

Bättre sent än aldrig – indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur

Bengt Gunnar Jonsson, Per Angelstam,
Jakub Bubnicki, Grzegorz Mikusinski,
Johan Svensson

RAPPORT 7063 | OKTOBER 2022



Bättre sent än aldrig – indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur

av Bengt Gunnar Jonsson, Per Angelstam, Jakub Bubnicki,
Grzegorz Mikusinski och Johan Svensson

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7063-2

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2022

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2022

Omslagsfoto: Frédéric Forsmark



Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet Bättre sent än aldrig: indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur, ett av fyra projekt som genomförts inom forskningssatsningen Indikatorer för biologisk mångfald på landskapsnivå.

Med forskningsområdet ville Naturvårdsverket stödja forskning som ska användas i uppföljningen av myndighetens arbete med skydd och bevarande av biologisk mångfald. Studierna kommer att bidra till hållbart nyttjande av biologisk mångfald och ge underlag om utveckling av indikatorer.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets Miljöforskningsanslag. Rapporten har skrivits av Bengt Gunnar Jonsson vid Mittuniversitetet och SLU, Per Angelstam, Grzegorz Mikusinski och Johan Svensson vid SLU samt Jakub Bubnicki vid Polish Academy of Sciences. Författarna svarar för rapportens innehåll.

Stockholm, oktober 2022

Maria Ohlman
Chef Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Förord	3
1. Sammanfattning	6
2. Summary	8
3. Inledning	10
3.1 Syfte	10
3.2 Frågeställningar	10
3.3 Forskningsöversikt	11
3.3.1 Det ekologiska systemet	12
3.3.2 Förvaltningssystemet	13
4. Metoder	14
4.1 Delprojekt 1	14
4.2 Delprojekt 2–4	14
4.3 Delprojekt 5	17
5. Resultat	18
5.1 Delprojekt 1	20
5.1.1 Planering av grön infrastruktur i Sverige – lärande genom utvärdering av länens åtgärdsplaner	20
5.1.2 Analys av kartor i de regionala handlingsplanerna för grön infrastruktur	22
5.2 Delprojekt 2–4	24
5.2.1 En virtuell värdekärnesinventering av svensk skog	24
5.2.2 Virtuella arter som ett verktyg för att värdera grön infrastruktur	27
5.2.3 Utvärdering av funktionella nätverk av skogar med höga naturvärden i Sverige	28
5.2.4 De skogliga impedimentens betydelse för grön infrastruktur	29
5.2.5 Den svenska fjällnära skogens gröna bälte – ett unikt landskap i europeiskt perspektiv.	31
5.3 Delprojekt 5	34
5.3.1 Implementering av landskapsplanering i tillämpad naturvård – en exempelsamling	34
5.3.2 Presentationer och workshops	34
6. Diskussion	35
7. Slutsatser och förslag	37
7.1 Aichi-målens genomförande i Sverige	37
7.1.1 Arealer	37
7.1.2 Viktiga för biologisk mångfald	37
7.1.3 Ekologiskt representativa	38
7.1.4 Fungerande nätverk av representativa skogsmiljöer	38
7.1.5 Effektivt och ändamålsenligt skötta	39
7.1.6 Rättvisa	40
7.1.7 Integrerade i landskapet	40

7.2	Vidareutveckling av länens GI-planer baserat på genomförd kartanalys	41
7.3	Framtida forskningsutmaningar	42
7.3.1	Forskning och mål	43
7.3.2	Tvärvetenskap	43
7.3.3	Multifunktionella landskap och nya målklasser	43
7.3.4	Restaurering av skog och skogslandskap	44
7.3.5	Kontinuitetsskogsbruk	44
7.3.6	Konnektivitetsskogar	45
7.3.7	Lärande och planeringsprocesser	45
7.3.8	"Citizen science"	45
7.3.9	Att hantera kunskapsmotstånd	45
8.	Tack	46
9.	Källförteckning	47
10.	Projektpublikationer	52
	Bilaga A: Övriga publikationer med relevans för projektet	53
A.1	Vetenskapliga publikationer	53
A.2	Examensarbeten	55
A.3	Populärvetenskapliga publikationer	59
	Bilaga B: Ett urval av projektets externa aktiviteter	66
	Bilaga C: Länens GI-planer, de versioner som ligger till grund för analysen	68

1. Sammanfattning

Begreppet grön infrastruktur (GI) har lyfts som en del av EU:s biodiversitetsstrategi och på nationell nivå har alla svenska län utvecklat planer för att integrera ett landskapsperspektiv i naturvårdsarbetet. För detta krävs en god kännedom om befintliga naturvårdens förekomst, och utvecklade verktyg för rumslig planering – det vill säga kunskap om både det ekologiska systemet och kompetens och resurser för effektiv förvaltning. Här utgör relevanta indikatorer för biologisk mångfald på landskapsnivå en avgörande komponent.

Det svenska skogslandskapet är efter snart 200 år av kommersiellt skogsbruk kraftigt dominerat av brukade skogar, och kvarvarande skogar med höga naturvärden förekommer i huvudsak som isolerade fragment. Förutom förlusten av naturskogsarealer så innebär detta också att konnektiviteten är dålig och därmed finns stora brister i skogslandskapets gröna infrastruktur. I projektet har vi belyst bristande strukturell och funktionell konnektivitet i det svenska skogslandskapet. En utgångspunkt för detta har varit mångfaldskonventionens (CBD) Aichi-mål 11 där förutom ett kvantitativt mål (minst 17 % av landarealen skyddad till 2020) även kvalitativa mål anges; såsom det enskilda skogsbestånds kvalitet och storlek, representativitet med avseende på olika skogsmiljöer, konnektivitet på landskapsnivå, samt behovet av en effektiv skötsel, restaurering och rumslig planering. Dessa kvalitativa mål är relevanta för områdesskyddet men också för frivilliga avsättningar och den generella hänsynen som tas vid skogsbruksåtgärder.

Tillgången på relevanta heltäckande geografiska data för rumslig planering av naturvård på landskapsnivå har ökat kraftigt i sen tid. Därmed finns goda möjligheter till analyser av tillstånd och utveckling av nya planeringsverktyg. Vi har i projektet använt en lång rad av dessa data och genom ett antal delstudier bidragit med underlag till en effektivare förvaltning av och stärkande av den gröna infrastrukturen för skoglig biologisk mångfald på både nationell och regional nivå.

Som en utgångspunkt för projektet genomfördes en analys av länens GI-planer. Analysen fokuserade på en kvantitativ sammanställning av planernas hantering av den vetenskapliga litteraturen, befintliga kartunderlag och de direkta och/eller indirekta åtgärder som identifierats. Som en kompletterande kvalitativ analys har framtagandet av planerna diskuterats med länens GI-koordinatorer genom individuella intervjuer och workshops.

En annan utgångspunkt har varit att utvärdera förekomsten av funktionella nätverk av skogar med höga naturvärden. I denna del har det fjällnära skogslandskapets unika värden jämförts med övrig skog i Sverige. Vi har vidare analyserat de skogliga impedimentens potentiella roll för att stärka GI. Som ett verktyg för att analysera funktionell konnektivitet har vi använt så kallade "ekologiska profiler" där förekomsten av virtuella arter med olika arealkrav och spridningsförmåga karterats i olika regioner.

Som en central slutprodukt, en landskapsindikator, har vi genomfört en "virtuell inventering av skogliga värdekärnor" med höga naturvärden (dvs. det internationella begreppet "High Conservation Value Forests") genom att med ett stort antal geografiska variabler som påverkar graden av naturlighet och artificiell intelligens modellera sannolikheten för värdekärna i fyra delregioner i Sverige. Sannolikheterna har skattats för mer än 21 miljoner hektar skog och på en skala (1 hektar) som är relevant för rumslig

planering. De genererad sannolikhetskartorna har ett specifikt värde för identifiering av skogliga värde-trakter, dvs områden som bidrar till en fungerande grön infrastruktur, eller där en sådan kan skapas genom utökat områdesskydd och/eller restaurering. Modellen ger också information om trakter och landskap där möjligheten att skapa fungerade grön infrastruktur är mycket begränsad, och där ett fortsatt skogsbruk inte på samma sätt hotar befintliga naturvärden. Modellen har sedan använts för att beskriva den strukturella och funktionella förekomsten av livsmiljöer för ett antal virtuella arter i form av ekologiska profiler baserat på förekomst i olika skogstyper, och med olika arealkrav och spridningsförmåga.

Projektets samlade resultat har sammanfattats i en rad slutsatser och rekommendationer strukturerade efter Aichi mål 11:s kvalitativa kriterier. En central slutsats är behovet av att bryta upp den strikta tudelning av skogslandskapet (i naturvård eller produktion) som råder. Denna uppdelning begränsar möjligheterna att effektivt stärka den gröna infrastrukturen och bör kompletteras med målklasser som fokuserar på mångbruk. För detta krävs regionalt anpassade former för samverkan med ett landskapsperspektiv.

Rapporten avslutas med en reflektion kring framtida forskningsutmaningar. Vi ser behov av forskning både kring det ekologiska systemet och förvaltningssystemet då båda dessa dimensioner är avgörande för att nå våra nationella miljömål och internationella åtaganden.

2. Summary

Green infrastructure is a concept identified in the EU biodiversity strategy, and on a national level all Swedish counties have developed plans to integrate a landscape perspective in their work with nature conservation. This requires good and detailed knowledge on existing natural values and developed tools for spatial planning. Hence, knowledge of both the ecological system, and competence and resources for efficient management, are needed. A key component for success is relevant indicators of biodiversity at landscape level.

The Swedish forest landscape is after almost 200 years of commercial forestry strongly dominated by managed forests, and remaining forests with high natural values occurs mainly as more or less isolated fragments. Besides the habitat loss of natural forests, it also implies that connectivity is lost. Hence, there are large deficiencies in the green infrastructure of forest landscapes.

In this project we have addressed structural and functional connectivity in the Swedish forest landscape. A starting point has been the biodiversity convention's (CBD) Aichi target 11 which, besides its quantitative target (at least 17 % of the land area protected until 2020), also emphasize qualitative targets; size and quality of individual forest stands, representativeness of different forest types, connectivity at landscape level, as well as the need for efficient management, restoration and spatial planning. These qualitative targets are relevant for formally protected areas, but also for voluntary set-asides and the general concern that is implemented during forestry operations.

Access to relevant wall-to-wall geographical data for spatial planning of nature conservation at the landscape scale has significantly increased in recent time. Hence, there are good opportunities for analysis of current conditions, and for development of new spatial planning tools. In this project we have used a large number of such data and through a set of subprojects aimed to provide support for efficient governance and improved green infrastructure for forest biodiversity at both national and regional levels.

As a starting point for the project we analyzed the green infrastructure plans of all Swedish counties. This analysis focused on a quantitative summary of how the plans treated the scientific literature, their use of existing spatial information (maps) and the direct and/or indirect actions that were identified. To complement this, we also performed a qualitative analysis based on discussion with the county coordinators for green infrastructure and arranged a set of workshops.

A second starting point has been to evaluate the functionality of habitat networks of forests with high conservation value. This included a comparison of the unique value of the forests along the Scandinavian mountains with forest in other parts of Sweden. We have further analyzed the role of low-productive forests for green infrastructure. As a tool to analyze functional connectivity, we have used so called "ecological profiles" where occurrences of virtual species with different area demand and dispersal ability have been mapped for different regions.

As a main project deliverable, a landscape indicator for Sweden, we have performed a virtual identification of high conservation value forests (HCVF) based on a large number of geographical variables and through the use of artificial intelligence

modelled the probability of HCVF occurrence in four regions. The generated probability maps cover in total more than 21 million hectares and are at a scale (1 ha) that is relevant for spatial planning. The probability maps will support identification of landscape with a high concentration of HCVF (High Conservation Value Forest hot-spots). In addition, they also identify landscapes where the potential to develop a functional green infrastructure is so limited (cold-spots) that continued forestry may not impact on existing natural values. The model has also been used to describe structural and functional occurrence of habitats for a number of virtual species described by ecological profiles representing different area demands and dispersal ability.

The results of the project have been summarized in a number of conclusions and recommendation based on the qualitative aspects of Aichi target 11. A core conclusion is the need to break up the current management dichotomy for forest use (conservation and production). This dichotomy limits the options for efficient planning and implementation of green infrastructure and needs to be complemented with targets that focus on multiple use. This requires regionally adaptive approaches for collaboration among actors with a landscape perspective.

The end of the report includes a reflection on future research challenges. We see a need for further research both on the ecological system and its governance as both these dimensions are decisive to reach our national environmental targets and international commitments.

3. Inledning

3.1 Syfte

Projektet har avsett att, baserat på behov identifierade i de planer för grön infrastruktur som alla svenska län tagit fram, identifiera och utveckla indicatorsystem för skoglig biologisk mångfald på landskapsnivå. Detta inbegriper en analys av förekomsten av skogar med höga naturvärden med fokus på strukturell och funktionell konnektivitet i olika landskap och regioner. Effektiva och användbara indicatorsystem måste ta sin utgångspunkt i befintliga planeringsprocesser och i relevanta rumsliga skalor. Projektet genomfördes därför i kontinuerlig dialog med centrala aktörer med ansvar för naturvårdsplanering på landskapsnivå. Centralt har varit att utveckla en heltäckande modell och databas som rangordnar 1 ha stora områden från låg till hög sannolikhet med avseende på förekomst höga skogliga naturvärden. Modellen baseras på befintliga data av kända värdekärnor och tillgängliga geografiska data som beskriver landskapets ekologiska och socio-ekonomiska sammansättning. Den befintliga funktionella konnektiviteten har utvärderats via ett brett spektrum av ekologiska profiler (livsmiljö, arealkrav och spridningsförmåga) och faktiska arter i olika skalor. Resultaten ska stödja effektiv förvaltning av och stärkande av den gröna infrastrukturen för skog med höga naturvärden på både nationell och regional nivå.

3.2 Frågeställningar

Efter lång tid är av kommersiellt skogsbruk fokuserat på att producera vedbiomassa är det svenska skogslandskapets rester av naturskogar fragmenterat och med en stor brist på skog med höga naturvärden i alla delar av landet utom i de fjällnära skogarna. Enskilda bestånd med höga naturvärden finns kvar nedanför det fjällnära området men förekommer som mindre eller större öar i ett landskap dominerat av brukade skogar. Naturligt stora och sammanlänkande skogsområden saknas och det dominerande skogsskötselsystemet har resulterat i likåldriga monokulturer och med en uppenbar brist på blandskogar, olikåldriga skogar och lövskogar. Hur fortsatt skydd och restaurering av höga naturvärden kan utvecklas, och hur en framtida markanvändning ska planeras, är avgörande utmaningar. Detta kräver förståelse och kunskap om både strukturell och funktionell konnektivitet på landskapsnivå, och hur planering kan anpassas till olika markägarkategorier och andra förutsättningar i olika landsdelar. Med det som utgångspunkt har projektet haft ett antal frågeställningar:

- Var i det svenska skogslandskapet finns det en så stor andel av skogsmark med höga naturvärden att skogspolitikens miljömål kan nås?
- Var finns idag funktionella kluster och nätverk av skogar med höga naturvärden (hot-spots)?
- Var finns möjligheter att stärka den gröna infrastrukturen genom ökat områdeskydd och restaurering?
- Finns det områden (trakter och landskap) där en fungerande grön infrastruktur, oavsett naturvårdsinsatser, sannolikt inte kan etableras (cold-spots)?

- Vilka alternativa planeringsprocesser finns för att tillgodose både produktions- och miljömål, och mångbruk?
- Finns tillräcklig kunskap och heltäckande data om skog med höga naturvärden och förutsättningar för att skydda och restaurera skog och skogslandskap så att planer för att nå nationella och internationella miljömål kan fastställas?

Som en normativ utgångspunkt har projektet haft konventionen om biologisk mångfald (CBD) och specifikt Aichi-målet #11. Detta anger en målbild för mängden skyddad areal (17 %), men betonar även den stora betydelsen av enskilda skogsbestånds kvalitet och storlek, representativitet med avseende på olika skogsmiljöer, konnektivitet på landskapsnivå, samt behovet av en effektiv skötsel, restaurering och rumslig planering. *Om inte dessa kvantitativa och kvalitativa faktorer fullt ut integreras i naturvårdsarbetet kommer Sverige inte att uppnå sina nationella miljömål och internationella åtaganden.* Något som Skogsstyrelsen fördjupade utvärdering av miljömålet ”Levande skog” också tydligt markerar (Skogsstyrelsen 2022).

3.3 Forskningsöversikt

En omfattande forskning visar att det inte bara är kvaliteter i enskilda bestånd eller summering av arealer av skogar med höga naturvärden som ger förutsättningar för den biologiska mångfalden och ekologiskt funktionella ekosystem. För effektiv naturvård krävs även ett landskapsperspektiv i form av att funktionella nätverk av habitat vidmakthålles. Detta är en stor utmaning eftersom stora delar av det svenska skogslandskapets naturskogsrester är fragmenterade och med otillräckligt skyddade arealer. Dagens områdesskydd är dessutom ojämnt fördelat (Svensson m fl. 2018) och med en sedan länge välkänd brist på representativitet (Nilsson & Götmark 1992; Angelstam & Andersson 2001).

