheter från andra ingrepp, t ex vattenkraftverk, där vattennivån och flödet i vattendraget förändras (Björn Malmqvist, pers. med.). Sänkningen av vattennivån leder till att vattenlevande djur strandas och riskerar att dö på grund av uttorkning. Risken för dödlighet ökar med varm och torr väderlek samt den tid som vattensänkningen består. Eftersom skadan är av engångskaraktär är den nog måttlig. Bäckfaunor tycks ha stor återhämtningsförmåga eftersom de vattenlevande djuren från sträckan uppströms det torrlagda avsnittet koloniserar de torrlagda områden. Många vattenlevande insekter har dessutom icke vattenlevande vuxenstadier varför en kolonisation från andra bäckar är möjlig.



## Betydelsen och påverkan av tillsatsmedel vid släckning

Länge släcktes skogsbränder endast med vatten eller mekaniska metoder, t ex genom att föra bort bränsle eller mota branden med granruskor. I oländig terräng kan det dock vara svårt att föra vatten och branden kan vara allt för omfattande eller av för hög intensitet för att kunna släckas med enkla mekaniska metoder. Genom att tillsätta kemikalier kan man öka vattnets släckeffekt vilket gör att den befintliga vattenmängden kan utnyttjas mer effektivt. Det finns fyra typer av tillsatser; visköst vatten, vått vatten, retardenter eller skum. Skum och retardenter är de tillsatsmedel som används mest idag vid släckning av skogsbrand. Omfattningen av tillsatser vid skogsbrandssläckning är dock begränsad och de flesta bränder släcks enbart med vatten. Miljöeffekterna av släckmedelstillsatser som används vid skogsbrandsbekämpning är redovisade i en tidigare rapport från räddningsverket (Rosvall och Andersson 1995). Den belyser de olika miljöeffekter av släckmedelstillsatser. Tillsatsmedlens påverkan på miljön varierar mellan typer och fabrikat. Det är främst vattendrag som påverkas av släckmedelstillsatser. När man använder tillsatser är det därför viktigt att beakta en rad faktorer vilket påverkar giftighetsnivån i vattendragen. Dessa faktorer är mängden utsläpp och den del av utsläppet som når vattendraget, vattendragets storlek, dess vattenföring samt vattnets hårdhet.

Skumvätskors effekter på miljön är sammanfattade i en litteraturstudie publicerad i en rapport från räddningsverket (Holm och Solyom 1995). I denna kom man till liknade slutsatser som i ovan nämnda rapport, nämligen att giftigheten varierar mellan olika preparat och att appliceringen har betydelse för ämnens miljöpåverkan. Båda rapporterna belyser problemet med att informationen om tillsatsmedels påverkan på miljön i många fall är bristfällig. Om upplysningar finns så varierar dessa mellan olika tillverkare vilket gör produkterna svåra att jämföra. Båda rapporterna framhäver betydelsen av att ha ett standardiserat system för att testa produkternas miljöpåverkan. I USA finns det mycket klara specifikationer om hur tillsatsmedel vid skogsbrandssläckning skall vara utformade för att få säljas och användas. Dessa specifikationer är framtagna av United States Department of Agriculture (USDA), och omfattar produkternas funktion och påverkan på hälsa och miljö. Även i andra länder där användningen av tillsatsmedel är omfattande, t ex Kanada och Australien, följs USDA:s specifikationer. Inom EU finns idag ingen standard för test av tillsatsmedlens miljöpåverkan. Ett sådant test skulle vara nödvändigt för att kunna utvärdera olika produkters påverkan på miljön. Räddningsverket har gett Statens provningsanstalt och institutet för vatten och luftvårdsforskning uppdraget att ta fram en standardiserad test metod för miljöpåverkan av skumvätskor. Detta arbete beräknas vara färdigt i början av 1999.

Släckmedelstillsatser berörs av lagen om kemiska produkter (SFS 1985:426). Enligt denna lag är den som hanterar eller handlar med en kemisk produkt skyldig att vidta försiktighetsmått som krävs för att

människor eller natur inte skall skadas. Dessutom är man skyldig att se till att det finns tillfredsställande undersökningar angående hälso- och miljöskador som produkten kan förorsaka. Lagen om kemiska produkter ersätts 1 januari 1999 av den nya miljöbalken.

Eftersom tillsatsmedel kan ha en omfattande påverkan på vattenmiljön och dess organismer, är det viktigt att noga överväga användandet vid släckning av brand särskilt i känsliga miljöer. En tänkbar fördel med att använda tillsatsmedel vid släckning av skogsbrand är om det föreligger en risk att tömma eller starkt påverka vattenflödet i vattendragen man använder som vattenkälla.

## Säkring av brandgränser och bevakning

Släckning av skogsbrand kan indelas i två faser, räddningstjänst och bevakning. Med räddningstjänst menas de arbetet som gör så länge det finns risk för att branden skall fortsätta sprida sig. När alla brandgränser är säkrade och risken för ytterligare spridning är obefintliga inleds bevakningen. Under denna fas kan det dock fortfarande brinna t ex i torrakor och myrstackar. Markägaren är ansvarig för bevakningen, om detta inte kommer till stånd får räddningsledaren, enligt § 53 i Räddningstjänstlagen (SFS1986:1102), utföra bevakning på markägarens bekostnad. Ofta nämns att brandskadade småträd och buskar i närheten av brandgränsen skall huggas ner under eftersläckningsarbetet. Dessutom sägs ofta att alla döda träd eller grenar innanför brandgränsen skall huggas ner vid minsta risk för att de skall falla ner eller ge upphov till gnistbildning. På hyggen som bränns idag lämnas träd och buskar samt liggande och stående död ved i naturvårdssyfte. Hänsyn till dessa strukturers naturvårdsnytta bör tas vid säkringen av brandgränserna och eftersläckningsarbetet. Småträd och buskar innebar oftast inget problem varför de kan lämnas. Större träd kan dock utgöra en fara, varför det ofta krävs att det tas ner. Andelen döda träd som måste fallas är dock oftast liten jämfört med det totala antalet på brandfältet.

## Miljö och skogsbrand. Lagstiftning och viljeyttringar inom Sverige och EU.

Det finns en rad lagar och förordningar som berör området skogsbrand och miljö. En total värdering av betydelsen av dessa saknas. Nedan ges en viss orientering om lagar, förordningar och politiska viljeyttringar som kan tänkas vara viktiga i arbetet med skogsbrand och miljö.