Den ekologiska forskningen kring vad som krävs för att på landskapsnivå upprätthålla livskraftiga populationer är omfattande och har en lång historia (MacArthur & Wilson 1967; Hanski 2011; Woodley, m fl. 2019). Ett tröskelvärde som ofta anförts är att många arter kräver 20–30 % av sin ursprungliga livsmiljö för att upprätthålla livskraftiga populationer. Samtidigt visar forskningen att den rumsliga fördelningen av arealerna också är avgörande (Rybicki & Hanski 2013). Detta är ett starkt argument för landskapsplanering, och ansluter väl till det arbete som görs med att identifiera skogliga värdestrakter i form av stora och sammanhängande skogsområden med höga naturvärden. En utgångspunkt är tumregeln att i minst en tredjedel av landskapen ska det finnas minst en tredjedel skyddade områden (Hanski 2011). Budskapet från naturvårdsforskningen under de senaste tre decennierna är tydligt – det behövs större områden av skogar med höga naturvärden och de måste finnas koncentrerade i landskapet (Nordén m fl. 2014; Donaldson m fl. 2016).

I ljuset av den politiska ambitionen att stärka grön infrastruktur inom EU och i Sverige så innebär detta ett antal utmaningar:

- att värdera den samlade positiva effekten av formellt och frivilligt skyddade områden och bidraget från lågproduktiva skogar
- att identifiera precisa och användbara indikatorer som kan värdera status och trender i den biologiska mångfalden

- att ge planerare verktyg och kompetens för landskapsplanering som fungerar givet markägarestrukturer och de beslutsprocesser som finns i olika landskap. Det vill säga både vad gäller det ekologiska systemet och de övergripande förvaltningssystemen.

3.3.1 Det ekologiska systemet

I naturskogslandskapet styrs fördelningen av skogstyper av abiotiska förhållanden och naturliga störningar som till exempel brand, där övergångar mellan olika skogstyper och skogskanter mot andra markslag i sig är viktiga landskapselement. Genom långvarig markanvändning, skogsbruk, och effektiv bekämpning av skogsbränder och andra naturliga störningar så har landskapsstrukturen förändrats och därmed påverkat den naturliga gröna infrastrukturen. Detta är påtagligt i det svenska skogslandskapet och i stora områden i norra Europa (Hansen m fl. 2013; Svensson m fl. 2018; Naumov m fl. 2018). Denna förändring sker på olika skalor och måste hanteras via landskapsplanering och därtill relaterad policy. I projektet har vi fokuserat i huvudsak på två landskapssammanhang – den fjällnära skogen och skogslandskapet nedom fjällregionen.

Den svenska fjällnära skogen utgör ett regionalt undantag i Sverige och inom EU, där det fortfarande finns större sammanhängande områden av skogar med höga naturvärden. Som ett av de sista intakta skogslandskapen i Europa har den ”Skandinaviska fjällkedjas gröna bälte” (Svensson m.fl. 2020a) även stor internationell betydelse (Potapov m fl. 2017, Kuuluvainen m fl. 2017). Vid sidan av fjällskogarnas egenvärde har de sannolikt också stor betydelse för bevarande av biologisk mångfald i skogslandskapet öster om fjällen; dvs. analogt med de ryska skogarnas betydelser för det finska skogslandskapet västerut (Siitonen & Martikainen 1994, Kouki & Väänänen 2000, Kouki m fl. 2012). Utifrån den klassiska öbiogeografien (MacArthur & Wilson 1967) representerar de ett ”fastland” med intakt grön infrastruktur som kan stödja artpopulationer och bidra med spridning till det fragmenterade inlandet och kusten, givet att fungerande nätverk kan skapas genom restaurering i produktions-skogslandskapet.

Nedom den fjällnära regionen och i södra delarna av Sverige utgörs skogslandskapet till största delen av produktions-skogar. Här har den historiska förlusten av livsmiljöer, isolering och kanteffekter kraftigt påverkat arters möjlighet till långsiktig överlevnad genom att missgynna olikåldriga skogar, blandskogar, lövskogar och generell förekomst av viktiga strukturer som t.ex. tillräckligt med död ved i olika nedbrytningsstadier. Den struktur i träd-, bestånds- och landskapsskala som etablerats genom skogsbruk med fokus på industriråvara skiljer sig från den som de naturgivna förhållandena och naturliga störningar skapar, och som arter anpassats sig till. Här innebär trakthyggesbruket med därpå följande markberedning och plantering av ett smalt urval av trädslag och provenienser en särskilt påtaglig avvikelse från naturliga förutsättningar. Detta leder till utmaningar att upprätthålla ekologisk funktionalitet på landskapsnivå, och har resulterat i bristande grön infrastruktur. Det finns därmed ett stort behov av nya verktyg som tar sin utgångspunkt i vad som finns kvar och hur en effektiv landskapsplanering kan bidra till att stärka den gröna infrastrukturen (Angelstam m.fl. 2020). Här finns också ett stort behov av att stimulera kontinuitetsskogsbruk och olika alternativa skogsbruksmetoder för att ge förutsättningar för många och olika ekosystemtjänster och värdekedjor (Jonsson m.fl. 2019).

3.3.2 Förvaltningssystemet

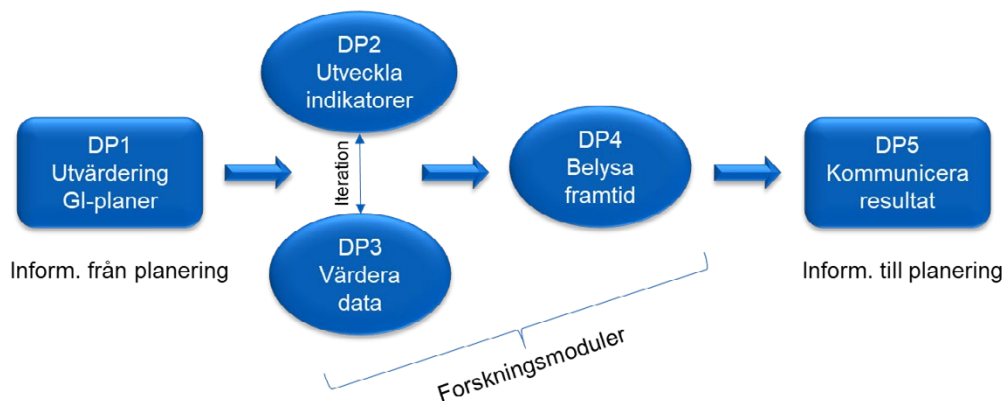
Givet situationen i det ekologiska systemet behöver förvaltningssystemet stärkas med avseende på landskapsplanering. En utmaning för denna planering ligger i variationen i markägarstruktur där olika kategorier av ägare har olika möjlighet att bidra till en planering som minimerar effekten av landskapets fragmentering (Andersson m fl. 2013). En ytterligare komplikation är att tillgången på relevanta heltäckande data över olika livsmiljöers naturliga förekomst och dagens situation avseende naturvärden har varit begränsad för att effektivt planera för en fungerande grön infrastruktur. Den utveckling som skett i sen tid med ökande tillgång till hög-upplösta geografiska data på både biofysiska faktorer och mänsklig markanvändning som påverkar skogliga naturvärden har dock öppnat nya möjligheter. Bland dessa kan nämnas Metrias kartering av potentiella kontinuitetsskogar (Ahlcrona m fl. 2017) jämte regionala uppdateringar av denna, sammanställning av kärnområden i skog (Metria 2017), och nationella marktäckedata (Metria 2019). Kunskapen om kvarvarande skogar med höga naturvärden har ökat men den är fortfarande en begränsande faktor.

Dessutom behövs en validering av befintliga naturvärden som är knuten till en heltäckande nationell naturvårdsstrategi som är rumsligt explicit och säkerställer representativitet av olika skogstyper. Sammantaget finns dock idag goda möjligheter att utveckla indikatorer på landskapsnivå som ett stöd för rumslig planering. Det finns dock ett fortsatt behov av naturvärdesinventeringar och där geografiska analyser utgör ett underlag för kostnadseffektiva fältinventeringar. En återstående utmaning är hur den befintliga kunskapen ska implementeras i naturvärden bland myndigheter, skogsföretag och enskilda skogsägare.

Dagens styrmedel i form av skogsvårdslag, miljöbalk och certifieringssystem saknar effektiva verktyg för planering på landskapsnivå. Härmed blir också möjligheterna begränsade i att tillämpa dessa styrmedel för att stärka den gröna infrastrukturen. Länsstyrelsernas och i viss mån de stora skogsbolagen utvecklar visserligen landskapsplaner, där det finns en stor potential att ytterligare stärka arbetet om relevanta landskapsdata och indikatorer blev allmänt tillgängliga, och om förståelse, resurser och vilja finns. Båda dessa faktorer är avgörande om vi ska nå nationella och internationella miljömål. För detta krävs ett pedagogiskt, sammanhållet och rumsligt baserat stödssystem för beslut och åtgärder. Ett fungerande beslutsstöd är dock inte bara en biologisk och teknisk utmaning utan inkluderar en nära samverkan och lärande mellan forskning och de som är ansvariga för naturvårdsplanering (se Angelstam m fl. 2017).

4. Metoder

Inom projektet har vi använt ett brett spektrum av kvantitativa så väl som kvalitativa metoder (Fig. 1). Flera av studierna inkluderar analyser av befintliga nationella data (Riksskogstaxeringen, Nationellt Marktäckedata, Skoglig statistik SCB) kombinerat med geografiska analyser och modelleringsverktyg (Circuitscape och AI, ”Random Forest”). Vi bedömer dessa dataunderlag som hittills underutnyttjade. Samanalyserade ger de en kunskapsbaserad och heltäckande bild över det svenska skogslandskapet.



Figur 1. Övergripande projektstruktur med ingående delprojekt

4.1 Delprojekt 1

Projektet har tagit sin utgångspunkt i de ambitioner av att stärka den gröna infrastrukturen som anges i internationella och nationella riktlinjer. För att skapa en bild av det kunskapsunderlag som används inom naturvården på länsnivå har vi genomfört en analys av länens GI-planer, och hur dessa vuxit fram över tid. Analysen bygger på en kvantitativ sammanställning av planernas hantering av den vetenskapliga litteraturen, befintliga kartunderlag och de direkta och/eller indirekta åtgärder som identifierats. Åtgärderna har kategoriserats enligt ett antal av de mest centrala Aichi-målen som etablerades för perioden 2010–2020 inom konventionen för biologisk mångfald (CBD 2010). Denna kvantitativa analys har sedan kompletterats med en workshop med länens koordinators för arbetet med GI och individuella intervjuer med personal vid alla länen.

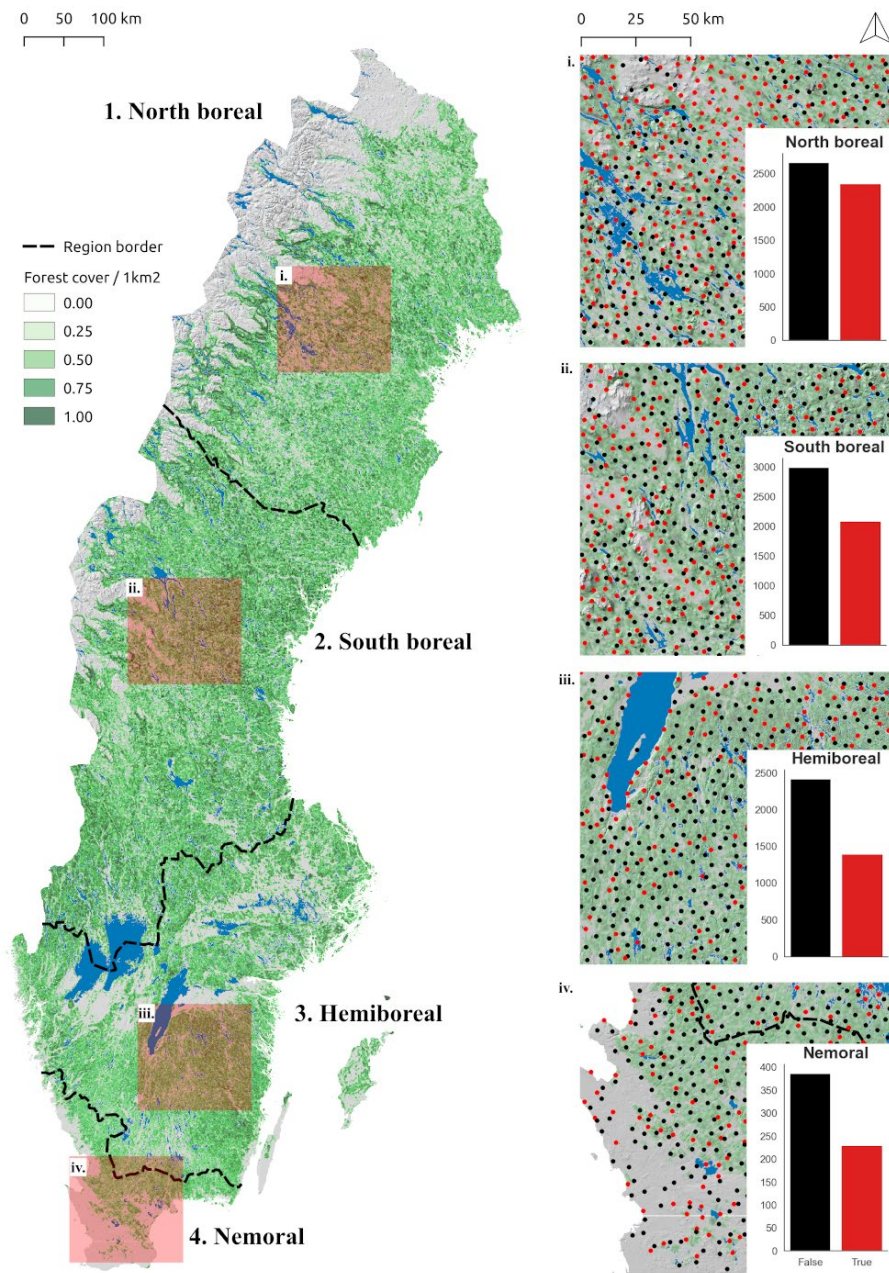
4.2 Delprojekt 2–4

Vi har i projektet inte samlat nya empiriska data utan har utgått från den rika tillgång av relevant information om det svenska skogslandskapet som finns (Tabell 1). Dessa datakällor har sedan i en rad olika geografiska analyser och modelleringar använts för att skapa en sammanhängande bild över gröna infrastrukturers funktionalitet i form av förekomst och fragmentering av skogar med höga naturvärden med avseende på både strukturell och funktionell konnektivitet.

Tabell 1. Viktiga datakällor som använts för projektets analyser

Variabel	Datakälla	Ursprunglig upplösning	Användning
Skogliga värdekärnor	NV 2017 (Anon 2017)	Vektordata, varierande upplösning	1. Träningsytor 2. Intern validering
Skogstyper	NMD (Metria 2019)	Rasterdata, 10x10 m	Förklarande variabel i modellen
Intelligande markslag	NMD (Metria 2019)	Rasterdata, 10x10 m	Förklarande variabler i modellen
Markägare	Naturvårdsverket	Vektordata, fastighetspolygoner	Förklarande variabel i modellen
Skogsdata	Skogsstyrelsens statistikdatabas	Vektordata, varierande upplösning	Förklarande variabler i modellen
Markhöjdmmodell	Lantmäteriet	Rasterdata, 50x50 m	Förklarande variabel i modellen
Förändring i skogstäcke	Global Forest Change – University of Maryland (Hansen m fl. 2013)	Rasterdata, 30x30 m	Förklarande variabel i modellen
Nattljus	Nighttime light (NTL), Suomi National Polar-orbiting Partnership satellite (Li m fl. 2020)	Rasterdata, 1x1 km	Förklarande variabel i modellen
Befolkningsfördelning	Statistiska centralbyrån	Vektordata, 1x1 km rutor	Förklarande variabel i modellen
Vägar	NMD (Metria 2019)	Rasterdata, 10x10 m	Förklarande variabel i modellen
Potentiella kontinuitets-skogar	Metrias K-skog (Ahlcrona m fl. 2017)	Rasterdata, 10x10 m	Informell validering
Habitatklass Natura2000	Riksskogstaxeringen	Provyta – 10 m radie	Extern validering
Beståndskaraktär	Riksskogstaxeringen	Provyta – 10 m radie	Extern validering
Skötselklass	Sveaskogs beståndsdata	Vektordata Bestånds-nivå	Extern validering
Naturlighet	Sveaskogs beståndsdata	Vektordata Bestånds-nivå	Extern validering

För att förutsäga sannolikheten av förekomst av skogar med höga naturvärden (värdekärnor) har vi utvecklat en modell med hjälp av artificiell intelligens ("Random forest" algoritm; Breiman 2001). Givet den stora variationen i skogslandskapets struktur i olika delar av Sverige genererades fyra delmodeller (Fig. 2). Modellerna bygger på högupplösta (10x10m) heltäckande geografiska data som beskriver landskapets sammansättning, topografi, skogliga strukturer och socio-ekonomiska variabler i olika rumsliga skalor. Av de 125 geografiska variablerna som initialt testats så ingår ett 40-tal i de slutliga modellerna. Vi har tränat och testat modellen på kända förekomster av skogliga värdekärnor (Anon 2017) samt utvärderat den mot empiriska skogliga data. Modellen har en slutlig upplösning på 1 hektar och sannolikheten har skattats för ytor som har >50 % skogsmark. Totalt har skattningarna gjorts för 21.8 miljoner hektar. Modellen har hög intern statistisk styrka och skattar förekomsten värdekärnor med 85–90 % sannolikhet. Modellen har sedan externt validerats mot naturvårdsrelevant variabler från Riksskogstaxering och Sveaskogs beståndsdata med gott resultat.