## Räddningstjänstlagen och Räddningstjänstförordningen

Räddningstjänstlagen (SFS 1986:1102) innehåller föreskrifter om hur samhällets räddningstjänst skall organiseras och bedrivas. I §2 anges statens eller kommunens skyldighet att göra en insats bl a vid skogsbränder:

*"Med räddningstjänst avses i lagen de räddningsinsatser som staten eller kommunen skall svara för vid olyckshändelser och övervägande fara för olyckshändelser för att hindra och begränsa skador på människor eller egendom eller i miljön."*

Vidare i §2 står:

*Skyldighet för staten eller kommunen att göra en räddningsinsats föreligger endast, om det med hänsyn till behovet av ett snabbt ingripande, det hotade intressets vikt, kostnaderna för insatsen och omständigheterna i övrigt är påkallat att staten eller kommunen svarar för insatsen.*

Andra delar av lagen som är av yttersta vikt för hanteringen av skogsbränder är §20 i Räddningstjänstlagen och i §21 i räddningstjänstförordningen (SFS 1986:1107) där det stadgas att länsstyrelser och kommun får meddela föreskrifter om förbud, helt eller delvis, mot eldning utomhus. Detta gäller all eldning utomhus med undantag för speciellt anvisade platser med eldstad. Således berörs hygges- och naturvårdsbränning av detta (se vidare i kapitel: Räddningstjänstens förhållande till hygges- och naturvårdsbränningar).

Enligt Räddningstjänstlagens 54§ är länsstyrelsen tillsynsmyndighet avseende den kommunala räddningstjänsten i länet och skall dessutom svara för den planläggning som krävs för att utöva sitt ansvar vid omfattande räddningsinsatser inom en eller flera kommuner.

## EU:s förordning om skydd av skogar mot skogsbrand

Rådets förordning EEG 2158/92 om skydd av gemenskapens skogar mot bränder är den EU-förordning som reglerar skyddet av skog mot skogsbrand. Syftet med förordningen är att minska antalet bränder samt minska den brända arealen. Den gäller främst områden med hög brandrisk där "*...den ständigt eller återkommande risken för skogsbrand kan vara ett hot mot den ekologiska balansen och säkerheten för människor och egendom eller bidrar till att påskynda spridningen av ökenområden,...*", eller områden av medelhög brandrisk där "*...skogsbrandrisken inte är ständig eller återkommande men utgör ett betydande hot mot skogsekosystem...*" (artikel 2, rådets förordning EEG 215/192). Sverige är dock klassat som ett lågriskornråde, och skogsbrand är inte på något sett ett

hot mot ekosystemen. Därför borde inte denna förordning hindra aktiv bränning av skogsmark i Sverige.

## Rio-konventionen

Den 8 juni 1992 undertecknade Sverige, med stöd av regeringsbeslut den 27 maj 1992, FN:s konvention om biologisk mångfald. Den 25 oktober 1993 tog dessutom EU beslut om konventionen gällande som förordning inom den europeiska unionen (rådets beslut 93/626/EEG). Konventionen består av en inledning, en huvudtext med 42 artiklar samt två bilagor. Den innehåller flera delar som berör miljöhänsynsfrågor vid hantering av skogsbrand. Inledningen omfattar 24 punkter. Särskilt kan nämnas betydelsen av att förutse, förebygga och angripa orsaker till förlust av biologisk mångfald vid källan.

I artikel 1 anges målen för konventionen, vilka bl.a. är att bevara den biologiska mångfalden och att hållbart nyttja dess beståndsdelar.

Eftersom många arter är beroende av elden för sin överlevnad är det nödvändigt att det brinner i skogen för att bevara den biologiska mångfalden i Sverige. För att uppnå detta måste brand få förekomma inom skyddade skogsområden. För ett hållbart nyttjande av skogen som naturresurs måste bränning av skogsmark också ingå som viktig komponent i naturvårdsarbetet i skogsbruket.

Artikel 6 innehåller grundläggande åtagande rörande åtgärder för bevarande av biologisk mångfald. Varje part skall utveckla nationella strategier, planer eller program för bevarande och hållbart nyttjande av biologisk mångfald samt integrera bevarande och hållbart nyttjande av biologisk mångfald i relevanta sektoriella eller tvärspektoriella planer, program och politiska riktlinjer. Denna artikel torde beröra Statens räddningsverks förhållande till andra myndigheter som Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket vid frågor om skogsbrand och bränning på skogsmark.

Artikel 22 reglerar konventionens förhållande till andra internationella avtal. En parts rättigheter och skyldigheter under tidigare ingångna avtal skall inte påverkas av denna konvention, med undantag för när skyldigheter eller rättigheter kan förorsaka allvarlig skada på eller hot mot biologisk mångfald. I dessa fall har konventionen företräde. Till exempel kan det ökade koldioxidutsläppet till atmosfären vid skogsbrand komma i konflikt med andra internationella konventioner. Men brandens betydelse för den biologiska mångfalden gör dock att det troligen kommer att finnas ett utrymme för relativt omfattande bränningsaktiviteter innan det kommer i konflikt med konventioner om koldioxidutsläpp.

## Skogsvårdslagen

Riokonventionen trycker på betydelsen av att bevara den biologiska mångfalden utanför reservat och nationalparker, vilket lägger ett ansvar på

de som brukar skogarna i vårt land. Den skogspolitik som togs av riksdagen 1993 (proposition 1992/93:226) ledde till betydande förändringar i skogsvårdslagen (SFS 1993:553). Denna lagstiftning kännetecknas nu av två jämställda mål- ett miljömål och ett produktionsmål. I beskrivningen av miljömålet står *"Skogen skall brukas så att växt- och djurarter som naturligt hör hemma i skogen ges förutsättningar att fortleva under naturliga betingelser och i livskraftiga bestånd."* För att kunna leva upp till detta krävs att bränningar utförs i skogen. I de allmänna råden till §30 (hänsyn till naturvårdens och kulturmiljövårdens intressen) anges yngre brandfält som en hänsynskrävande biotop.

## Planer för bevarande av biologisk mångfald

Genom undertecknandet av Rio-konventionen ålades Sverige att utveckla en nationell strategi för bevarandet av biologisk mångfald. Hösten 1993 presenterade regeringen propositionen Strategi för biologisk mångfald (prop. 1993/94:30). Denna antogs senare av riksdagen och bildar därmed en politisk plattform och en strategi för arbetet med biologisk mångfald i Sverige. Strategin innehåller övergripande principer för bevarande av biologisk mångfald och hållbart nyttjande av biologiska resurser. Strategin lägger fast att miljömålen skall ges samma vikt och betydelse som skilda ekonomiska Överväganden i syfte att bygga mänsklig verksamhet på ekologisk grund. Vidare framhålls att en helhetssyn skall tillämpas vad gäller åtgärder för att upprätthålla ekologiska processer och säkra arters långsiktiga överlevnad. Målet är att den biologiska mångfalden och den genetiska variationen skall säkerställas. Växt- och djursamhällen skall bevaras så att alla i landet naturligt förekommande arter ges möjlighet att fortleva under naturliga betingelser och i livskraftiga populationer. Risken för utdöende av arter skall således hållas på en låg nivå.

På uppdrag av regeringen tog Naturvårdsverket, Skogsstyrelsen, Jordbruksverket, Fiskeriverket och Boverket fram aktionsplaner för biologisk mångfald (Terstad 1995, Wallin m fl 1995, Anonym 1995a, Anonym 1995b, Emanuelsson 1995). Både Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket uppmärksammar i sina program skogselden som en central ekologisk process för bevarandet av den biologiska mångfalden. Den har en viktig roll för bevarandet både inom skyddade skogsområden och i det brukade skogslandskapet. För att naturvårdsanpassa skötseln av våra skogar anser både Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen i sina program att andelen brandpåverkad skog och mark måste öka i tidigare brandpräglade områden. Åtgärder för att återinföra branden som ekologisk process i skogen har hög prioritet. I sina förslag till åtgärder belyser Naturvårdsverket vikten av att finna former och metodik för naturvårdsbränning.