Figur 2. Sverige med de fyra regioner för vilka olika delmodeller över potentiella värdekärnor med höga skogliga naturvärden har utvecklats. Figuren till höger visar fyra exempel på områden som ingår i modellen och illustrerar tätheten och fördelningen av de 1-hektar stora skogsytor som använts för att träna och validera modellen (röd: värdekärna, svart; ej värdekärna). Stapeldiagrammen visar antalet ytor som ingår i de fyra delmodellerna. Minsta avstånd från ytor av samma kategori sattes till 5 km och inom en kategori till 1 km. Skogstäckningen är baserat på Nationellt marktäckedata (Naturvårdsverket 2019) förutom klassen temporärt ej skog (dvs nyligen avverkad skog och unga hyggen).

Modellen har sedan använts för att beskriva den strukturella och funktionella förekomsten av livsmiljöer för ett antal tänkta arter i form av ekologiska profiler baserat på förekomst i olika skogstyper, och med olika arealkrav och spridningsförmåga (Bubnicki m fl. #8, Tabell 2). Tre olika skogstyper valdes – gran-, tall-, och lövdominerade baserad på NMD data.

Tabell 2. Parametrar av ekologiska profiler när det gäller spridningsförmåga och arealkrav (totalt 9 kombinationer). De tillämpades på 3 olika skogstyper med 3 olika sannolikhet för förekomst av värdekärna.

	Låg	Medel	Hög
Spridningsförmåga	upp till 200 m	upp till 1000 m	upp till 5000 m
Arealkrav	minst 10 ha	minst 100 ha	minst 1000 ha

Med utgångspunkt från andelen av respektive trädslag i NMDs 14 skogsklasser, tilldelades ett habitatvärde för gran-, tall-, och lövdominerade bestånd till 1 eller 0,5. I nästa steg har skogstypernas habitatvärde integrerats med modellens 1 ha ytor där sannolikheten för förekomst av värdekärna var >25 %, >50 % och >75 %. Dessa data användes sedan för att beräkna vilka delar av landskapet som innehåller funktionella livsmiljöer för de olika ekologiska profilerna med ett angreppsätt liknande det som använts tidigare för så kallade virtuella arter (Mikusiński & Edenius 2006). Med totalt 3 skogstyper, 3 spridningsförmågor, 3 nivåer på arealkrav och 3 olika gränsvärden för sannolikhet av förekomsten av värdekärna erhöles 81 olika utfall. Sedan testades dessa resultat för ekologiska profiler mot förekomsten av 20 utvalda verkliga arter med hjälp av data från Artdatabanken. Av dessa var 6 arter lövskogsspecialister (2 lavar, 1 mossor, 1 insekt, 2 fåglar), 7 arter var tallskogsspecialister (2 svampar, 1 lav, 1 lummer, 2 insekter och 1 fågel) och 7 arter var granskogsspecialister (2 svampar, 1 lav, 2 fåglar och 2 däggdjur). Kriterier var att använda arter som motsvarar ekologiska profiler och som har fler än hundra observationer rapporterade i Artportalen under de senaste 15 åren.

4.3 Delprojekt 5

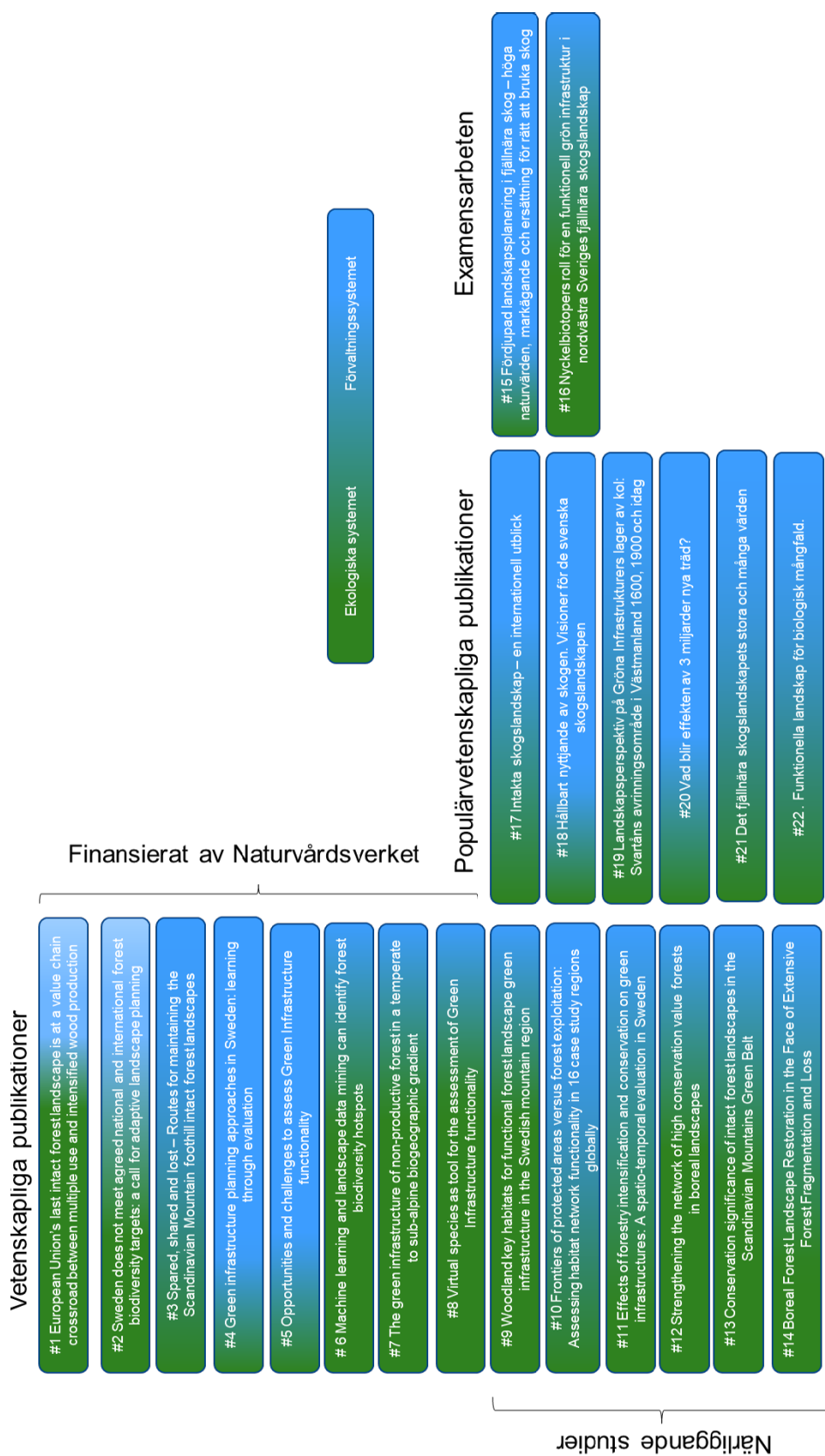
En viktig del i projektet har varit att kommunicera och analysera hur landskapsplanering kan ske och har skett i Sverige. Detta har gjorts genom en bred dialog med ett stort antal aktörer som på olika sätt medverkar till utvecklandet av en fungerande grön infrastruktur i Sverige.

För att fånga och utvärdera andra ansatser av landskapsplanering har vi sammanställt ett flertal andra angrepp relevanta för olika steg i landskapsplanering, från kartering till utvärdering. Dessa angrepp speglar arbetet på regional nivå och med olika ambitioner (Angelstam m fl. #5).

Kunskapsspridning har skett via kontinuerliga dialoger med olika grupper av avnämare. Dessa har förutom förmedling av resultat också påverkat inriktningen på forskningen och gett återkoppling av resultat. Fokus i dessa möten har legat på hur resultaten kan implementeras i den landskapsplaneringen som sker på länsstyrelserna och bland större markägare. Dessa möten har initierats av oss och i flera fall på förfrågan från avnämare. Projektet har också presenterats vid ett antal internationella vetenskapliga konferenser (se Bilaga B).

5. Resultat

Nedan presenterar vi de studier som kan ses som projektets primära leveranser (Fig. 3). Parallellt med dessa har projektdeltagarna medverkat i och publicerat ett antal arbeten som till mycket stor del överlappar med projektets syfte. Detta inkluderar vetenskapliga studier, populärvetenskapliga publikationer och ett par examensarbeten på mastersnivå. Dessa studier beskrivs i bilaga A i slutet av rapporten.



Figur 3. Projektpublikationer fördelade på de som kan ses som helt finansierade av Naturvårdsverket och närliggande publikationer (delvis annan finansiering) under projektperioden. Gradienten från grönt till blått representerar i vilken mån publikationen beaktar det ekologiska systemet respektive förvaltningssystemet. Numren refererar till publikationslistan i slutet av rapporten där fullständiga referenser ges.

5.1 Delprojekt 1

5.1.1 Planering av grön infrastruktur i Sverige – lärande genom utvärdering av länens åtgärdsplaner

Artikel #4. *Green infrastructure planning approaches in Sweden: learning through evaluation*, Manuskript.

Sverige har jämställda produktions- och miljömål för skogsbruket. För att nå miljömålet krävs nätverk av natur som utgör fungerande livsmiljöer för växter och djur, och som bidrar till människors välbefinnande. Detta fångas av begreppet grön infrastruktur (GI) vilket bottnar i konventionen om biologisk mångfald (CBD 2010). Den globala ambitionen speglas i EU:s strategi för biologisk mångfald (European Commission 2020) med sina sex strategiska mål varav mål 2 direkt syftar till ”maintaining and enhancing ecosystem services and restoring degraded ecosystems by incorporating green infrastructure in spatial planning” (ibid. sid. 5). På europeisk nivå bidrar även Bernkonventionen, Europeiska landskapskonventionen, och inom EU de tre naturvårdsdirektiven Art- och habitatdirektivet, Fågeldirektivet och Havsmiljödirektivet med strategiska mål och bindande krav. Målet är nätverk av skyddad natur som representerar olika naturmiljöer, och med kompletterande åtgärder i landskapet mellan dem, som syftar till att bevara Europas naturarv för framtiden (European Commission 2013). Direktiven innebär ett bindande åtagande för medlemsländerna att bevara naturtyper och arter med gynnsam bevarandestatus. För Sverige lyfter strategin för biologisk mångfald och ekosystemtjänster (Regeringen 2013/14) fram GI som ett ramverk för arbetet med biologisk mångfald i ett landskapsperspektiv.

Med fokus på lärande genom utvärdering är syftet med denna studie att analysera arbetet för perioden 2015–2021 i Sverige med regionala handlingsplaner för GI (för versioner använda i analysen se bilaga C), både inom länsstyrelserna och bland landskapens aktörer och intressenter.

För att kartlägga barriärer och broar för att göra bedömningar av och planer för att upprätthålla GI som funktionella habitatnätverk analyserades alla tillgängliga regionala GI-planer i Sverige med hjälp av kvalitativa och kvantitativa kriterier, en analys av de kartor som tagits fram för fysisk planering, samt genomförda öppna intervjuer med tjänstemän som arbetar med GI-planer.

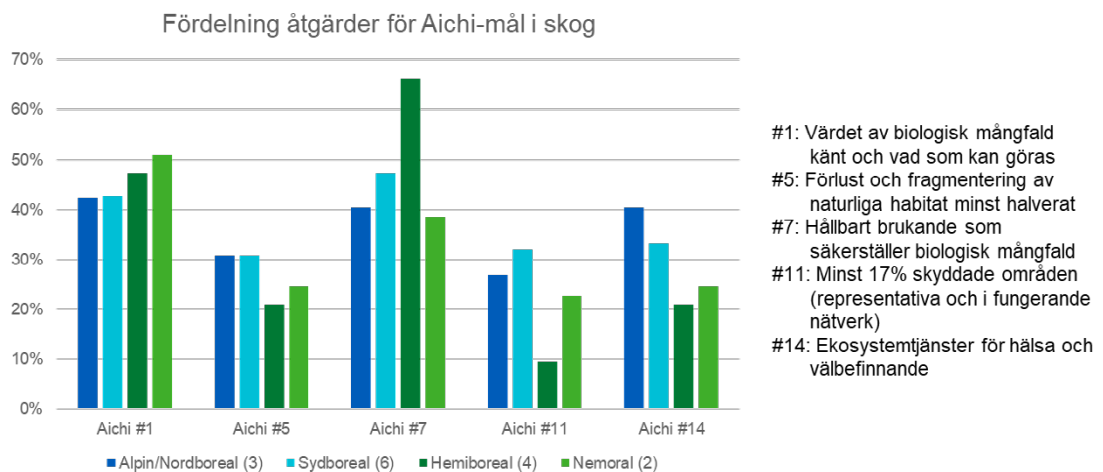
När det gäller rapporter om planering av GI fokuserade vi på alla planerade åtgärder av relevans för skogshabitat tillgängliga för 15 av 21 regioner, relevansen för fem av Aichi-målen (# 1, 5, 7, 11, 14; Fig. 4), såväl som nyckelord och typer av angivna källor.

Vad gäller kartor som vägledande för planering fokuserade vi på (1) användningen av ekologiska nyckelelement i landskapet för funktionell GI, (2) vilka typer av marktäckan och arter som omfattades, (3) matchningen mellan rumslig utsträckning och landskap, län och ekoregion, och (4) de aspekter av GI som presenterades.

Vi genomförde intervjuer som fokuserade på två teman: arbetet inom offentliga organisationer (länsförvaltningar och Naturvårdsverket), och arbetet med aktörer och intressenter utanför dessa regionala och nationella myndigheter. Dessutom användes deltagarnas observationer och workshops för att ge feedback på resultaten.

Planerade åtgärder för att stödja GI i skogar dominerade (55 %), men varierade från 32 till 81 % mellan länen. Endast en fjärdedel av de planerade åtgärderna i skogarna var aktiva, dvs med syfte att direkt påverka miljötillståndet i skogar. Användningen

av GI-terminologi dominerades av ”värdetrakter” och ”ekosystemtjänster”. Sammantaget fanns det inget mönster avseende fördelningen av i vilken utsträckning de fem utvalda Aichi-målen beaktades i GI-planer i olika skogsregioner (Fig. 4). Analysen av den kunskapsbas som använts i form av citerade publikationer och rapporter visade att forskningsartiklar till mycket liten del beaktats (4 %), istället dominerade rapporter från statliga myndigheter och EU-material (79 %). Vad gäller kartmaterialet dominerade kartor som syftade till att stödja GI-planering av skog. Det var dock få kartor som analyserade förändringar över tid, varken som historiska kartor eller i form av förändringsanalyser och prognoser (se nedan för en fördjupad kartanalys).



Figur 4. Fördelning av åtgärder identifierade i länens GI-planer för fem av CBDs Aichi-mål (CBD 010) relevanta för skog

GI-planerna täckte ett brett spektrum av typer av GI, men med regional heterogenitet av vilka aktörs- och intressentgrupper som involverats. Administrativt sträckte sig GI-planeringens status från övergripande regionplanering till specifik naturvård. Personalmässigt var omsättningen hög och tillgänglig personal och resurser varierade mellan regionerna. Förståelsen vad GI betyder var generellt stor och viljan att agera stark. Handlingsförmågan hämmades dock av svaga incitament för landskapsplanering, begränsade resurser och ibland politisk vilja.

Aichi-målen och efterföljande europeiska och svenska strategier och riktlinjer speglar evidensbaserade bevarandemål såväl som principer för att säkra funktionella habitatnätverk. Det vill säga, kunskap utvecklad inom landskapsekologisk och bevarandebiologisk forskning. Baserat på vår analys av länens GI-planer framstår dock nettoresultatet av bevarandeinsatser och intensifiering av skogsbruket som negativt för gröna infrastrukturers funktionalitet. I GI-planerna är kartor avgörande för att kommunicera geografisk information av relevans för GI. Trots att de är väsentliga för landskapsplanering, ses den transparens som kartor ger som ett hot av vissa aktörer och intressentgrupper vilket vi bedömer påverkat kartmaterialet. Till exempel har cirka hälften av området i det boreala biomet inga publicerade kartor som stödjer planeringen, trots god tillgång på data och analyser. Det finns alltså utrymme för förbättring av GI-arbetet, till exempel genom: (1) öppen tillgång till befintliga heltäckande kartering av skogar med högt bevarandevärde, (2) gemensamma analyser för angränsande län i samma biom, (3) visualisering av hur GI av olika typer har förändrats över tid (Svensson m fl. 2019, Angelstam och Manton 2021), och förväntas förändras givet olika bevarandescenarier (Eggers m fl. 2021, 2022; Moor m fl. 2022).

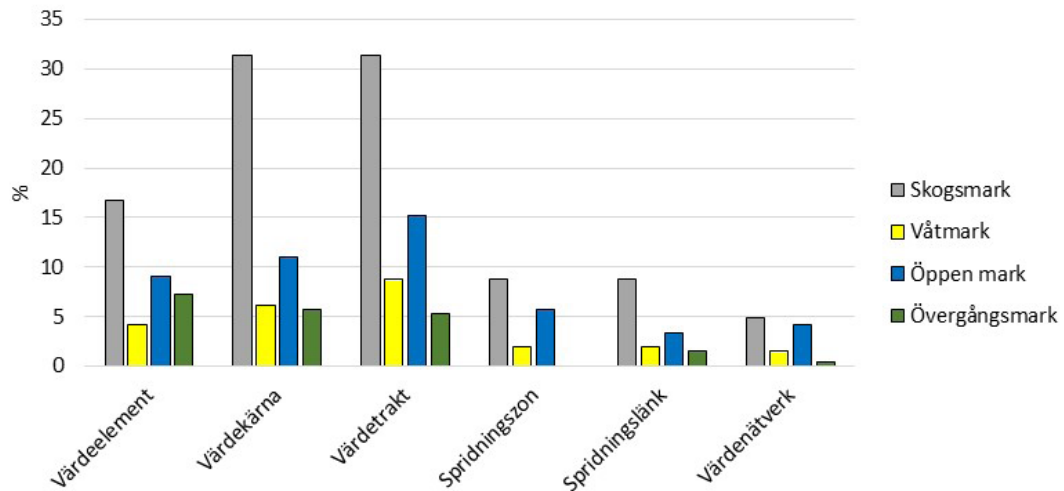
5.1.2 Analys av kartor i de regionala handlingsplanerna för grön infrastruktur

Som en del i delprojekt 1 gjordes en fördjupad analys av det kartunderlag som fanns i länens handlingsplaner för grön infrastruktur. Syftet med analysen var att sammanställa 1) i vilken mån kartor ger information som avspeglar centrala begrepp för grön infrastruktur (värdeelement, värdekärna, värdetrakt spridningszon, spridningslänk, värdenärverk; Naturvårdsverket 2015, 2017), 2) de markslag, habitattyper och arter som ingår, 3) den geografiska omfattningen i kartorna, avseende del av län, inom län eller för ett större område, och 4) vad (i huvudsak förekomst eller densitet) som presenterats. Sammanställningar, under tidsperioden 2019-10-29 till 2019-11-25 av de handlingar som fanns tillgängliga vid det tillfället, omfattande totalt 20 handlingsplaner varav 8 preliminära och 10 fastställda. För 2 län fanns både fastställda och preliminära handlingar (se Bilaga C).

Sammantaget fanns totalt 434 kartor av landmiljöer inriktad mot skog, öppna marker och våtmarker samt övergångsmark mellan dessa markslag liksom vattenmiljöer (kust och strandzoner). Av dessa är skogsmark den dominerande marktäcketyper (42 %) och öppen mark den därpå vanligast, för ospecificerat markslag handlar det främst om formellt skydd, för skogsmark om ädellövskog, för våtmark om rikkärr, för öppen mark om gräsmark / slätteräng, och för övergångsmark om mosaikmarker. Det är överlag relativt få habitattyper och arter eller artgrupper som ingår. För skogsmark finns förekomst eller täthet av totalt 42 arter, i huvudsak insekter, kartlagda. För habitat finns detta för tjäder och raggbock specificerat, men i övrigt handlar det i huvudsak om mycket generella skogstyper. Avseende egenskaper så dominerar gammal skog och grova / värdefulla träd.

Sammantaget har 61 % kartorna minst en notering för något av de sex grundläggande begreppen om grön infrastruktur. De flesta kartor visar skogsmark och öppen mark (Fig. 5), framförallt avseende värdekärna och värdetrakt för skog, våtmark och öppen mark. Det finns betydligt fler kartor som visar värdeelement, värdekärna, värdetrakt, spridningslänk och spridningszon för skogsmark än för andra marktäcketyper.

Det är överlag relativt få specifika habitattyper och arter eller artgrupper (totalt 68) som är kartlagda. Vad gäller habitat handlar det i huvudsak om generella skogstyper som granskog eller ekskog snarare än habitattyper som listas i EUs habitatdirektiv. Även biotopgenskaper som t.ex. grova träd, hålträd, skiktning, diken, artvariation, och åtgärder eller påverkan som granifiering, bränning, exploatering, fragmentering, finns med i materialet. Det är väldigt få kartor som visar förändring över tid eller innehåller prognoser. Detta kan tolkas som en brist för möjligheterna att identifiera målbilder för framtiden och vad olika åtgärder eller prioriteringar kan leda fram till. Handlingsplanerna har alltså mest karaktär av nulägesanalys.



Figur 5. Andel av alla kartor fördelat på olika marks lag, för respektive begrepp av totala antalet kartor för skogsmark, våtmark, öppen mark och övergångsmark (n = 264).

Vad gäller geografisk utsträckning så omfattar 69 % av kartorna enbart det enskilda länet, 26 % även ytan runt länet i form av en buffertzona, andra intilliggande län eller större område, och 8 % enbart en del av ett län. De senare utgörs oftast ett särskilt prioriterat område, ett område med koncentrationer av höga värden, eller ett typområde. En observation är att de kartor som visar ett delområde inom ett län överlag ger mycket bra information.

Flertalet av kartorna ger information om värdeelement, värdekärnor, värdegravar, spridningslänkar, spridningszoner eller värdenätverk, eller kombinationer av dessa. Kartor som visar värdegravar är vanligast, följt av värdekärnor och värdeelement, och kombinationer av dessa. Kartor av olika typer av övergångsmark är få, speciellt avseende spridningslänkar, spridningszoner eller värdenätverk. De flesta kartorna visar enbart förekomst eller enbart täthet. Komponent som ett begrepp för noder i en funktionell grön infrastruktur, används mycket sällan.

Det kartmaterial som finns presenterat i länens preliminära och fastställda GI-planer har delvis vidareutvecklats och publicerats i det nationella kartsiktet för värdekärnor. Det kartmaterial som finns presenterat i länens preliminära och fastställda GI-planer har delvis vidareutvecklats och publicerats i det nationella kartsiktet för värdekärnor *Nationella kartsikt med värdegravar (lansstyrelsen.se)*. Vid vår översyn (2022-05-10) är detta en sammanställning av länens regionala värdegravar. På illustrationen visas värdegravar för ädellövskog, blandskog, barrskog, granskog, gräsmark, inlandsvatten, kustmiljöer, lövskog, marina miljöer, skog och annan trädbärande mark, tallskog, triviallövskog och våtmark. Norrbottens, Jämtlands, Värmlands, Hallands, Kronobergs och Kalmar län hade inte publicerat värdegravar vid denna tidpunkt.

5.2 Delprojekt 2–4

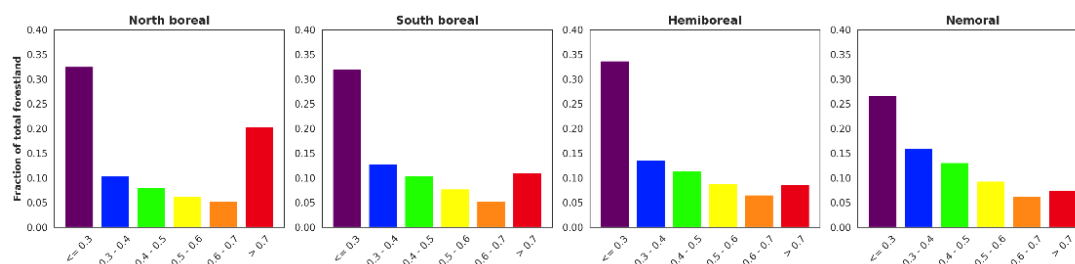
Resultaten från dessa studier baseras på kvantitativa analyser av befintlig och öppen information och inkluderar både geografiska data och offentlig statistik.

5.2.1 En virtuell värdekärnesinventering av svensk skog

Artikel #6: *Mapping of landscapes for High Conservation Value Forests with machine learning, manus (DP2, DP3)*

Den genomförda modelleringen av sannolikheten för förekomst av skogar med höga naturvärden kan närmast betraktas som en virtuell värdekärnesinventering. Studien ska ses som en primär leverans med avseende på att utveckla en praktisk användbar landskapsindikator som rangordnar skogsbestånd efter sannolikheten att de utgör en skoglig värdekärna.

Modellen kompletterar de idag kända värdekärnorna (Anon 2017) med en heltäckande analys av majoriteten av det svenska skogslandskapet. Sannolikheter har skattats på en skala (1 hektar) som är relevant för planering och med specifikt värde för identifiering av skogliga värdeetrakter. Resultaten visar att en stor del av skogslandskapet i Sverige utgörs av bestånd med låg sannolikhet för värdekärna men också på stora regionala variationer där speciellt den nordligt boreala regionen skiljer ut sig med en avsevärt större andel med hög sannolikhet för värdekärna (Fig. 6).



Figur 6. Fördelning av den relativa sannolikheten för att enskilda 1-hektars ytor av skog ska utgöras av skoglig värdekärna för de fyra regioner som analyserats.

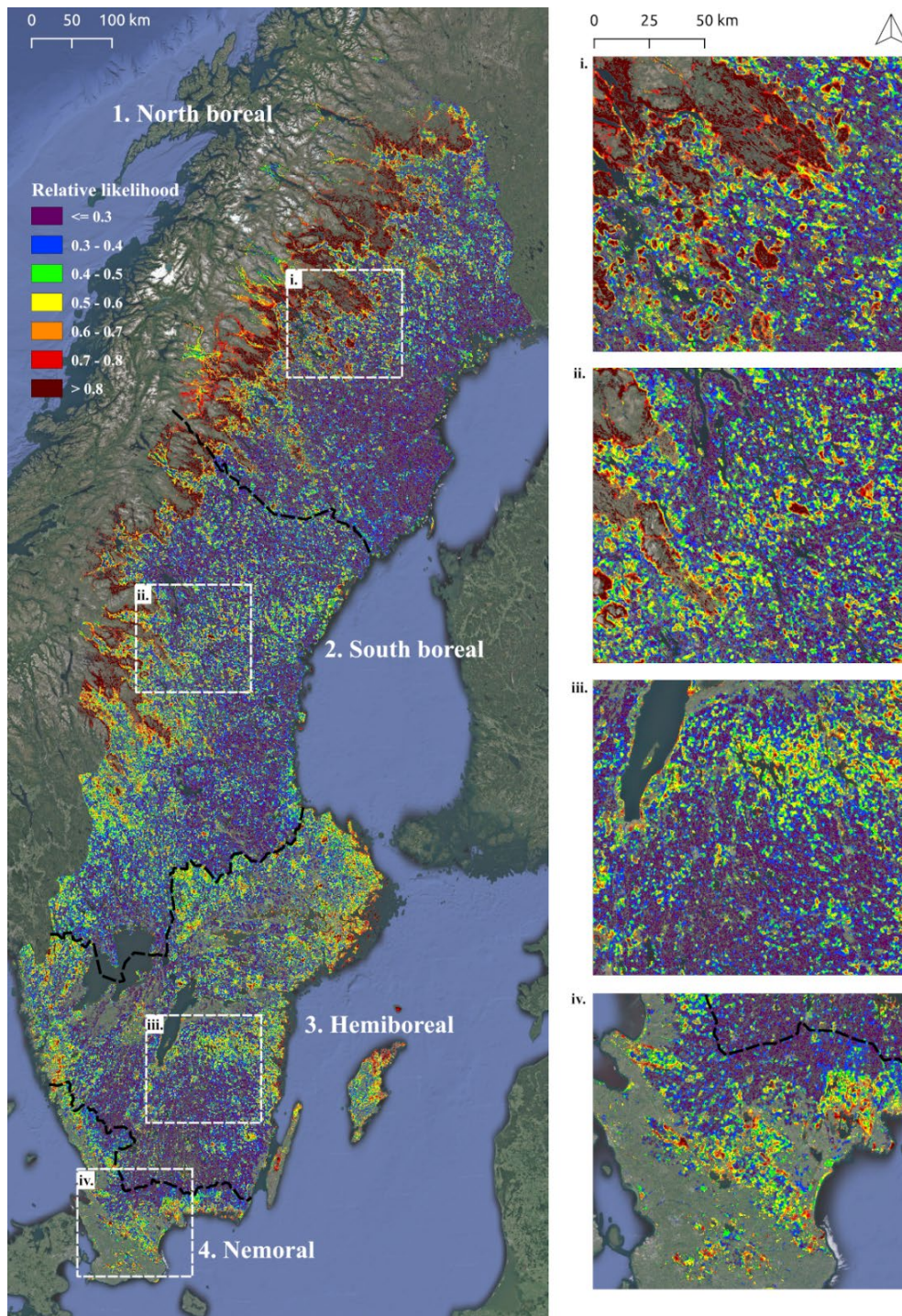
Modellen (Fig. 7) utgör en kunskapsbas för framtida naturvårdsplanering på landskapsnivå som fullt ut nyttjar befintliga geografiska kunskapsunderlag – vi lever i en tid där ”Big Data” är tillgängligt och där geografiska data med hög kvalitet och stor upplösning blir mer och mer användbar. Vi ser ett stort antal användningsområden för modellen. Till exempel anger EU ett framtida mål på att skydda 30% och därmed finns ett behov av ett heltäckande nationellt underlag för prioritering av områdeskydd och restaurering på landskapsnivå. Vid sidan av möjligheten att identifiera värdeetrakter ger modellen också information om landskap där möjligheten att skapa fungerade grön infrastruktur är mycket begränsat och där ett fortsatt skogsbruk inte på samma sätt hotar befintliga naturvärden.

Man bör notera att modellen statistiskt beskriver den relativa sannolikheten för förekomst av skoglig värdekärna och att faktiska naturvärden bara kan identifieras i fält. Därmed utgör den en viktig grund för framtida nationella fältinventeringar som bygger på en två-steps ansats där det första steget bygger på en prioritering av fältinsatser till områden med stor sannolikhet för skoglig värdekärna. En relaterad användning av modellen är att koppla den till citizens science där intresserad

allmänt, t ex den ideella naturvården, kan fältbesöka potentiellt intressanta områden och registrera ett urval av variabler som speglar naturvärdet.

Även om modellen har utvecklats för svenska skogar och baseras den geografiska information som finns tillgänglig nationellt så har modellangreppet potential att användas också för liknande projekt i andra länder. Vi bedömer att den har en hög generell potential och visar på styrkan av det snabbt framväxande användandet av artificiell intelligens inom naturvården. Ett uppenbart användningsområde är att framskriva framtida landskap där förändringar i det underliggande geografiska simuleras och effekten på GI kan utvärderas i relation till restaurering av och naturlig utveckling i skog.

Modellen har presenterats och diskuterats med ett stort antal avnämare (markägare, myndigheter, ideell naturvård) och mötts med stort intresse. Modellen finns öppet tillgänglig ([https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest.](https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest)) och kommer att kunna laddas ned som shape-filer för integrering i andra geografiska beslutsunderlag. Vidare är modellen fullt möjlig att uppdatera med nya data allteftersom dessa blir tillgängliga.



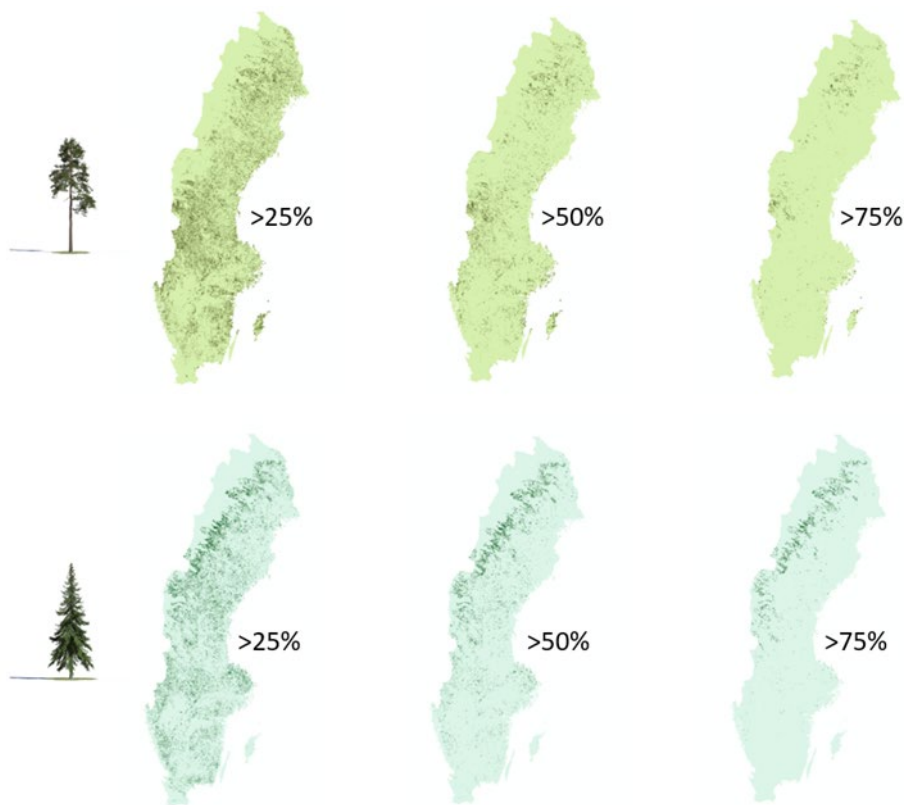
Figur 7. Kartorna illustrerar det slutgiltiga resultatet av en modellering av sannolikheten för skogar med höga naturvärden i Sverige på skalan 1 hektar. Resultaten har genererats via en så kallad "Random Forest"-modell som tränats för fyra olika regioner och sammanställts till en övergripande karta. För att visualisera resultaten visas också 4 delfigurer med högre upplösning. Bakgrundskartan är hämtad från Googles satellit lager. En interaktiv version av kartan finns för tillfället tillgänglig på: <https://bubnicki.users.earthengine.app/view/swedentest>.

5.2.2 Virtuella arter som ett verktyg för att värdera grön infrastruktur

Artikel #8: *Virtual species as tool for the assessment of Green Infrastructure functionality (DP2, DP4)*

Denna studie utgör en tillämpning av modellen för skog med höga naturvärden (Bubnicki m fl #6), för att beskriva den strukturella och funktionella förekomsten av livsmiljöer för ett antal ekologiska profiler baserat på förekomst i olika skogstyper (enligt NMD), och med olika arealkrav och spridningsförmåga (se Metoder, 4.2 för detaljer). Vi valde att utgå från virtuella arter (ekologiska profiler) för att täcka in den stora variation som finns mellan arters miljökrav. Därmed fås en större grad av generalitet och effekten av insatser kan värderas för större artgrupper.