## Miljöbalken

På grund av utvecklingen av det ekologiska tänkandet och förändringar i lagar och förordningar samt större krav på en god samordning av

miljölagstiftningen lade regeringen 1994 fram propositionen "miljöbalk" (1994/195:10). Detta är delvis en effekt av undertecknandet av Riokonventionen och Sveriges inträde i EU. Miljöbalksutredningen överlämnade 1996 betänkandet "miljöbalken – en skärpt och samordnad miljölagstiftning för en hållbar utveckling" (SOU 1996:103). I december 1997 lämnade regeringen propositionen "Miljöbalk" (1997/98:45) till riksdagen och i mars 1998 "Följdlagstiftning till miljöbalken" (1997/98:90). Riksdagen antog det nya förslaget den 3 juni 1998. Miljöbalken träder i kraft den 1 januari 1999 och ersätter 16 befintliga lagar som nu upphör bli naturvårdslagen, miljöskyddslagen, lagen om kemiska produkter och miljöskadelagen. Miljöbalken gäller för allt som motverkar balkens mål. Detta betyder att miljöbalken gäller för allt som kan påverka hälsan och miljön negativt, förstöra naturvärden och utarma den biologiska mångfalden. Miljöbalkens tillämpningsområde är inte summan av de lagar som upphävs när balken träder i kraft, utan en breddning av deras tillämpningsområde som närmast motsvarar miljöfrågorna i överenskommelsen om Riodeklarationen.

## Miljöledningssystem i statlig förvaltning

Regeringen angav i regeringsförklaringen 1996-09-17 att statsförvaltningens miljöarbete skall utvecklas till att vara ett föredöme. Detta innebär ett vidgat sektorsansvar för miljöfrågor inom myndigheternas verksamhet och ett högre krav på samarbete i dessa frågor med övriga myndigheter och näringslivet. I senare beslut om start av projektet "miljöledningssystem i statlig förvaltning" (regeringsbeslut M96/2948/8) ingår Räddningsverket som en av de pilotmyndigheter vilka skall inleda utvecklingen av miljöledningssystem.

## Skogsbrandspolicy

De starkaste kraven i en skogsbrandspolicy är skyddandet av människor och egendom. Men som tidigare belysts i denna rapport kan förändringar i den naturliga brandregimen ha allvarliga negativa effekter på den biologiska mångfalden. Det är därför viktigt att utvärdera hur dagens ekosystem och dess dynamik förhåller sig till naturlandskapets. Med detta som grund kan planer tas fram för att hantera skogseld inom ett område. Nedan följer några exempel på skogsbrandpolicier i länder där man har ett utvecklat tänkande i dessa frågor och där förutsättningarna är åtminstone delvis jämförbara med de i Sverige.

## USA

Utvecklingen av skogsbrandspolicy på statlig mark i USA kan sammanfattas i tre faser. Den första fasen var att skapa en laglig grund för brandbekämpningen. Redan 1897 kom den första lagen (Organic Administration Act) vilken senare följdes ytterligare lagar under första delen av 1900-talet. Målet med dessa lagar var att kontrollera alla

skogsbränder genom en snabb initial attack. Syftet var att skydda de värdefulla skogsresurserna. Den andra fasen innefattade uppbyggandet av utrustnings- och personalresurser vilket skedde under 30-talet då det fanns ett överflöd av arbetskraft. Efter andra världskriget genomgicks den tredje fasen. Teknologiska framsteg inom kommunikation, utrustning och flyg tillsammans med det stora överskottet av militärt material gjorde det möjligt att bekämpa skogsbränder ännu effektivare än tidigare. De tre faserna kulminerade under 70-talet då man skapat en effektiv, teknologiskt tillförlitlig brandbekämpningsorganisation, dock till en hög kostnad. Under 70-talet kom dock alarmerande tecken på att något var fel. Antalet bränder ökade dramatiskt och större arealer brann än vad det gjort under något årtionde på hela 1900-talet. Kostnaderna för brandbekämpningen ökade också kraftigt. De resurser som satsades på brandbekämpning stod inte i proportion till de värden som skulle bevaras. En omfattande analys genomfördes av 70-talets skogsbrandssituation (Gale 1977), vilket ledde till utvecklandet av en ny skogsbrandspolicy. Den effektiva brandbekämpningen under flera årtionden har lett till förändringar i vegetationssammansättningen och ökat bränslemängderna i många skogstyper. Detta har ökat risken för allvarliga bränder med ett annat brandbeteende än det normala.

Konceptet för den nya policyn som kom fram efter analysen av 70-talets bränder var att balansera kostnaderna för brandbekämpning med de värden som kan räddas samt att låta branden få en naturligare roll i ekosystemet. Det första steget vid implementeringen av detta var att införa ett nytt system för att utvärdera bränder som inte kunnat kontrolleras vid den initiala attacken. Efter analys av lokala experter styrs släckningsarbetet med hänsyn till de värden som hotas av branden, baserat på kostnadseffektiviteten i hela släckningsarbetet samt de positiva och negativa effekterna av branden. Att låta branden få en naturligare roll i ekosystemet anses ha hög prioritet både ur ekologisk och ekonomisk synpunkt. Förhållandena på mycket stora arealer har ökat risken för onaturligt stora och högintensiva bränder, vilket också visat sig i många mycket allvarliga bränder. Dessa bränder utgör ett hot mot ekosystemet, människor och egendom och kan orsaka enorma ekonomiska förluster. Dessutom är de ytterligt dyra att bekämpa. Genom anlägga kontrollerade bränder (eng. "prescribed fires") med målet att reducera onormala bränslemängder samt försöka återställa beståndsstrukturen, reducerar man risken för allvarliga bränder. Om bränder skulle tillåtas att brinna fritt i områden med starkt förändrade bränsleförhållanden kan effekten på ekosystemet bli ödesdigert. De stora mängderna bränsle ökar intensiteten och det ökade inslaget av underväxt ökar risken för kronbränder i områden där detta tidigare varit ovanligt. I områden med mer naturlig bränslestruktur tillåter man naturligt uppkomna bränder att brinna med en förbestämd omfattning innan de släcks, sk "prescribed natural fires", för att förhindra framtida ackumulation av bränsle. Detta hade redan startat inom naturskyddade områden i slutet av 1960-talet (Kilgore & Nichols 1995).