För alla ekologiska profiler, minskade mängden av tillgänglig livsmiljö drastiskt ju högre krav ställde på den relativa sannolikheten av förekomsten av värdekärna (se Fig. 8). Ekologiska profiler knutna till olika skogstyper visade olika förekomstmönster.



Figur 8. Figuren visar förekomsten av livsmiljöer motsvarande två ekologiska profiler med användning >25 %, >50 % och 75 % relativ sannolikhet av förekomsten av värdekärna enligt modellen. I alla sex fall handlar det om en ekologisk profil motsvarande art med låg spridningsförmåga (upp till 200 meter) och låga arealkrav (10 ha) specialiserad på talldominerad skog (övre raden) och grandominerad skog (nedre raden).

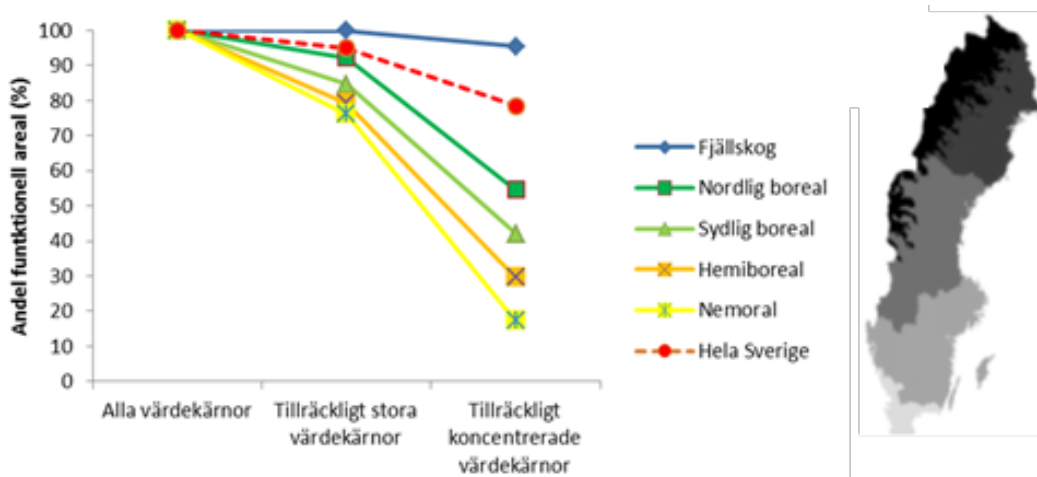
Till exempel, en ekologisk profil med låg spridningsförmåga och lågt arealkrav uppbyggd på >75 % relativ sannolikhet av förekomst av värdekärna hade för grandominerad skog en mycket tydlig koncentration av livsmiljöer längst fjällkedja. När det gäller motsvarande ekologisk profil knuten till talldominerad skog var mönstret annorlunda med koncentrationer i norra Norrland och i Jämtland. Dessa mönster påminner

resultat av studie baserad på kontinuitetsskogar som information om förekomsten av skogar med höga naturvärden (Mikusiński m.fl. 2021). I nästa steg, kommer resultaten av denna tillämpning av modellen att valideras med observationer av verkliga arter motsvarande använda ekologiska profiler. Till exempel, förekomsten av livsmiljöer hos de ekologiska profiler som visas i Figur 8 kommer att testas mot talltagel (*Bryoria fre-montii*) och plattlumner (*Diphasiastrum complanatum*) när det gäller tallskog, och mot garnlav (*Alectoria sarmentosa*) när det gäller granskog. Validering av modellerad före-komstsannolikhet mot verkliga arters faktiska förekomster sker inom 25 x 25 km rutor.

5.2.3 Utvärdering av funktionella nätverk av skogar med höga naturvärden i Sverige

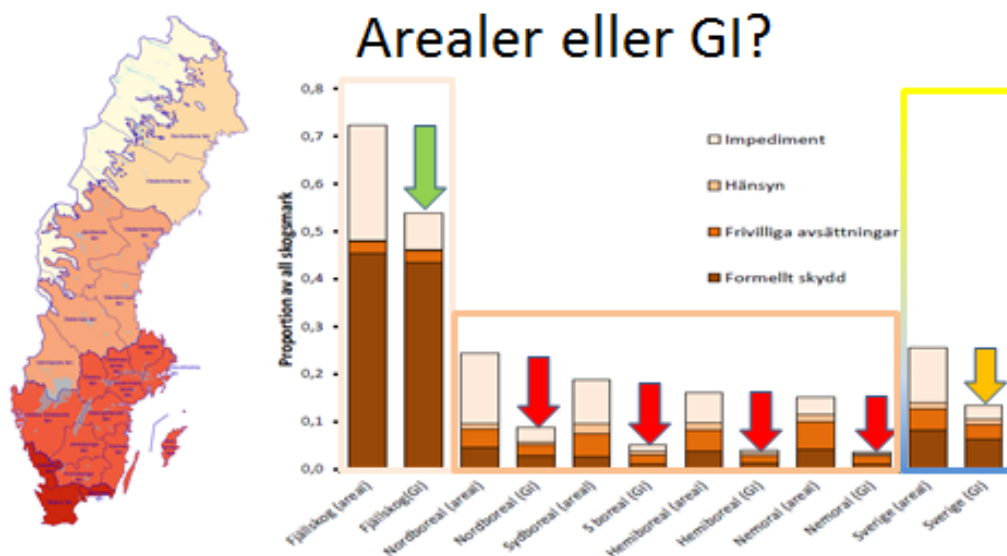
Artikel #2: *Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: a call for adaptive landscape planning (DP3)*

Omföring av naturligt brukade skogar till odlingssystem för industriråvara är en stor utmaning för skydd, skötsel och återskapande av representativa naturmiljöers funktionalitet – att stärka en grön infrastruktur (GI) för bevarande av biologisk mång-fald och leverans av olika ekosystemtjänster. Med utgångspunkt i konventionen om biologisk mångfalds Aichi-mål #11, med dess kvantitativa och kvalitativa kriterier som normativ modell, var syftet med denna studie att belysa möjligheterna för land-skapsplanering genom en bedömning av i vilken utsträckning befintliga mängder och rumsliga fördelningar av skogar med höga naturvärden uppfyller dessa kriterier. Med evidensbaserade bevarandemål på 17–20 % skyddade områden, valdes Sverige som fallstudie. Vi uppskattade den befintliga mängd, regional representation och funktionalitet som habitatnätverk av skogar med höga naturvärden har för virtuella fågelarter. Resultaten validerades sedan med oberoende fältinventering av paraply-arter och bedömde måluppfyllelse (Fig. 9). Slutligen kopplade vi dessa resultat till den regionala fördelningen av markägarkategorier, och betonar att dessa kräver anpassade ansatser för landskapsplanering.



Figur 9. Figuren visar på hur stor andel av kända värdekärnor (i fem ekoregioner) som är tillräckligt stora och koncentrerade i landskapet för en tänkt art som kräver minst 50 hektar värdekärna (storlek) och med minst 20 % värdekärna inom 25 km² (fungerande nätverk).

Även om 31 % av skogsmarken i Sverige är officiellt skyddad, frivilligt avsatt eller inte används för produktion av industriråvara nu och i framtiden, visar Aichi-målets #11 kvalitativa kriterierna att denna siffra reduceras till en effektiv GI på 12 % i genomsnitt för hela Sverige. Vid uppdelning i de fem ekoregionerna utgjorde den effektiva GI 54 % för den subalpina skogsekoregionen, som innehåller EU:s sista intakta skogslandskap, men bara 3–8 % i de andra fyra ekoregionerna där produktion av industriråvara dominerar (Fig. 10). Detta resulterar i ett kraftigt ökande behov av skogshabitat och landskapsrestaurering i större delen av Sverige. Den stora regionala variationen i möjligheter för landskapsplanering understryker behovet av en mångfald av olika tillvägagångssätt. Vi betonar behovet av att säkra finansieringsmekanismer för att kompensera markägares investeringar i GI, och att anpassa både tillvägagångssätt och rumsliga omfattningar av landskapsplaneringsenheter till markägarstrukturen.

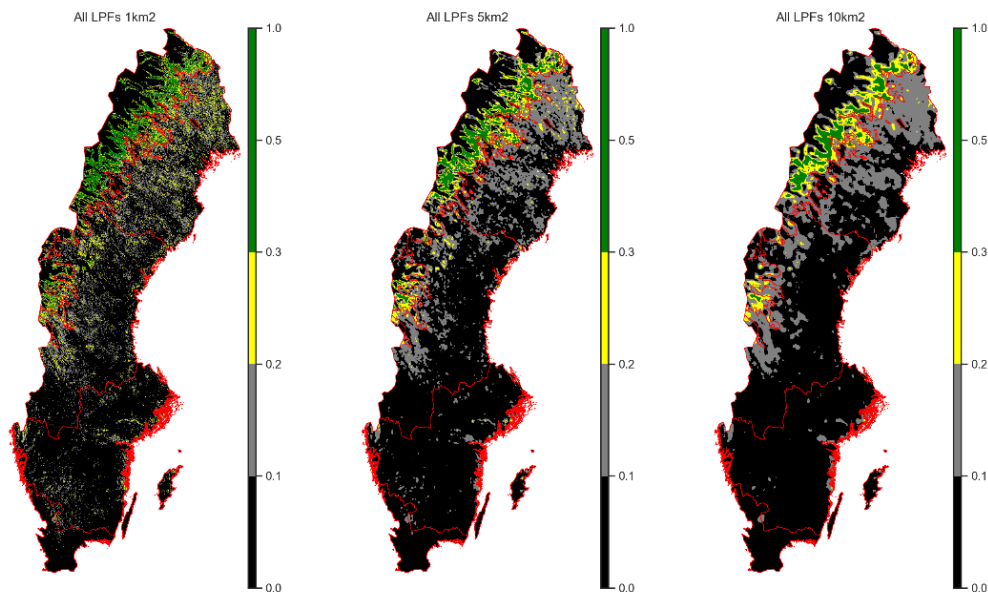


Figur 10. Med fokus på tre kategorier av avverkningsrestriktioner för skog och annan skogsmark (formellt skyddad, frivilligt avsatt, improduktiv) plus uppskattningar av naturvårdshänsyn sammanfattar denna figur (1) dels skillnaderna mellan den totala arealen av dessa kategorier och (2) dels uppskattningar av habitatnätverks funktionalitet som bidrag till Aichi mål 11 (Angelstam m.fl. 2020). Observera att naturvårdshänsyn hänvisar till Aichi mål #7 om åtgärder utanför "skyddade" områden. Uppskattningarna av mängden av fungerande grön infrastruktur visar att tillståndet är gott (grön pil) i de fjällnära skogarna, undermåligt i de fyra regioner som domineras av effektiva odlingsystem (röda pilar). I genomsnitt ser det bättre ut för hela Sverige, men då döljs den dåligt fungerande gröna infrastrukturen i merparten av Sverige.

5.2.4 De skogliga impedimentens betydelse för grön infrastruktur

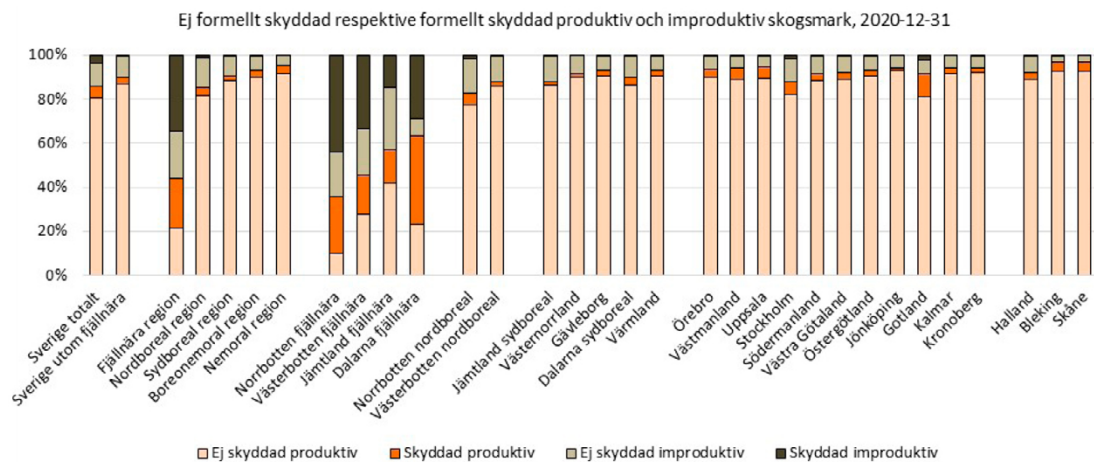
Artikel #7: *The green infrastructure of non-productive forest in a temperate to sub-alpine biogeographic gradient, manuscript (DP2, DP3)*

Impedimenten finns integrerade i skogslandskapet och genom gällande Skogsvårdslag är de undantagna från skogsbruk. De har i sig själva unika naturvärden men utgör också länkar i landskapet som potentiellt kan stärka GI. Totalt finns 4.5 Mha (NMD) impediment men deras fördelning varierar kraftigt mellan olika regioner och skogstyper i Sverige (Fig. 11).



Figur 11. Andel av skogsmarken som utgörs av impediment ("LPI" i figuren) baserat på ett "moving window" av olika storlekar (1km², 5 km² och 10 km²).

I den fjällnära regionen utgör dessa skogar en mycket stor andel av skogsmarken men då i ett landskap som redan har hög andel av områdesskydd (Fig. 12). I resterande delar av Sverige utgör de en mer begränsad andel och då speciellt för skogar på fastmark (Tabell 3). Preliminära resultat från den pågående analysen indikerar att det strukturella bidraget från impedimenten till GI är generellt begränsat nedom fjällregionen men med vissa regionala skillnader.



Figur 12. Representativitet i skyddad skog på produktiv och improduktiv (impediment) skogsmark.

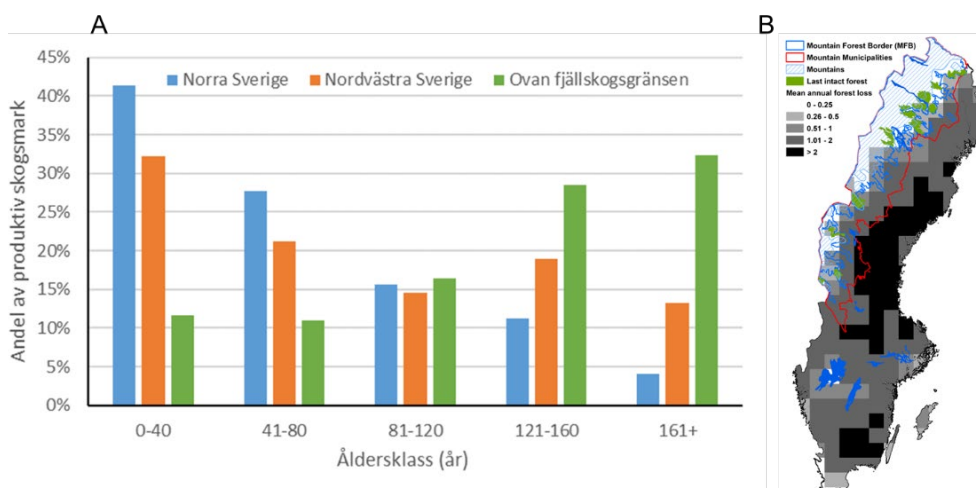
Tabell 3. Andel av olika skogstyper som utgörs av lågproduktiv skogsmark (impediment).

Skogstyp	Fjällnära	Nordboreal	Sydboreal	Hemiboreal	Nemoral
Skog på fast mark					
Tallskog	48 %	14 %	9 %	11 %	5 %
Granskog	24 %	7 %	3 %	1 %	1 %
Barrblandskog	37 %	9 %	2 %	2 %	2 %
Blandskog	47 %	12 %	6 %	2 %	3 %
Triviallövskog	94 %	14 %	6 %	3 %	2 %
Ädellövskog	0 %	0 %	2 %	3 %	2 %
Lövblandskog	0 %	0 %	2 %	6 %	6 %
Skog på våt mark					
Tallskog	97 %	89 %	81 %	47 %	38 %
Granskog	90 %	83 %	59 %	15 %	10 %
Barrblandskog	92 %	87 %	57 %	20 %	8 %
Blandskog	92 %	83 %	66 %	31 %	27 %
Triviallövskog	98 %	76 %	68 %	45 %	35 %
Ädellövskog	0 %	0 %	64 %	51 %	46 %
Lövblandskog	0 %	0 %	30 %	54 %	35 %

5.2.5 Den svenska fjällnära skogens gröna bälte – ett unikt landskap i europeiskt perspektiv.

Artikel #1: *European Union's Last Intact Forest Landscapes are at A Value Chain Crossroad between Multiple Use and Intensified Wood Production (DP3, DP4)*

Europeiska unionens sista stora intakta skogslandskap längs Skandinaviska bergskedjan i Sverige erbjuder unika möjligheter för bevarande av biologisk mångfald, ekologisk integritet och resiliens (Fig. 13). Dessa skogar står dock inför vägval mellan intensifierad träproduktion inriktad på bioekonomi, och landsbygdsutveckling baserad på multifunktionella skogslandskap för framtida skogliga värdekedjor.