Policyn att låta områden brinna vid naturligt uppkomna bränder blev mycket uppmärksammas efter omfattande bränder i Yellowstone National Park i norra USA sommaren 1988. Området hade ansetts vara nog stort för att låta bränder brinna till en förutbestämd omfattning. Bränderna blev dock mycket allvarligare än väntat och de brann över ett mycket stort område motsvarande ca halva parkens areal och hotade flera samhällen innan de till slut kunde stoppas. En omfattande debatt följde efter denna incident huruvida branden kunde anses vara naturlig eller ej och om det fanns utrymme för liknande bränder i förvaltningen av naturskyddade områden (Christensen m fl 1989, Romme & Despain 1989, Schullery 1989, Wakimoto 1990). Brandhistoriska undersökningar i området (Romme & Despain 1989) visade att brandbekämpningen som pågått sedan 1886 bara förlängt det naturliga intervallet mellan bränder med ett fåtal decennier. Eftersom brandintervallen naturligt är relativt långa i dessa områden drog de slutsatsen att 1988 års bränder var så gott som naturliga. Tidigare bränder under tidigt 1700-tal och mitten på 1800-talet var också mycket omfattande och inträffade under perioder med lång torka liknande situationen 1988 (Romme & Despain 1989). Naturligt högintensiva bränders roll i förvaltningen av naturskyddade områden har tidigare diskuterats av Alexander & Dubé (1983). Dessa bränder innebär problem och risker men är samtidigt en naturlig process i vissa ekosystem varför de borde utgöra en naturlig del av dessa. En större förståelse för variationen i brandens naturliga beteende och effekt på ekosystem har fått insteg i arbetet med brandförvaltning, främst i naturskyddade områden efter 1988 (Kilgore & Nichols 1995). Händelsen i Yellowstone 1988 fick stor publicitet både i USA och övriga världen vilket ledde till att skogselden som naturlig faktor fick än större uppmärksamhet. Användningen av kontrollerade bränningar och "prescribed natural fires" hade börjat redan innan 1988 men fick en markant ökning efter detta år (Kilgore & Nichols 1995).

Skogsbrandssituationen i USA belyser vikten av att ha ekologiska kunskaper för att på ett bra och effektivt sätt skapa en ekonomisk och ekologiskt fungerande förvaltning av skogsbrand med höga krav på säkerhet.

## Kanada

Kanada har enorma arealer skog. Av landets totalt 922 miljoner hektar är 453 klädda med skog. Över 90% av skogsmarken ägs av staten. Mycket av skogen är lågproduktiv och ligger långt från industrier varför stora delar av skogen har litet ekonomiskt intresse. Nästan all skog kan räknas till områden där skogseld är ett naturligt fenomen (Wein & MacLean 1983). Under perioden 1988-1997 brann i genomsnitt 2,8 miljoner hektar per år, vilket motsvarar ca 0.6% av den skogsklädda arealen. Antalet bränder var i medeltal 8500 per år under denna period.

Kanada består av 12 autonoma provinser och territorier vilka är ansvariga för brandförvaltningen inom sitt område. Policier och organisation av förvaltningen anpassas till lokala förhållanden varför det kommer att finnas



en variation inom landet. Det finns alltså ingen gemensam policy för hela Kanada. Grundtankarna kring brandförvaltning är dock de samma för landets olika delar och liknar de som finns i USA:s Federal Wildland Fire Policy. Den grundläggande tanken är att minska skadorna som elden orsakar samtidigt som dess ekologiska roll tas i beaktande. Dessutom vägs kostnaderna för insatsen mot de värden som riskerar att förloras (Al Simard, pers. med.).

Staten stöttar brandförvaltningen i provinserna och territorierna ekonomiskt. Staten bidrar också med medel till brandforskning. Vidare hanterar staten samarbetsfrågor mellan provinserna och är ansvarig för förvaltningen av landets nationalparker. De statliga myndigheter som berörs av brandförvaltningen är Canadian Forest Service, Environment Canada och Indian and Northern Affairs Canada. Mycket forskning kring brand görs inom Canadian Forestry Service. Ända sedan 1920-talet har man forskat i ämnet (Pyne m fl 1996).

Den kanadensiska brandförvaltningen samarbetar mycket med dess motsvarigheter i USA. Bl.a. har man gemensamma övningar för personal, gemensamma konferenser och forskningsprojekt. Det finns avtal mellan länderna där det beslutats att de östliga provinserna New Brunswick och Quebec ingår i Northeastern Forest Fire Protection Commission tillsammans med ett antal stater i Nordöstra USA, och att Ontario ingår i The Great Lakes Forest Fire Compact. Kanada är världsledande inom brandförvaltning och brandforskning. Mycket av den kunskap som finns om skogsbränder och brandförvaltning i boreala områden kommer från de omfattande forskningsinsatserna samt praktiska erfarenheter från Kanada (Pyne m fl 1996).

## Ryssland

Ungefär 25% av världens skogar finns i Ryssland, varav det mesta ingår i det boreala barrskogsbältet. Grovt sett kan man säga att skogarna brunnit ungefär en gång per århundrade. Vissa oftare, andra mer sällan. Liksom i Sverige har människan använt elden, främst för jordbrukssyften, vilket lokalt ökat brandfrekvensen. I vissa områden med rennäringen skyddades istället marken från skogsbränder (Pyne m fl 1996). Under senare delen av 1800-talet, då industrialiseringen fått ordentlig fart och skogsbruket expanderade kraftigt, började bränderna bekämpas (Pyne m fl 1996). På 1930-talet fick det statliga brandförsvaret stora ekonomiska resurser att bekämpa Skogsbränder. Omfattningen av dess verksamhet ökade stadigt ända fram till Augustirevolutionen 1991. Att ha en effektiv brandbekämpning tjänade många syften i det forna Sovjetunionen: det skyddade byar, minskade förekomsten av rök vilket är en förutsättning för kommersiell och militär luftfart, skyddade renbetesmarker, skyddade värdefulla skogliga resurser samt att det ökade statens administrativa inflytande i avlägsna områden (Pyne m fl 1996).

Skogsbrandsbekämpningen baseras till stor del på metoden att personal flygs ut med flygplan eller helikoptrar, varefter de tar sig ner till marken med hjälp av fallskärm eller att de firar sig ned längs rep. På marken använder man brandgator i stor omfattning. Dessa anläggs genom skyddsavbränningar mot naturliga begränsningar eller uppsprängda eller grävda mineraljordssträngar. 1991 var det luftburna brandförsvaret ansvarig för skyddet av nästan 830 miljoner hektar skogsmark, varav 106 miljoner var renbetesområde (Pyne m fl 1996). Efter augustirevolutionen 1991 minskade brandförsvarets omfattning men strukturen på dess uppbyggnad förblev den samma. Brist på resurser gjorde dock brandbekämpningen mindre effektiv (Pyne m fl 1996).

Mot bakgrund av att skogsbränder kan påverka det globala klimatet har de enorma skogsarealerna i Ryssland rönt internationell uppmärksamhet, Redan kort tid efter det kalla krigets slut upptogs internationella kontakter med Nordamerika och Västeuropa, för att utbyta kunskaper (Goldarnmer & Furyaev 1996). Idag drivs ett antal samarbetsprojekt inom brandforskning och fortbildning av personal (Pyne m fl 1996).

## Norden

Situationen i Finland och Norge är jämförbar med den i Sverige. Bränder har även i dessa länder bekämpats under längre tid med resultatet att skogsbränder är mycket ovanliga i dagens skogslandskap. I dessa länder har branden också uppmärksammats som en viktig ekologisk faktor under senare tid.

Dagens skogsbrandpolicy i Finland är att alla bränder, både i produktionsskog och inom skyddade skogsområden, skall släckas så snabbt som möjligt (Lassi Karivalo, pers. med.). Arbete med att återinföra branden i skyddade skogsområden har dock gjorts. Redan 1972 startades ett projekt med syftet att undersöka brandens påverkan på ett antal reservat för att senare införa brand i dessa områden. Brandhistoriken undersöktes i fyra nationalparker och naturreservat och den första rapporten från detta arbete kom 1978 (Haapanen & Siitonen 1978). Resultaten från dessa studier ledde till en större uppmärksamhet och förståelse för brandens roll i de finska skogarna vilket lett till att man gjort en del bränningar. Mycket få av dessa har varit i stående skog. Man har istället bränt områden som tidigare varit huggna i syfte att restaurera området (Hannu Lehtonen, pers. med.). Liksom i Sverige har hyggesbränningen ökat under de senaste åren. Någon policy om hur brandmyndigheterna skall förhålla sig till bränningar på skogsmark finns ej.

Även i Norge är policyn att uppkomna bränder skall släckas så snabbt och effektivt som möjligt (Bleken 1997). Branden som ekologisk faktor har dock nyligen uppmärksammats i en rapport från Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern och Oslo universitet (Bleken m fl 1997) där skogsbrandens roll i Norges skogar utreds och hur detta påverkar den framtida brandförvaltning. I Norge finns inga konkreta planer för återinförandet av

brand i skyddade områden, men intresset växer. Det anses att skogseldens roll i olika områden bör beaktas i förvaltningen av nationalparker (Direktoratet för naturförvaltning 1996).

## Sverige

I Sverige styrs förvaltningen av skogsbränder med Räddningstjänstlagen och Räddningstjänstförordningen som grund. I Räddningstjänstlagens andra paragraf står:

***Skyldighet för staten eller kommunen att göra en räddningsinsats föreligger endast, om det med hänsyn till behovet av ett snabbt ingripande, det hotade intressets vikt, kostnaderna för insatsen och omständigheterna i övrigt är påkallat att staten eller kommunen svarar för insatsen.***

Detta liknar den policy som man har i USA och Kanada, där insatsens omfattning anpassas till de värden som står på spel. Implementeringen av detta är dock inte lika sofistikerad som i de nordamerikanska länderna där man har stor erfarenhet och välutvecklade system och organisation för att göra dessa bedömningar. I Sverige har man en mer indirekt respons till detta genom organisationen av räddningstjänsterna. Den lokala Räddningstjänsten är den som först rycker ut. Vid behov begärs förstärkning från omgivande områden. Vid mer omfattande situationer kan dessutom helikopterassistans kallas in. Några utvecklade modeller för att värdera de värden som riskeras av branden mot kostnaden för insatsen används ej. I både USA och Kanada äger staten en stor del av skogsmarken, vilket gör beslutsprocessen lättare än där man, som i Sverige, har en mycket splittrad ägarstruktur. En utvärdering av tidigare bränder skulle kunna ge information om hur kostnaden för släckningsinsatsen förhåller sig till de förlorade och riskerade värdena. En av få utvärderingar som gjorts i Sverige berör skogsbränderna 5-9 juni 1998 (Sandahl 1998) där en rad allvarigare bränder utvärderades, Tillräcklig dokumentation om vad som brunnit, brandens beteende och spridning och släckningsinsatsen saknas dock ofta i rapporter från bränder för att en riktig bedömning skall kunna göras.

I skriften "Kommunal räddningstjänst inför framtiden" (Räddningsverket 1991) redovisas en enkät som Räddningsverket skickat till ett urval av landets räddningschefer. En fråga gällde vilka åtgärder som bäst skulle främja Räddningstjänstens intressen. På första plats kom tydligare beslutsunderlag för politikerna. Med detta menade man förmågan att mäta nyttan och kostnaden med Räddningstjänstens insatser. Frågor som rör detta har utvärderats i rapporten "Lagom brandsäkerhet" (Mattson m fl 1994) där brandsäkerhetsfrågor, förebyggande åtgärder och släckningsarbete studerats. Metoder för att utvärdera samhällsnytta och samhällskostnader vid släckning av skogsbränder är dock inte innefattade i rapporten. Nyttan för miljön i detta är att om det visar sig att onödigt stora resurser satsas på att begränsa omfattningen av vissa bränder kan den brända arealen öka. En sammanställning av släckningskostnader för skogsbränder 1994 (Bratt & Sandahl 1996) finns samt en marknadsvärderingsmodell för mark där

skogsbrand ägt rum (Persson 1995). Med hjälp av dessa samt uppgifter om förlorade och räddade värden skulle insatsen vid skogsbränder kunna analyseras och utvärderas. Detta skulle troligen ge en god vägledning i arbetet med att bedriva en kostnadseffektiv skogsbrandsläckning.

I andra länders policier läggs stor vikt vid att elden skall återfå sin naturliga roll som störningsfaktor i landskapet. I de aktionsplaner för biologisk mångfald som tagits fram av Skogsstyrelsen (Wallin m fl 1995) och Naturvårdsverket (Terstad 1995) tas detta upp som en mycket viktig del i bevarandet av den biologiska mångfalden i skogslandskapet. Detta kan göras på två sätt; genom att låta uppkomna skogsbränder brinna i större omfattning än idag samt att göra bränningar. Möjligheten att låta bränder brinna till en förutbestämd omfattning (jmf. "prescribed natural fires") är i Sverige troligen endast möjligt inom större naturskyddade områden samt eventuellt i produktionsskog om kostnaden för släckningen kommer att överskrida de värden som räddas vid släckningen. För att Räddningstjänsten skall kunna handla på ett korrekt sätt då brand uppkommer inom naturskyddade områden krävs det att den förvaltande myndigheten (Naturvårdsverket och länsstyrelserna) gett klara riktlinjer. Att bestämma vilka reservat och nationalparker som får brinna och i vilka bränder skall släckas är en förutsättning för ett korrekt handlande då situationen uppkommer. Man bör i förväg avgränsa de delområden som får brinna samt peka ut områden som är speciellt känsliga för körning med utrustning etc.

Idag bränns skogsmark av skogsbolag, privata skogsägare och naturvårdsmyndigheter. För att förenkla arbetet med bränning finns ett behov att klart redovisa vad som gäller. Alla berörda parter måste vara införstådda med syftet med att bränna skogsmark. Vikten av utförandet ifråga om bränningsmetod och tidpunkt för bränningen för att nå bästa resultat måste också vara bekant. Genom detta kan Räddningstjänsten få en bra grund att stå på vid bedömning av planerade bränningar.

## Slutsatser och rekommendationer

Genom utvecklingen av ny miljölagstiftning och införandet av miljöledningssystem i statlig verksamhet ställs högre krav på miljöanpassning av räddningsorganisationens verksamhet, och samarbete och samverkan med andra parter i frågor som rör miljö.