Figur 13. Den fjällnära skogen är unik ur ett svenskt perspektiv med en dominans av gamla skogar och med en låg avverkningstakt. A – Åldersfördelning på produktiv skogsmark (inklusive skyddad skog) baserat på Riksskogstaxeringen (2012-2016, 5-års löpande medelvärde) fördelat på norra Sverige, de 15 kommuner som ingår i Skogsstyrelsens definition av nordvästra Sverige samt området ovan den fjällnära gränsen. B – Förlust av trädskikt på skogsmark enligt Hansen m fl. (2013) där 93 % utgörs av slutavverkning med resterande från bränder och vindfälld skog.

I denna artikel så, 1) uppskattar vi mängden av kvarvarande skogar med hög grad av naturlighet och deras roll för traditionellt skogsbruk, bidrag till gröna infrastruktur för bevarande av biologisk mångfald och för mänskligt välbefinnande på landsbygden, (2) utvärderar vi hur skogen och bevarandepolitiken lyckats minska förlusten av fjällnära skogar, och (3) diskuterar vi vilka ekonomiska, sociokulturella och ekologiska värden som står på spel, samt olika styrmedel.

Först uppskattade vi den mängden intakta fjällnära skogar via (i) Riksskogstaxeringen, (ii) statistik om skyddade område, (iii) avverkningsanmälningar och faktiskt avverkade skogar, (iv) heltäckande data för skogar som inte varit föremål för kalavverkning sedan mitten av 1950-talet, (v) kartläggning av produktiv och icke-produktiv skogsmark, och (vi) uppskattningar av den genomsnittliga årliga slutavverkningstakten. Vidare granskade vi policydokument relaterade till framväxten av markanvändningsreglering i norra Sverige, inklusive fjällskogsgården, och illustrerar detta med ett faktiskt fall som har haft betydande betydelse för genomförandet av politiken (konflikten kring Änok-området).

Resultaten visar på en tydlig skillnad mellan andelen formellt skyddad produktiv skogsmark ovan fjällskogsgården (53 %) och norra Sverige i allmänhet (6 %). Trots detta finns totalt 300 000 ha av tidigare ej kalhuggen fjällskog utanför skyddade områden kvar. Denna del av det fjällnära området är ur ett nationellt perspektiv av liten betydelse för skogsbruket men regionalt viktiga och med en potential att stödja nya typer av värdekedjor.

Fjällskogarna i Sverige utgör unika bevarandevärden i Europeiska unionen. Sedan början av 1990-talet, har politiska regleringar lyckats begränsa skogsavverkningen. För närvarande är dock de fjällnära skogarna en arena för en dragkamp mellan intensifiering av skogsanvändningen, inklusive avverkning av skogar som aldrig varit föremål för kalhyggesystem å ena sidan, och naturvård och vildmark som bas för landsbygdsutveckling å den andra. Förmågan hos fjällkommuner att planera för en regional hållbar utveckling i det fjällnära skogslandskapet måste stärkas och där samverkan och resurser är avgörande komponenter.

Artikel #3: Spared, shared and lost – Routes for maintaining the Scandinavian Mountain foothill intact forest landscapes (DP3, DP4)

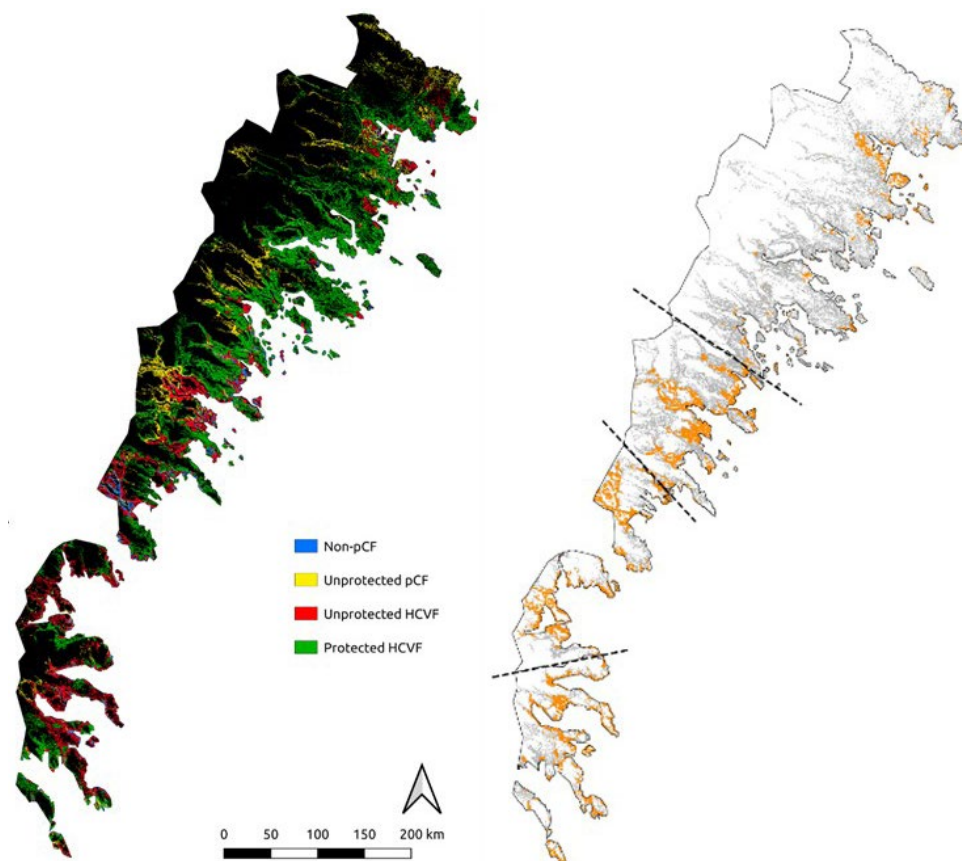
Intakta skogslandskap är viktiga områden för biologisk mångfald, ekosystemtjänster och fungerande ekologiska processer. Parallellt är de också viktiga områden för olika former av markanvändning och för regional och lokal hållbar utveckling. Ett industriellt kalhyggeskogsbruk innebär en risk för ökande fragmentering och förluster av naturvärden och därför behöver man väga samman behovet av ett utökat områdesskydd (formellt eller via frivilla skyddsinstrument) med åtgärder som stimulerar kontinuitetsskogsbruk och andra alternativa skogsbruksstrategier.

Med hjälp av heltäckande data och med fokus på skogsmark inklusive trädbärande impediment och trädbärande skogsmark och på skog som är formellt skyddad eller inte (Fig. 14), analyserade vi förutsättningarna för att upprätthålla de intakta egenskaperna i de fjällnära skogarna i nordvästra Sverige, totalt omfattande ca. 2,5 miljoner hektar.

Vi konstaterade att andelen redan kalavverkad skog är liten men också att drygt 500 000 ha skogsmark med höga naturvärden, motsvarande 27 %, saknar skydd, trots att det är så stora arealer skyddad skogsmark i de fjällnära skogarna. Vi frågade oss om ett anpassat skogsbruk är ett alternativ till utökat skydd på delar av denna skogsmark. Här står det klart att förutsättningarna varierar från syd till nord och för olika typer av markägare. För privata markägare i synnerhet är det viktigt att beakta

möjligheterna till mångbruk där fortsatt anpassat skogsbruk kan förekomma, och att detta förutsätter integrerade planeringssystem där även restaurering av tidigare kalavverkad skog eller skog som idag saknar eller har låga naturvärden kan ingå. Vi menar att kontinuitetsskogsbruk är generellt möjligt över stora arealer och att detta ger förutsättningar för olika värdekedjor och affärsmodeller som kan leda till hållbar regional och lokal utveckling. I detta är den samiska kulturen och rennäringen som markanvändning särskilt viktigt att beakta, där en helhetssyn på landskapet är nödvändigt, liksom det är för en fungerande grön infrastruktur för skogens biologiska mångfald och ekosystemtjänster. Fortsatt skogsbruk och utökat skydd av fjällnära skog måste integreras i en landskapsplanering med fokus på hållbarhet och mångbruk och som måste regionalt och lokalt anpassas till de biofysiska och socioekonomiska förutsättningarna.

Vi konstaterar också att operativ planering kräver mer detaljerade data, på habitatnivå och för de specifika naturvärdena. Detta innebär ett fortsatt stort behov av fältinventeringar, i form av en utvecklad inventering av skogliga naturvärden i nordvästra Sverige. Vår analys innebär att en sådan inventering kan inriktas mot skogsområden som är viktiga för att skapa sammanhängande strukturer i skog med höga naturvärden eller skog som med passiv eller aktiv naturvårdande skötsel kan utveckla höga naturvärden.



Figur 14. Den fjällnära skogen kategoriserad i avverkad skog (Non-pCF), oskyddad kontinuitetsskog (Unprotected pCF), oskyddade värdekärnor (Unprotected HCVF) och skyddade värdekärnor (Protected HCVF). Den högra kartan visar oskyddade värdekärnor och kontinuitetsskog på produktiv skogsmark.

5.3 Delprojekt 5

5.3.1 Implementering av landskapsplanering i tillämpad naturvård – en exempelsamling

Artikel #5: *Opportunities and challenges to assess Green Infrastructure functionality*

Begreppet grön infrastruktur (GI) utvecklades för att kommunicera behovet av att upprätthålla naturkapital genom fysisk planering, ofta över flera typer av markanvändning. En nyckeluppgift är att etablera effektivt och rättvist förvaltade, ekologiskt representativa, väl sammankopplade system av skyddade, lämpligt skötta och restaurerade områden.

Först granskade vi hur olika GI kan definieras för att matcha både EU och störningsbaserade klassificeringar av skogstyper. För det andra granskade vi en uppsättning tillvägagångssätt som används i bedömningsprocesser som genomförts i ett 10-tal platsbaserade fallstudier i olika delar av Sverige. För det tredje scannade vi av upplevda nuvarande och framtida behov och förmågor hos olika intressenter och markägare som är involverade i GI-hantering i dessa fallstudier.

Baserat på en förenklad policycykel indelades bedömning av GI och planering i följande grupper: kartläggning, strategisk planering, taktisk planering, policyutvärdering och feedback. Som exempel på kartläggning fokuserade vi på biotop- och habitatkartering; angående strategisk planering granskade vi tillvägagångssätt för bristanalyser av representativa typer av GI, och för taktisk planering av GI-funktionalitet. Policyutvärdering fokuserar på förändringar i funktionella habitatnätverk över i tid i form av nettoeffekten av bevarande och intensifiering av skogsbruket. Slutligen granskade vi exempel på återkoppling till policy.

Uppföljning och utvärdering jämfört med normer som bidrar till fortlöpande lärande är angeläget. Det finns god tillgång på data, analytiska verktyg för strategisk och taktisk planering som kan stödja policyutvärdering och feedback till policy. Men för närvarande upplevs det oerhört svårt att upprätta konstruktiva dialoger för landskapsplanering.

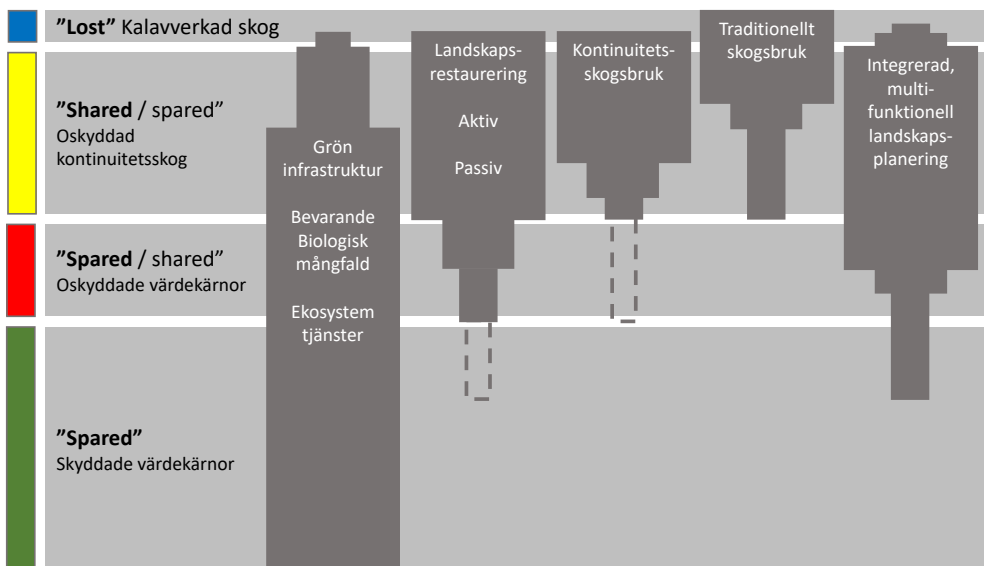
5.3.2 Presentationer och workshops

Under projektperioden har vi vid ett stort antal tillfällen medverkat i olika sammanhang med direkt koppling till projektet. Dessa har utgjort en central del av WP5. Kommunikationsinsatserna spänner från vetenskapliga konferenser via avnämarskontakter och medverkan i kurser och undervisning. Speciellt har vi presenterat och diskuterat projektets resultat och den virtuella värdekärnesinventering med representanter från länsstyrelserna, Skogsstyrelsen och olika markägarkategorier. Dessa kontakter har varit genomgående konstruktiva och klargjort behovet av en nationellt heltäckande beskrivning av skogslandskapet som är relevant för planering och policy. Vi har genom dessa kontakter också etablerat en framtida plattform för samverkan som garanterar att projektresultaten blir en del skoglig naturvårdsplanering. Ett urval av våra externa insatser presenteras i bilaga B.

6. Diskussion

Användandet av geografiska data och modellering (maskininlärning) kommer på bred front (Maxwell m fl. 2018, Lidberg m fl. 2020). Framtidens planeringsverktyg är i någon mån redan här men steget till ett bredare användande kräver kunskapsöverföring mellan forskningen och dess tillämpning. I projektet har vi tagit viktiga steg i den riktningen, och med de kontakter vi etablerat finns goda möjligheter att våra resultat stärker arbetet med att utveckla en fungerande grön infrastruktur i det svenska skogslandskapet.

Värdet av stora intakta skogslandskap är uppenbart för bevarande av biologisk mångfald, men i många regioner pågår fortfarande exploatering som innebär att deras värden är hotade (Potapov m fl. 2008; Chazdon m fl. 2017; Müller m fl. 2019; European Commission 2020). Vi har med våra studier kring den fjällnära skogen i Sverige skapat en viktig kunskapsbas som ger värdefull information för hur dessa skogar ska förvaltas för att nå uppsatta miljömål. Även om det finns ett omfattande områdesskydd i fjällskogarna så kvarstår frågan om hur de oskyddade arealerna ska hanteras och vilken roll skogen och skogslandskapet kan ha för regional utveckling och inte minst rennäringen i det fjällnära området. Detta ansluter till diskussioner som även finns i många andra länder kring hur olika värdekedjor kan integreras i landskapsplanering (se till exempel Sayer 2009; Naumov m fl. 2018). Vi förordar en kombination av åtgärder som tar hänsyn till de olika aktörer och intressen som ska samordnas (Fig. 15; Jonsson m fl. 2019; Svensson m fl. 2020a; Svensson m fl. 2022).



Figur 15. Figuren visar olika ansatser för grön infrastruktur, landskapsrestaurering, kontinuitets-skogsbruk, traditionellt skogsbruk och integrerad multifunktionell landskapsplanering med utgångspunkt från de kategorier av skog som finns i det fjällnära skogslandskapet. Den vertikala höjden av de ljusgrå banden motsvarar den ungefärliga fördelningen av skogskategorierna och den horisontella bredden av de mörkgrå boxarna den relativa betydelsen av de olika ansatserna. (Från #3, Svensson m fl. 2022). Motsvarande uppdelning kan självfallet även göras för andra svenska skogsregioner.

I ett nationellt perspektiv utgör fjällskogen ett undantag med stora områden med höga naturvärden och med en i huvudsak fungerande grön infrastruktur. För resten av det svenska skogslandskapet är situationen radikalt annorlunda (Angelstam m fl. 2020). Minskningen av kvarvarande skogar med höga naturvärden är omfattande, och befintliga skyddade arealer når på grund av otillräcklig kvalitet och fragmentering i dagsläget inte upp till nivåer som säkerställer livskraftiga populationer. Resiliens för klimatanpassning och minskad negativ klimatpåverkan är ännu svårare att uppnå. Gynnsam bevarandestatus är en hörnsten i EU:s art- och habitatdirektiv och kraven från EU att skydda kvarvarande naturskogar är tydligt och med sannolikt högre ambitioner i framtiden. Att nå målen kräver dock prioriteringar – att göra rätt på rätt plats. I projektet har vi genom att skapa en nationell modell (Bubnicki m fl. #6) över var skogar med höga naturvärden sannolikt förekommer bidragit med ett verktyg för rumslig planering av framtida skyddade områden och restaurering av habitat och landskap. Att identifiera naturvårdslandskap, värdestrakter, med en koncentration av livsmiljöer är centralt för effektiv naturvård (Hanski 2011; Nordén m fl. 2014). Vår modell ger en god regional överblick av var landskap med stor potential för fungerande habitatnätverk finns (hotspots), men identifierar också landskap (coldspots) där förutsättningarna är dåliga. Precisionen i modellen är god, men utgör endast ett första steg för övergripande planering, och som måste kompletteras med god kännedom om de faktiska naturvärdena i enskilda skogsbestånd, och fora för samverkan mellan aktörer och intressenter.