En skogsbrandspolicy måste beakta kunskap och erfarenhet från gångna tider, reflektera över dagens värden, samt kunna anpassas till framtida mål. Den måste baseras på vetenskap och ekonomiska och ekologiska principer för att kunna uppfylla de krav på säkerhet och miljöhänsyn som samhället kräver. Till skillnad från situationen i många andra delar av världen bör beslutsprocessen vid släckning av skogsbränder i Sverige enbart baseras på ekonomiska avvägningar. Den allmänna inriktningen för Räddningstjänstens insatser syftar till att begränsa skador på människor, miljö och egendom. Miljön påverkas enbart positivt av skogsbränder och

människor utsätts mycket sällan för någon risk vid skogsbrand i vårt land varför någon insats ej är motiverad från dessa synpunkter. Ett viktigt moment i arbetet med skogsbränder är därför att ställa kostnaden för släckningsinsatsen mot de värden som räddas.

Att skogsbranden skall återintroduceras som ekologisk faktor i vårt skogslandskap är en allmänt accepterad uppfattning. Att öka andelen brandpåverkad skog och mark anses som kritiskt för att bevara den biologiska mångfalden. Detta uttrycks mycket klart i strategier för bevarande av biologisk mångfald som tagits fram av Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen. Räddningsorganisationen berörs starkt av detta och måste därför ha klara riktlinjer för hanteringen av skogsbränder och bränning på skogsmark. Vidare måste hänsyn tas till miljöaspekterna i alla delar av släckningsprocessen för att möta dagens krav på miljöhänsyn. Nedan berörs ett antal centrala punkter för utveckling av arbetet med skogsbrand och bränning på skogsmark.

### **Samverkan/samråd**

Räddningstjänstens förhållande till hygges- och naturvårdsbränningar måste bli klart uttalat. Främst gäller det att ha en klar policy rörande dispens från eldningsförbud.

Räddningstjänsten måste samverka med länsstyrelser och Naturvårdsverket i frågan om naturligt uppkomna bränder i naturskyddade områden. Detta är en mycket mer komplicerad fråga än vad som ibland framgår och det finns en stor risk för misslyckanden.

### **Planer**

Eftersom bränder inte måste begränsas ur miljösynpunkt kommer besluten endast att baseras på ekonomiska och säkerhetsmässiga avvägningar. För att kunna bedriva ett kostnadseffektivt arbete krävs det system för att värdera kostnaderna för insatsen mot de värden som kan räddas.

### **Utbildning**

Det är viktigt att kompetensen om skogsbrandens beteende ökar inom hela organisationen. Utveckling av läromedel och övningsprogram kan vara en viktig del av detta. En orientering om skogsbrandens betydelse för ekologiska processer är också nödvändig. Skogsbrand är helt skild från brand i byggnader vad gäller brandförlopp och styrande faktorer. Flera länder har bland annat av denna orsak en separat organisation för skogsbränder, med specialistbefattningar för ledning, brandbeteendeanalys etc. I Sverige finns för närvarande ingen utbildning inom skogsbrand och inte heller något utbildningsmaterial. Både för släckningsinsatser och för samarbetet med de som utför hyggesbränningar och naturvårdsbränningar är det viktigt att Räddningstjänsten har en hög kompetens. Det är inte möjligt att ge all personal denna kompetens i en organisation som huvudsakligen har helt andra arbetsuppgifter. En väg kunde vara att

identifiera skogsbrand/bränning som ett specialområde och låta någon eller några personer per län få särskild utbildning.

## Metod/teknik

Implementering av ett brandriskvärderingssystem som skattar förväntat brandbeteende (exempelvis den kanadensiska FWI-modellen (Gardelin 1997, Granström & Schirmmel 1998), vilket är ett nödvändigt redskap för kommunikationen mellan Räddningstjänsten och de som utför bränningar. Ett sådant system är också effektivt för att förmedla kunskap inom Räddningstjänsten om de grundläggande faktorer som styr skogsbränders beteende.

Riktlinjer bör införas för miljöhänsyn vid de olika faserna i släckningsarbetet.

Det finns en potential för att använda skyddsavbränning som metod för att stoppa bränder under aggressiv spridning. Det krävs dock en viss utveckling av teknik och materiel. Det förutsätter också en mycket hög kompetensnivå inom organisationen och en tydlig instruktion.

# Referenser

## Personliga meddelanden

Arnell, Anders. Naturresursavdelningen. Naturvårdsverket.

Aronsson, Mårten. Miljöenheten, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Karivalo, Lassi. Forststyrelsen, Finland.

Lehtonen, Hannu. Faculty of Forestry, University of Joensuu, Finland.

Malmqvist, Björn. Institutionen för ekologisk zoologi, Umeå universitet.

Simmard, Al. Canadian Forest Service.

## Litteratur

Alexander, M. E. & Dube, D. E. 1983. Fire management in wilderness areas, parks, and other nature reserves. Sid 273- 297. I: Wein, R. W. & MacLean, D. A. (Red.) *The role of fire in northern circumpolar ecosystems*. SCOPE 18. Wiley, New York.

Andreae, O. A. 1991. Biomass burning: Its history, use, and distribution and its impact on environmental quality and global climate. Sid 3-22 I: J. S. Levine (red.) *Global biomass burning: atmospheric, climatic, and biospheric implications*. Massachusetts Institute of Technology. London, Storbritannien.

Anonym. 1995a. Aktionsplan för bevarande och hållbart nyttjande av den biologiska mångfalden inom odlingslandskapet och rennärigen. Rapport 1995:13. Jordbruksverket.

Anonym. 1995b. Aktionsplan för biologisk mångfald. Rapport, Fiskeriverket.

Archibold, O. W. 1995. Ecology of world vegetation. Chapman and Hall. London.

Berglund, L. 1998. Fule conditions and fire potential in deciduous forests in northern Sweden. Examensarbete i skoglig vegetationsekologi. SLU. Umeå.

- Bleken, E., Mysterud, I. & Mysterud, I. (red.). Skogsbrann og **miljøforvaltning**: En utredning om skogsbrann som økologisk faktor. Oppdragsrapport. Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern og Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Bleken, E. 1997. Brannbegrensende tiltak. Sid. 205-216. I: Bleken, E., Mysterud, I. & Mysterud, I. (red.). **Skogsbrann og miljøforvaltning: En utredning om skogsbrann som økologisk faktor**. Oppdragsrapport. Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern og Biologisk institutt, universitetet i Oslo.
- Bratt, M. 1995. Undersökning om skogsbränder 1994. Rapport. Rapport R53-120195. Statens räddningsverk, Karlstad.
- Bratt, M. & Sandahl, L. 1996. Sammanställning av släckningskostnader för skogsbränder 1994. Rapport Rättningstjänstavdelningen P53-128/96. Statens räddningsverk.
- Carlsson, D. 1992. Storbranden i Kräcklingbo, Gotland. Inventering av skadade fornlämningar, Förslag till åtgärder. Institutet för kulturhistoria och samhällsplanering AB. Rapport 1992:8
- Charlock, T. P. & Sellers, T. D. 1980. Aerosol effects on climate calculations with time-dependant and steady state radiative-convective models. *Journal of Atmospheric Science*, 37: 1327-41.
- Christensen, N. L., Agee, J. K., Brussard, F., Hughes, J., Knight, D. H., Minshall, G. W., Peek, J. M., Pyne, S. J., Swanson, F. J., Thomas, J. W., Wells, S., Williams, S. E. & Wright, H. A. 1989. Interpreting the Yellowstone fires of 1988. *Bioscience* 39: 678-85.
- Christensen, P., Recher, H. & Hoare, J. 1981. Respons of open forest (dry sclerophyll forests) to fire regimes. Sid. 273-310. I: A.M. Gills, R. H. Groves och I. R. Noble (red.) **Fire and the Australian biota**. Australian Academy of science, Canberra.
- Cicerone, R. J. 1994. Fires, atmospheric chemistry, and the ozone layer. *Science* 263.1243-1244.
- Cofer, W. R., Winstead, E. L., Stocks, L. W., Overbay, L. W., Goldammer, J. G., Cahoon, D. R. & Levine, J. S. 1991. Emissions from Boreal Forest Fires: Are the atmospheric impacts underestimated? Sid 834-839 I: J. S. Levine (red.). **Global biomass burning: atmospheric, climatic, and biospheric implications**. Massachusetts Institute of Technology. London, Storbritannien.