Vidare utgör modellen en viktig startpunkt för fördjupade analyser kring mer specifika skogstyper. Vi har här tagit ett första steg genom att analysera den funktionella konnektiviteten för ett antal virtuella arter (ekologiska profiler) i olika skogstyper och med olika arealkrav och spridningsförmåga. Dessa har sedan validerats mot förekomst av faktiska arter (Bubnicki m fl., #8). I och med detta har vi bidragit till den forskning som försöker att gå från att beskriva strukturell konnektivitet till att analysera vad som krävs för att uppnå funktionella nätverk av livsmiljöer (se till exempel Ranius & Roberge 2011, Nordén m fl. 2018).

7. Slutsatser och förslag

Våra slutsatser och förslag presenteras nedan under tre rubriker – baserat på den normativa utgångspunkten i CBDs Aichi-mål (CBD 2010) och den analys som gjorts av det kartunderlag som länen presenterat i sina GI-planer. Vi avslutar sedan med att peka på behov av framtida forskning inom området.

7.1 Aichi-målets genomförande i Sverige

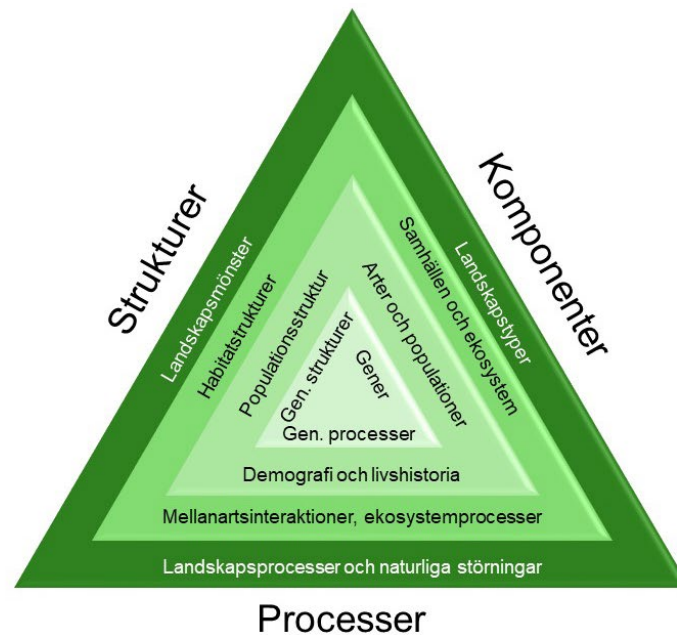
Projektet har som normativ bas utgått från konventionen för biologisk mångfalds Aichi mål #11. Även om målet har varit satt till 2020 utgör det ändå en fortsatt viktig utgångspunkt för hur biologisk mångfald kan hanteras på landskapsnivå, vilket framgår av EU:s strategier för biologisk mångfald och skog. Vi vill här, vid sidan av det kvantitativa målet, lyfta fram de evidensbaserade specificeringar som ingår i Aichi mål #11. Dessa är centrala och då målet ytterst är att bevara biologisk mångfald riskerar ett starkt fokus på rena arealer att missa avgörande kvalitativa aspekter.

7.1.1 Arealer

På nationell nivå når Sverige i medeltal inte upp till de 17 % skyddade arealer (baserat på formellt skydd och frivilliga avsättningar) som anges som det övergripande målet. Detta gäller speciellt i de regioner som domineras av produktion av industriråvara. Detta innebär, tillsammans med att forskning anger tröskelvärden på över 20% (Rodrigues & Gaston 2001; Woodley m fl. 2019), att det finns ett fortsatt stort behov av att öka de arealer som avsätts för skydd, restaurering och återskapande av skogliga livsmiljöer med höga naturvärden. Det utgör i sig både en praktiskt och politisk utmaning. Kvarvarande oskyddade skogar med höga naturvärden avverkas fortfarande och det tidsmässiga handlingsutrymmet är begränsat innan de sista naturskogsresterna omförs till odlingsystem (Skogsstyrelsen 2022). I praktiken är detta en resursfråga. Medel till inventeringar och därtill kopplad prioritering måste tillföras, samt ersättningsfrågan till markägare måste lösas. Politiskt har skogsdebatten tyvärr utvecklats till en ekokammare där evidens-baserad kunskap har fått mindre och mindre betydelse (Sténs & Mårald 2020, Angelstam 2022, Hertog m fl. 2022, Röstlund 2022).

7.1.2 Viktiga för biologisk mångfald

Begreppet biologisk mångfald är trots dess breda användning en utmaning att i praktiken definiera och värdera. En viktig praktisk utgångspunkt är dock att se den från tre dimensioner – arter, strukturer och processer (Brumelis m fl. 2011, Jonsson 2021, Fig. 16). Förekomsten av arter som kräver skogar med höga naturvärden är självklart en central utgångspunkt. Här finns en lång historik och kunskapsbas att bygga på. Den nationella rödlistan identifierar hotade arter och genom både formella inventeringar och den stora mängd data som årligen samlas in av allmänheten i Artportalen bidrar till identifiering av värdefulla områden. Samtidigt utgör förekomsten av arter i sig inte en garanti för att ett område långsiktigt kan upprätthålla livskraftiga populationer av dessa arter. Därför är även förekomsten av viktiga strukturer som död ved och gamla träd avgörande för den biologiska mångfalden. Slutligen är mångfalden också knuten till de naturliga processer som reglerar abiotiska förhållanden och skapar naturliga successioner.



Figur 16. En hierarkisk uppdelning av den biologiska mångfalden i tre olika aspekter – komponenter, strukturer och processer vilka tillsammans representerar mångfaldens olika dimensioner och där det är möjligt att med naturvetenskapliga metoder beskriva och kvantifiera mångfalden (Från Jonsson 2021, baserat på Noss 1990).

7.1.3 Ekologiskt representativa

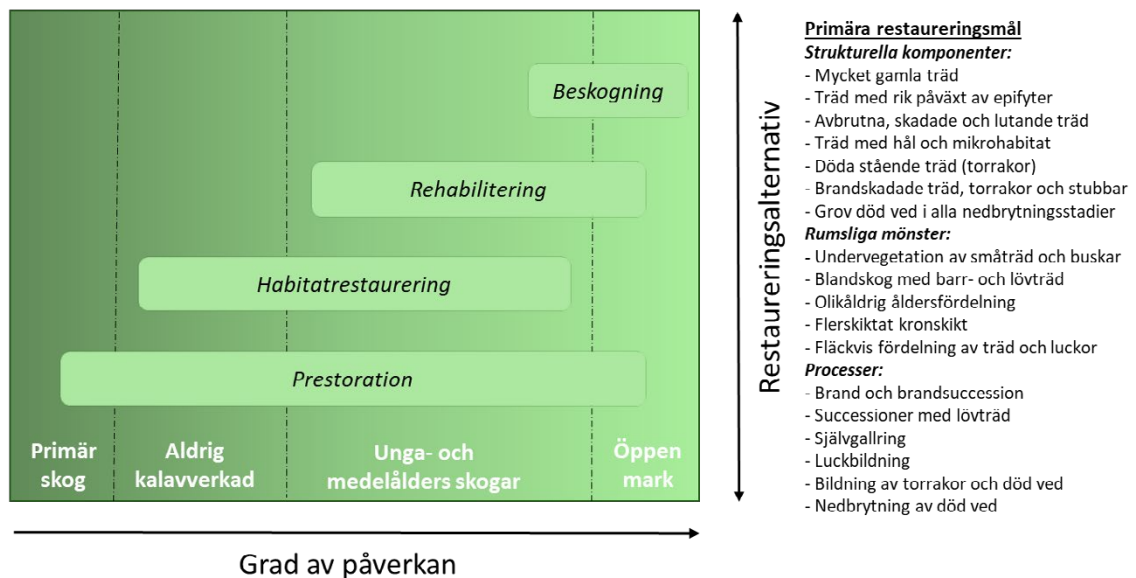
Som vi belyst i projektet är det intakta skogslandskapet i den fjällnära regionen unikt ur ett nationellt och europeiskt perspektiv. Samtidigt utgör den endast en begränsad del av det svenska skogslandskapet. Sverige är ett avlångt land och med en mångfald av skogstyper och med stora regionala skillnader. I dagsläget är områdesskyddet mycket ojämnt fördelat (Fig. 12). Denna brist på representativitet innebär i praktiken att vi för många skogstyper och regioner ligger långt ifrån målnivån på 17 %.

7.1.4 Fungerande nätverk av representativa skogsmiljöer

En central fråga i projektet har varit i vilken mån skogar med höga naturvärden förekommer i fungerande nätverk. Vi pekar på allvarliga brister i den gröna infrastrukturen och att landskapsperspektivet måste lyftas tydligare i naturvårdsplaneringen, både i form av planering inom större områden och i form av gemensamma insatser av många aktörer i arbetet med grön infrastruktur. Det arbete som genomförs på länsnivå med grön infrastruktur behöver stärkas. Först när information om enskilda bestånds naturvärden och deras rumsliga placering finns tillgänglig, och planerare har tillgång till sådan kunskap och har mandat att agera, kan en strategisk planering och prioritering genomföras. Den typ av heltäckande geografiska underlag som vi utvecklat utgör här ett viktigt steg mot att etablera fungerande nätverk av representativa skogsmiljöer.

7.1.5 Effektivt och ändamålsenligt sköta

Av tradition har skyddade skogar i huvudsak avsatts för fri utveckling. Även om detta är ett relevant skötselalternativ finns det goda argument för att aktivt stärka befintliga naturvärden med restaureringsåtgärder. I princip all skog i Sverige har en historik av avverkningar, även i dagens skyddade skogar. Dessutom har den effektiva brandbekämpningen avlägsnat den historiskt viktigaste naturliga störningen. Som en effekt dominerar idag täta granskogar medan brandpräglad tallskog och lövdominerade skogar är underrepresenterade. Samtidigt är mängden död ved liten i jämförelse med naturliga nivåer; detta gäller även skyddade områden (Jonsson m fl. 2016). Med naturvårdsinriktad skötsel kan delar av detta åtgärdas genom aktiv restaurering (Fig. 17). Restaurering kan också ske i skogar med lägre befintliga naturvärden och därmed bidra till att stärka den gröna infrastrukturen. Dagens naturvårdsskötsel bör också ta hänsyn till den pågående klimatförändringen och riktas mot tillstånd som är relevanta i ett varmare klimat och med förändrad nederbörd. Begreppet ”prestation” fångar detta (Mansourian 2018) och där insatser riktas mot kommande klimatförhållanden.



Figur 17. Ett generaliserat landskap som består av fyra kategorier av skogar med olika grad av påverkan: 1) primärskog utan eller med mycket begränsad påverkan; 2) skogar som inte har kalavverkats; 3) unga och medelåldriga skogar som förnygrats efter kalavverkning; 4) öppen mark som skulle kunna beskogas genom naturlig förnygring eller plantering. Den relativa arean av varje kategori representerar grovt fördelning i det svenska skogslandskapet. I figuren anges relevanta typer av restaurering som sammantaget representerar möjligheter till planering på landskapsnivå. Listan inkluderar faktorer som är identifierade som viktig för biologisk mångfald i svenska skogar (efter Essees et al. 1997) och är därmed mål för restaureringsinsatser.

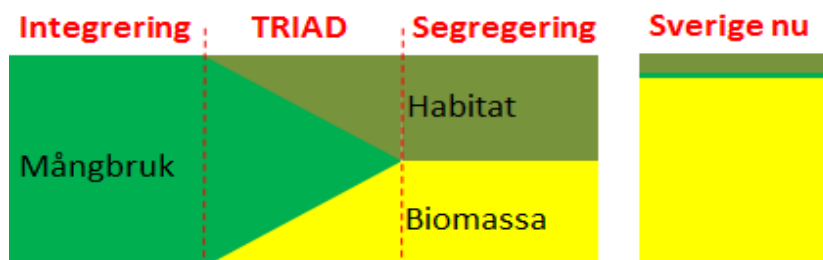
7.1.6 Rättvisa

Mångfaldskonventionens mål #11 betonar också rättviseaspekter. I ett svenskt perspektiv anknyter det till den pågående diskussionen kring äganderätt, regional utveckling, tillgång till skog för turism och friluftsliv samt inte minst rennäringens behov. Det fjällnära skogslandskapet finns inom Sápmi, det nordeuropeiska urfolkets landområde. Till status som urfolk hör rättigheter kopplade till markanvändning och då specifikt till sådana områden som är avgörande för att kunna bedriva renskötsel. På så vis kopplar rättviseaspekten till behovet av mångbruk i skogslandskapet och pekar på ett behov av en starkare samverkan mellan skogslandskapets alla aktörer och där lärande genom samverkan är centralt. Arbetet med grön infrastruktur har haft sådana komponenter och ambitioner. Samtidigt visar vår analys av länens arbete med att ta fram GI-planer på att detta varit en svår utmaning. Här måste nya initiativ tas och inte minst utifrån den politik som poängterar frivillighet kring framtida områdeskydd. En nära dialog mellan markägare, myndigheter och andra intressenter måste etableras och där ett evidensbaserat underlag kring befintliga naturvärden finns tillgängligt. Petra Landströms examensarbete (#15) byggde på en rad intervjuer med privata markägare i Sorsele kommun och visar tydligt på behovet av dialog och delaktighet i besluten kring bildandet av skyddade områden och där en större flexibilitet kring skyddsformer skulle kunna lösa konflikter.

7.1.7 Integrerade i landskapet

De skyddade områdena finns inte isolerade från det omgivande landskapet. Oavsett framtida nivåer på områdesskyddet kommer reservaten och de frivilliga avsättningarna att vara en mindre andel av skogslandskapet. Det långsiktiga värdet av skyddade områden påverkas av det omgivande landskapet där skogsbruksformer, nivå på generell hänsyn och produktionsmål samverkar och med påverkan på grön infrastruktur. Dagens skogliga målklasssystem innebär en inlåsning i två huvudkategorier, produktionsmål och naturvårdsmål, där litet utrymme finns för kombinerade mål och mångbruk. Som resultat har vi en segregering av skogslandskapet och där integrering av olika mål är svåra att utveckla. Att bryta upp denna inlåsning har potential för att skapa ett mer mångformigt skogslandskap. I sammanhanget finns triad-begreppet som tillför mångbruksmål som en del av den skogliga planeringen (Fig. 18).

Kombinera metoder i landskap på olika sätt



Figur 18. Skogsbruk kan i olika mån ske över en gradient mellan integrering av olika mål till en strikt segregering av ett fåtal. Figuren illustrerar relationen mellan dessa perspektiv och där triad utgör en situation där tre olika målklasser utgör en framtida möjlighet och med en jämförelse hur dessa idag är fördelade i det svenska skogslandskapet.

7.2 Vidareutveckling av länens GI-planer baserat på genomförd kartanalys

För den översyn av länens GI-planer som har genomförts lämnar vi några rekommendationer inför det fortsatta arbetet:

- Kartmaterialet ger ett bra underlag av nuläget för grön infrastruktur, vilket är en viktig grund för det fortsatta arbetet. Handlingsplanerna tillsammans med kartorna ger en bra uppfattning om de biogeografiska skillnaderna och de skilda förutsättningarna för att planera och implementera en fungerande grön infrastruktur. Handlingsplanernas ambition och upplägg är dock inte homogent, vilket försvårar landsdels- eller nationella ansatser. Digital publicering i geoportalen är ett sätt att skapa en högre grad av homogenitet och det är viktigt att alla län bidrar med värdeetrakter som är framtagna på ett liknande sätt, där informationen sedan kan fördjupas ytterligare. Väl genomarbetade kartor som geografiskt beskriver och visar planer för att skapa en fungerande grön infrastruktur, är viktiga för det fortsatta arbetet.
- Det bör göras större ansträngningar att kartlägga grön infrastruktur i dess naturliga biogeografiska sammanhang snarare än inom länsgränser. Det finns ett stort behov av publicering både i rapportform och digitalt. En tydligare länsövergripande strategi med stöd av flera centrala sektorsmyndigheter som arbetar med grön infrastruktur, kan bli ett stöd för de län som har haft problem att förankra grön infrastrukturarbetet i naturresurssektorerna.
- Den tidsmässiga dimensionen saknas eller förekommer bara enstaka i handlingsplanerna. Både ett historiskt perspektiv – var viktiga habitat och värdekärnor har funnits tidigare – och framtida målbilder eller prognoser, saknas i stor utsträckning. Detta bör prioriteras i det fortsatta arbetet, liksom hur olika markanvändningsintressen kan sammanvägas och hur framtida utvecklingsmöjligheter och konflikter kan visualiseras. Det behövs mer information om hur olika negativa påverkanfaktorer på grön infrastruktur, speciellt avseende påverkan på spridningsvägar, spridningszoner och värdenätverk. Det kan handla om skogsbruksintensitet, skogsbilvägar, igenväxning av gräsmarker m.fl. Effekter av klimatförändringar tas upp mycket sporadiskt, trots att detta är ytterst angeläget.
- Det finns få karteringar som beskriver hela grön infrastrukturens sammanhang, från ett tydligt definierat värdeelement till det värdenätverk som behövs för att säkerställa bevarandemöjligheterna i landskap som påverkas av klimatförändringar och markanvändning.
- Att förstärka arealerna formellt skydd är en central del i grön infrastrukturarbetet. Det finns få kartor eller modeller som tydligt beskriver hur detta kan göras och hur anpassningar i markanvändning kan ske som ett komplement för att stärka biologisk mångfald och ekosystemtjänster, synnerhet när det handlar om värdeelement. Ytterst handlar detta om ekologisk representativitet, funktionell konnektivitet och skydd av natur i kombination med naturvårdsanpassad skötsel i det vidare landskapet, i enlighet med Aichi mål #11.
- Det finns några få karteringar som innehåller information om specifika livsmiljökrav och landskapskrav. Aktuell och relevant kunskap om arters krav behöver sammanställas och tillgängliggöras, tillsammans med användarvänliga metoder för att modellera förutsättningar för representativ och funktionell grön infrastruktur

i tid och rum baserat på områdesskydd, restaurering så väl som på större hänsyn i pågående markanvändning. Precision och noggrannhet behöver förbättras. Det är få arter och få habitattyper som redovisas. En nationell och regional översyn av handlingsplanernas nuvarande ”träffbild” i förhållande till, t.ex. Natura 2000 arter och habitat, bör kunna vara vägledande för kommande steg i grön infrastrukturarbete för förbättrad precision och noggrannhet.