- Direktoratet for naturförvaltning. 1996. Plan for tiltak i nationalparker. 1997-2001. DN-rapport 1996-6:1-27,
- Eftichidis, G., Varela, V. & Margaritis, E. 1998. Prometheus system: a modern approach for wildfire management in the mediterranean ecosystem. I: III International Conference on forest fire research, 14<sup>th</sup> conference on fire and meteorology. Vol II, pp. 2349-2350, 16/20 November 1998.
- Emanuelsson, U. (Red.) 1995. Aktionsplan för biologisk mångfald vid byggd miljö. Rapport. Boverket.
- Engelmark, O. 1984. Forest fires in the Muddus national park (northern Sweden) during the past 600 years. Canadian journal of botany 62:893-898.
- Erlandsson, U. 1990. Skogsbrand. Svenska brandförsvärsföreningen.
- Fearnside, P. M. 1990. Fire in the tropical rain forest of the amazon basin. Sid. 1-9 I: J. G. Goldammer (red.) *Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges*. Ecological studies 84. Spriger-Verlag. Berlin.
- Frödin, S.-E. 1991. Kommunal räddningstjänst inför framtiden. Statens räddningsverk.
- Fuller, M. 1991. Forest fires: An introduction to wildland fire behaviour, management, firefighting, and prevention. John Wiley & sons, USA.
- Gale, R. D. 1977. Evaluation of fire management activities on national forests. Policy Analysis Report. USDA forest Service, Washington DC. USA.
- Gardelin, M. 1997. Brandriskprognoser med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell. FoU-rapport P21- 168/97 Statens räddningsverk, Karlstad.
- Goldammer, J. G. & Furyaev, V. V. 1996. Fire in ecosystems of boreal Eurasia: ecological impacts and links to the global system. Sid 1-20 I: Goldammer, J. G. och Furyaev, V. V (red.) *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Kluwer academic publishers, Dordrecht
- Goldammer, J. G. & Seibert, B. 1989. Natural rain forest fires in Eastern Borneo during the Pleistocene and Holocene. Naturwissenschaften. 76:518-520.

- Granström, A. 1991a. Elden och dess följeväxter i södra Sverige. Skog och forskning. 4:22-27.
- Granström, A. 1991b. Elden i människans tjänst. Skog och forskning. 4:22-27.
- Granström, A. 1993. Spatial and temporal variation in lightning ignitions in Sweden. Journal of vegetation science 4:737-744.
- Granström, A. & Schimmel, J. 1993. Heat effects on seeds and rhizomes of a selection of boreal forest plants and potential reaction to fire. Oecologia 94:307-313.
- Granström, A., Niklasson, M. & Schimmel, J. 1995. Brandregimer - finns dom? Skog och forskning, 95(1):9-1414.
- Granström, A. & Schimmel, J. 1998. utvärdering av det kanadensiska brandrisk systemet. Testbränningar och uttorkningsanalyser. FoU rapport P21-244/98 Statens räddningsverk, Karlstad.
- Haaapanen, A. & Siitonen, P. 1978. Kulojeu esintyrninen Ulvinsalo luonnon-puistossa (Forest fires in Ulvinsalo strict nature reserve). Silva fennica 12: 197-200.
- Hanes, T. L. 1971. Succession after fire in the chapparal of southern California. Ecological monographs. 41:27-52.
- Hellberg, E. 1998. Brandhistorik i östra Härjedalen - brandintervall och brandstorlek i myrfattiga och myrrika landskap. Rapporter och uppsatser, nr 12. Institutionen för skoglig vegetationsekologi, SLU, Umeå.
- Holm, G. & Solyom, P. 1995. Skumvätskors effekter på miljön. FoU rapport P-101/95 Räddningsverket.
- Huntley, B. J. & Walker, B. H. 1982. Ecology of tropical savannas. Ecological studies 42. Springer-Verlag. Berlin.
- Hörnberg, G., Ohlson, M. & Zackrisson, O. 1995. Stand dynamics, regeneration patterns and long-term continuity in boreal old-growth *Picea abies* swamp-forests. Journal of vegetation science 6:291-298.
- Johnsson, E. A. 1992. Fire and vegetation dynamics: studies from the North American boreal forest. Cambridge university press. New York.
- Kilgore, B. M. & Nichols, T. 1995. National park service fire policies and programs. Sid. 24-29. I: Proceedings: Symposium on fire in

Wilderness areas and park management. United states department of agriculture. Intermountain research station. General technical report. INT-GTR-320.

- Kohh, E. 1975. Studier över skogsbränder och skenhälla i alvdalsskogarna. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift 73:299-336.
- Kruger, F. J. & Bigalke, R. C. 1984. Fire in fynbos. Sid. 67-114. I: Booyesen, P. de V. & Tainton, N. M. (red.) *Ecological effects of fire in south african ecosystem*. Springer, Berlin.
- Levine, J. S. (red.) 1990. Global biomass burning: atmospheric, climatic, and biospheric implications. Massachusetts Institute of Technology. London.
- Linder, P. 1998. Sätt fyr på skogsreservaten! -för att öka den biologiska mångfalden. Fakta skog. Nr 6. SLU.
- Little, S. 1974. Effects of fires on temperate forests: Northeastern United States. Sid. 225-247. I: Kozlowski, T. T. & Ahlgren, C. E. (red.) *Fire in ecosystems*. Academic press. New York.
- Lombert, J. M. & Warnatz, J. 1993. Emission from the combustion processes in vegetation. Sid. 15-37. I: P. J. Crutzen & J. G. (red.) *Fire in the environment: The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires*. John Wiley & sons. Chichester.
- Lövgren, R. (Red). 1997. Skogsreservat i Sverige. Rapport 4707 Naturvårdsverket.
- Mack, F., Hoffstadt, J., Esser, G. & Goldammer, J. G.. 1996. Modeling the influence of vegetation fires on the global carbon cycle. Sid. 149-159. I: J. S. Levine (red.) *Biomass burning and global change. Remote sensing, modeling and inventory development, and biomass burning in Africa*. Massachusetts Institute of Technology. London.
- Mattson, B., Juås, B., Sträng, D. & Oström, B. 1994. Lagom brandsäkerhet. Kostnads- nyttoanalys och jämförelser mellan länder. FOU rapport P21-086/94. Statens räddningsverk.
- Minnich, R. A. 1983. Fire mosaics in southern California and northern Baja California. Science 219: 1287-94.
- Mueller-Dombois, D. & Goldammer, J., G. 1990. Fire in tropical ecosystems and global environment change: An introduction. Sid 1-9. I: J. G. Goldammer (red.) *Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges*. Ecological studies 84. Springer-Verlag. Berlin.

- Niklasson, M. & Granström, A. 1998. Number, size, and frequency. Longterm trends in fires on a north-swedish boreal landscape. I: Mats Niklasson. *Dendroecological studies in forest and fire history*. Acta universitatis agriculturae sueciae, Silvestria 52. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Olindo, P. M. 1971. Fire and conservation of the habitat in Kenya. Sid. 243-259. I: *Fire in Africa*. Tall timber fire ecology conference, proceedings annuals nr. 11. Tallahassee, Florida.
- Page, H. D., Niklasson, M., Kallgren, S., Granström, A. Goldammer, J. G. 1997. Die feuergeschichte des nationalparkes Tiveden in Schweden. Eine kulturhistorische und dendrochronologische untersuchung. Forstarchive 68(2):43-50.
- Persson, O. 1995. Marknadsvärderingsmodell för mark där skogsbrand ägt rum. Rapport Räddningstjänstavdelningen P53-122/95, Statens räddningsverk.
- Phillips, J. 1974. Effects of fire in forest and savanna ecosystems of sub-saharan Africa. Sid. 435-477. I: Kozlowski, T. T. & Ahlgren, C. E. (red.) *Fire in ecosystems*. Academic press. New York
- Pyne, S. J. 1991. Burning bush – a fire history of australia. Henry Holt. New York.
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., & Laven, R. D. 1996. Introduction to wildland fire. 2:a upplagan. John Wiley & sons. New York.
- Rego, F. C. 1991. Fuel management. I: ECE/FAO/LLO Seminar on forest fire prevention. Land use and people. Sid. 209-211. Ministry of Agriculture, Aten, Grekland
- Romme, W. H. & Despain, D. G. 1989. The Yellowstone fires. Scientific american 261 :21-29.
- Renberg, I., Korsman, T., & Birks, H. J. B. 1993. Prehistoric increases in the pH of acid-sensitive Swedish lake s caused by land-use changes. Nature 362:824-827.
- Rosvall, A. och Andersson, A. Släckmedelstillsatser för skogsbrandsbekämpning. Rapport räddningstjänstavdelningen 53-119195.
- Rundell, P. W. 1981. The matorral zone of central Chile. Sid. 175-201. I: F. di Castri, D. W. Goodall and R. L. Specht (red.) *Ecosystems of the world* vol. 11 Mediterranean-type shrublands. Elseiver, Amsterdam,

- Sandahl, L. 1998. Skogsbränder 5-9 juni 1997. Observatörsrapport P22-216/98. Statens räddningsverk.
- Sanford, R. L., Saldarriga, J., Clark, K. A., Uhl, C., & Herrera, R. 1985. Amazon rain-forest fires. *Science*. 227:53-55.
- Schimmel, J. & Granström, A. 1997. Fuel succession and fire behavior in the Swedish boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 1207-1216.
- Schullery, P. 1989. The fires and fire policy. *Bioscience* 39:686-94
- Skogsbrandsläckningskommittén. 1958. Skogsbrandsläckning. Svenska skogsvårdsföreningens förlag. Stockholm.
- Skogsstyrelsen. 1998. Skogsstatistisk årsbok. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Stocks, B., Cahoon, D. R., Levine, J. S., Cofer III, W. R., & Lynham, T. J. 1996. Major 1992 forest fires in central and eastern siberia. Satellite and fire measurements. Sid. 139-150. I: Goldammer, J. G. & Furyaev, V. V. (red.) *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Kluwer academic publisher. Dordrecht.
- Terstad, J. (Red.) Aktionsplan för biologisk mångfald. Rapport 4463. Naturvårdsverket.
- Trabaud, L. V. 1994. Wildland fire cycles and history in central southern France. Proceedings 2<sup>nd</sup> International conference on Forest fire research. Vol. II, C.01, pp. 545-556, Coimbra, Portugal, nov. 1994.
- Trabaud, L. V., Christensen, N. L. & Gill, A. M. 1992. Historical Biogeography of fire in temperate and mediterranean ecosystems. Sid. 277-295. I. *Fire in the environment: The ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires*. John Wiley & sons. New York.
- Troensegaard, J. 1990. FAO'S role in forest fire protection: an overview of activities 1970-1989. *Unasylva* 162(41):17-20.
- Twomey, S. A. 1977. The influence of pollutions on the short-wave albedo of clouds. *Journal of atmospheric science* 34:1149-52.
- Van Wagner, C.E. & Methven I.R. 1980. Fire in the management of Canada's National Parks: philosophy and strategy. Parks Canada National Occasional Paper. Ottawa, Ontario.

- Vélez, R. 1990. Mediterranean forest fires: a regional perspective. *Unasylva* 41(39):3-9.
- Viro, P. J. 1974. Effects of forest fires on soil. Sid. 7-44 I: Kozlowski, T. T. & Ahlgren, C. E. (red.) *Fire in ecosystems*. Academic press. New York.
- Vogel, J. R. 1974. Effects of fire on grasslands. Sid. 139-182 I: Kozlowski, T. T. & Ahlgren, C. E. (red.) *Fire in ecosystems*. Academic press. New York.
- Wakimoto, R. H. 1990. National fire management policy. *Journal of forestry* 10:22-26.
- Wallin, B., Wester, J. & Johansson, O. 1995. Aktionsplan for biologisk mångfald och uthålligt skogsbruk. Skogsstyrelsen.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth*. Springer, Berlin.
- Weaver, H. 1974. Effects of fire on temperate forests: western United States. Sid. 279-317 I: Kozlowski, T. T. & Ahlgren, C. E. (red.) *Fire in ecosystems*. Academic press. New York.
- Wein, R. W. & MacLean, D. A. (red.) 1983. The role of fire in northern circumpolar ecosystems. *SCOPE* 18. Wiley. New York.
- Wikars, L-O. 1992. skogsbränder och insekter. *Entomologisk tidskrift*. 113(4):1-11
- Wretling, J. 1932. Om hyggesbränningarna inom Malå revir. *Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift* 243-331.
- Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the north Swedish boreal forest. *Oikos* 29:22-32.
- Zackrisson, O., Nilsson, M-C & Wardle, D. 1996. Key ecological function of charcoal from wildfire in the boreal forest. *Oikos* 29:22-32.

Räddningsverket, 651 80 Karlstad  
Telefon 054-10 40 00, telefax 054-10 28 89. Internet <http://www.srv.se>  
Beställningsnummer P21-285/99. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 10  
ISBN 91-7253-008-1