- Skog och skogsmark dominerar, vilket är rimligt då den utgör en stor majoritet av Sveriges landareal. I det fortsatta arbetet finns dock behov av att fokusera även på andra marktäcketyper och inte minst på övergångszoner. Vad gäller övergångszoner mellan olika marktäcketyper, inklusive mellan land- och vattenmiljöer, kan en särskild insats behöva göras.
- Avslutningsvis menar vi att arbetet med grön infrastruktur bättre behöver integreras med annat planarbete och strategiskt arbete, t.ex. med de regionala skogsstrategierna, för ett bättre helhetsperspektiv på hela skogslandskap och hela landskap.

7.3 Framtida forskningsutmaningar

Det finns självfallet alltid ett behov av fördjupad ekologisk kunskap om arter, strukturer och processer i skogslandskapet. Detta utgör grunden för att ta rätt beslut om vad som behövs och vad som är effektivt när det gäller att nå nationella miljömål, uppfylla kraven från EU om gynnsam bevarandestatus och för Sverige att leva upp till våra internationella åtagande inom ramen för konventionen om biologisk mångfald.

Vi understryker dock att det finns en gedigen kunskapsbas, evidens, att bygga arbetet för att bevara biologisk mångfald på, och det är snarast implementeringen av befintlig kunskap som utgör hindret för en effektiv skoglig naturvård. Ytterst kräver restaurering och ökat områdesskydd att markägare kan få ersättning för att (1) genomföra åtgärder, (2) kompenseras för minskade traditionella intäkter av skogs- och jordbruk, och att (3) få intäkter inom ramen för nya värdekedjor, som till exempel produktion av ekosystemtjänster kopplade till ekosystemfunktioner som bidrar till bevarande av biologisk mångfald, klimatanpassning och minskad negativ klimatpåverkan. Vi ser därför ett stort behov av forskning kring styrmedel och förvaltning – vilka förändringar i dagens policyinstrument behövs för att säkerställa att landskapsperspektivet fullt ut ska integreras i framtida naturvård.

Ett talande exempel är den fördjupade utvärderingen av miljömålet ”Levande skogar” som Skogsstyrelsen presenterade i september 2022 (Skogsstyrelsen 2022). Här konstateras att miljömålet med befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder sannolikt inte kommer att nås till 2030;

Idag saknas dock tillräckliga styrmedel för att kunna säkerställa en bevarad biologisk mångfald i skogen och vidmakthålla skogens alla ekosystemtjänster över tid.

Utvärderingen anger åtta förslag på åtgärder som behöver genomföras och som också utgör viktiga utgångspunkter för framtida forskning.

7.3.1 Forskning och mål

Att realisera Sveriges och EU:s riktlinjer om klimat och biologisk mångfald kräver ett landskapsperspektiv och en fungerande grön infrastruktur. Detta innebär behov av skyddad natur, skötsel och restaurering av ekosystem. EU:s biodiversitetsstrategi anger att 30 % av landarealen ska skyddas till 2030 vilket är en hög ambitionsnivå och med svåra avvägningar mellan olika markintressen. Det finns i dagsläget knappast tillräckliga skogsarealer med befintliga höga naturvärden för att nå detta mål, oavsett politisk vilja, vilket lyfter vikten av restaurering. På EU-nivå finns också en insikt om detta och illustreras av förslaget 2022 om lagstiftning för restaurering av natur som ett nytt politikområde inom EU.

Artbevarande är ett tydligt exempel eftersom livskraftiga stammar kräver tillräckliga mängder av livsmiljöer med tillräcklig kvalitet och som bildar fungerande nätverk, dvs. grön infrastruktur. Jämfört med arter och deras livsmiljöer är dock funktioner i ekosystem en ”bortglömd” aspekt av biologisk mångfald, och av avgörande betydelse för att lyckas med klimatanpassning och minskad negativ klimatpåverkan. Detta understryker vikten av lärande och legitimitet för en landskapsansats som omfattar (1) dels samverkan mellan aktörer i olika sektorer och på olika beslutsnivåer, och (2) hierarkisk rumslig planering med strategiska (vilka bygder/landskap?), taktiska (var i dessa landskap?) och operativa steg (vilka konkreta åtgärder?).

Tydliga riktlinjer och god tillgång på ekologiska kunskaper kombinerat med geografiska rumsliga data, avancerade analysverktyg och den höga angelägenhetsgraden måste kompletteras med policyinstrument som gör att ägare av natur kan få ersättning för omställning för en bred palett av ekosystemtjänster. Dessutom krävs lärandeprocesser så att analyser kan kommuniceras och presenteras lättfattligt för olika aktörer och intressenter. Tillgängligheten på data om indikatorer som kan användas för att uppskatta förutsättningar för operativa åtgärder är god i Sverige. Effektiva analytiska verktyg som GIS och integrering av många olika variabler finns också i stor mängd. Den nödvändiga förmedlingen av existerande data och kunskapsunderlag, via experter som har både sakkunskaper och behärskar verktyg för analyser, till planerare och utförare av naturrestaurering, är dock bristfällig.

7.3.2 Tvärvetenskap

Utmaningen att utveckla kunskap och översätta den till handlingar i skogslandskap som socio-ekologiska system, och som stödjer människors välbefinnande och välfärd, bevarar biologisk mångfald, och anpassas till klimatförändringar, är enorm. Att dokumentera hinder och utveckla lösningar är därför nödvändigt. Detta berör många olika steg från utveckling av policyinstrument, genomförande och utvärdering så att (1) ”mer av allt” i termer av många olika ekosystemtjänster, och (2) ”multifunktionella landskap”, kan levereras. Detta omfattar flera utmaningar som kräver produktion av ny kunskap med en tvärvetenskaplig utgångspunkt.

7.3.3 Multifunktionella landskap och nya målklasser

Att kombinera skydd, skötsel och restaurering för multifunktionella landskap kräver kombination av flera metoder. TRIAD är en term för att göra olika i olika delar av landskapet, på ett sätt som speglar möjligheter i socioekologiska system. I landskap som sköts enligt detta koncept utgör skyddade områden och intensiva skogsskötselsystem en del av landskapet, medan resten upptas av integrerande,

naturnära eller ekologiska skogsskötselsystem. En avgörande faktor är att bryta tudelningen av skogslandskapet mellan produktions- och naturvårdsmål då denna begränsar möjligheterna att effektivt stärka den gröna infrastrukturen. Forskning i nära samverkan med skogsbrukets aktörer behövs för utveckling av målklasser som fokuserar på mångbruk.

En mycket stor andel av skogslandskapet har sedan lång tid använts i ett syfte – att producera vedbiomassa. I nutid och framtid står det dock klart att skog förväntas leverera många olika värden, tjänster och produkter. Det finns få, om ens några, arealer skog där det bara finns en markanvändning. I en studie av 10 olika riksintressen som förekommer i skog och skogslandskap samt mark med pågående skogsbruk i norra Sverige, finns ett stort överlapp i synnerhet i nordvästra Sverige (Svensson m fl. 2020b). Om alla dessa 11 markanvändningsintressen bedrivs var för sig, så skulle norra Sveriges landyta behöva vara 2–4 gånger större. Därför behöver mångbruk, och med det multifunktionalitet, få ett stort utrymme i skogen och dess övergångszoner till andra markslag. Mångbruk behöver realiseras i de målklasser som finns för skogen, gärna i kombination med restaurering för att nå tillstånd som medger mångbruk. De målklasser som används idag på i stort sett all skogsmark är en konstruktion från slutet av förra årtusendet och i dagens och framtidens skogsbruk finns ett stort behov av mer nyanserade målklasser som kan styra mot de många olika intressen och anspråk som finns på skogsmarken.

7.3.4 Restaurering av skog och skogslandskap

Det finns idag ett stort antal initiativ som rör restaurering och som härrör från ett omfattande omställningsbehov från ensidiga produktionsmål till mångbruk men också för att säkerställa att skogen kan leverera alla de ekosystemtjänster och naturnyttor som är viktiga och nödvändiga i framtiden. Restaurering är mångfacetterat och spänner från nyodlig av skog för att t.ex. förhindra erosion, via naturvårdande skötsel och till en omställning för ett annat klimat (Mansourian 2018). Det senare betecknas ”prestoration” och är synnerligen angeläget ur ekonomiska, ekologiska och sociokulturella perspektiv. Det är viktigt att forskning om restaurering tar plats integrerat med den policyutveckling som sker inom EU och som tar sin utgångspunkt i vad som kan leda till en framtida funktionell grön infrastruktur i det hårt brukade svenska skogslandskapet.

7.3.5 Kontinuitetsskogsbruk

Kontinuitetsskogsbruk är ett samlingsbegrepp som omfattar strategisk och operativ planering och genomförande av bruk av skog inom skogsekosystemets förutsättningar och för att nå uppsatta mål. Det rymmer både ekonomiska mål, ekologiska mål och sociokulturella mål där kalhyggen normalt inte förekommer om det inte är ett mål att inom en mer begränsad yta omföra från ett trädslag till ett annat. Denna definition av kontinuitetsskogsbruk följer Mason m fl. (1999). Med hänvisning till den naturliga dynamiken i boreal skog, borde det vara möjligt att bedriva kontinuitetsskogsbruk i någon form på åtminstone 1/3 av Sveriges skogsmark (Berglund & Kuuluvainen 2021). I detta projekt har vi bland annat (Jonsson m fl. 2019; Svensson m fl. 2022) belyst möjligheterna med kontinuitetsskogsbruk i fjällnära skog för att bevara de intakta värdena och samtidigt ge markägare möjlighet att sköta och avverka i sin skog. Den enkätstudie som genomfördes i Sorsele kommun (Landström #15) visar också att många privata markägare är positiva till kontinuitetsskogsbruk och att de utökade krav på kunskap som krävs i jämförelse med kalhyggesbruk (cf. Schütz 2009) inte är ett hinder.

7.3.6 Konnektivitetsskogar

En fungerande grön infrastruktur förutsätter insatser även i skog utanför skyddade områden. Det saknas i stora delar av landet tillräckliga arealer av representativa, ekologisk funktionella skogshabitat och därmed finns ett stort behov av anpassad skötsel som på sikt kan stärka konnektiviteten. Konnektivitetsskogar är inte en definierad och avgränsad term och det finns ett behov av att både konceptuellt och operativt vidareutveckla ansatser för sådana skogar som med aktiv eller passiv restaurering kan bidra till funktionella nätverk på landskapsnivå. Forskning kring skogar med intermediära sannolikheter för höga naturvärden utgör en viktig startpunkt och hur rumslig planering via vår modell (Bubnicki m fl. #6) kan stödja etablerandet av funktionella nätverk. I framtiden kan dessa områden med intermediär sannolikhet också utgöra områden lämpliga för formellt skydd i någon form och därmed också bidra till att uppfylla arealmål.

7.3.7 Lärande och planeringsprocesser

Den goda tillgången på geografiska rumsliga data, avancerade analysverktyg och nya forskningsrön måste kompletteras av lärandeprocesser så att analyser kan kommuniceras och presenteras lättfattligt. En av många anledningar är att utbildningar inom GIS fokuserar på analystekniker mer än sakkunskaper kring deras tillämpade användning (Andersson m fl. 2022). En annan utmaning är bristande kunskaper om möjliga rumsliga analyser hos beställare av sådana. Detta innebär en generell svårighet för beslutsfattare att hantera komplexa frågor som berör flera sektorer, intressen och aktörer på landskapsnivå. Det är därför angeläget att stärka samverkan mellan ekologer, GIS-specialister och praktiker.

7.3.8 "Citizen science"

Det man kan något om bryr man sig mer om. Som ett komplement till att utveckla databaser som den heltäckande rankning avseende naturvärden som vårt projekt producerat, måste sådana kunskaper spridas vitt. Ett sätt är citizen science som engagerar medborgare att bedöma naturvärden i fält. En app kopplad till Lantmäteriets kartapp "Min karta", och en svit enkla indikatorer för naturvärdesbedömning och "bioblitz" är ett exempel. Även om detta inte är traditionell forskning så kan citizen science ge omfattande kunskap för naturvården och också bidra med dataunderlag till forskningen.

7.3.9 Att hantera kunskapsmotstånd

Som en slutlig reflektion, som går utanför vårt specifika forskningsområde, ser vi ett växande behov av forskning kring hur kunskap och faktas hanteras i beslutsfattande och samhället i stort. Det finns tydliga tendenser till att kunskapsmotståndet ökar i samhället. Samtiden är fylld av desinformationskampanjer, och forskare och tjänstepersoner anses ibland vara drivna av egna agendor, istället för att styras av evidensbaserad kunskap. Kunniga forskningskommunikatörer och journalister som bidrar till kunskap och ökat intresse hos olika samhällsaktörer är därmed utomordentligt viktigt för att hantera utmaningar som pandemi, klimatanpassning och vårt fotavtryck på naturen, och som samtidigt motverkar spridning av falska nyheter, pseudovetenskap och konspirationsteorier.

8. Tack

Vi riktar ett stort tack till granskarna av rapporten – Maria Hällfors och Ola Inghe och de som medverkade vid granskningsmötet med Naturvårdsverket. Vi är också tacksamma för det stöd och den koordinering som de ansvariga på Naturvårdsverket i forskningssatsningen ”Indikatorer för biologisk mångfald på landskapsnivå” har gett och med ett speciellt tack till Hannah Östergård Roswall. Våra systemprojekt inom forskningssatsningen har varit en inspirationskälla och vi riktar ett tack till dessa. En lång rad intressenter från myndigheter, markägare och ideell naturvård har bidragit under projektets gång och säkerställt att projektet också landat i viktiga tillämpade frågor. Vi tackar också många forskarkollegor för inspel och värdefulla kommentarer under projektets gång.

9. Källförteckning

Ahlcrona E., Giljam C. & Wennberg, S. 2017. Kartering av kontinuitetsskog i boreal region. Metria AB på uppdrag av naturvårdsverket.

Andersson, K., Angelstam, P., Elbakidze, M., Axelsson, R. & Degerman, E. 2013. Green infrastructures and intensive forestry: Need and opportunity for spatial planning in a Swedish rural–urban gradient. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28, 143–165.

Andersson, K., Angelstam, P., Brandt, A., Axelsson, R. & Bax, G. 2022. Limited GIS skills hamper spatial planning for green infrastructures in Sweden. *Geografiska Notiser* 80, 16-35.

Angelstam, P. & Andersson, L. 2001. Estimates of the needs for forest reserves in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16, 38–51.

Angelstam, P., Barnes, G., Elbakidze, M., Marsh, A., Marais, C., Mills, A., Polonsky, S., Richardson, D.M, Rivers, N., Shackleton, R. & Stafford, W. 2017. Collaborative learning to unlock investments for functional ecological infrastructure: Bridging barriers in social-ecological systems in South Africa. *Ecosystem Services* 27, 291–304.

Angelstam, P., Manton, M., Green, M., Jonsson, B.G., Mikusinski, G., Svensson, J. & Sabatini, F. 2020. Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: a call for adaptive landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 202, 103838

Angelstam, P. & Manton, M. 2021. Effects of forestry intensification and conservation on green infrastructures: A spatio-temporal evaluation in Sweden. *Land* 10, 531.

Angelstam, P. 2022. Hållbart nyttjande av skogen. Visioner för de svenska skogslandskapen. Rapport Skog 3, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.

Anon. 2017. Skogliga värdekärnor i Sverige – sammanfattande beskrivning av dataurval och nuläge 2015–2016. Bilaga 2a till Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens redovisning av regeringsuppdrag om Värdefulla skogar, 2017-01-30.

Berglund, H. & Kuuluvainen, T. 2021. Representative boreal forest habitats in northern Europe, and a revised model for ecosystem management and biodiversity conservation. *Ambio* 50, 1003-1017

Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45, 5–32.

Brumelis, G., Jonsson, B.G., Kouki, J., Kuuluvainen, T. & Shorohova, E. 2011. Forest naturalness in northern Europe: perspectives on processes, structures and species diversity. *Silva Fennica*, 45, 807-821.

CBD. 2010. Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the Aichi targets. Convention on Biological Diversity, Montreal.

Chazdon RL, Brancalion PHS, Lamb D., Laestadius, L., Calmon, M. & Kumar, C. 2017. A policy-driven knowledge agenda for global forest and landscape restoration. *Conservation Letters* 10, 125-132.

- Donaldson, L.; Wilson, R.J. & Maclean, I.M.D. 2016. Old concepts, new challenges: adapting landscape-scale conservation to the twenty-first century. *Biodiversity and Conservation* 26, 527-552.
- Eggers, J., Raty, M., Öhman, K. & Snäll, T. 2021. How Well Do Stakeholder-Defined Forest Management Scenarios Balance Economic and Ecological Forest Values? *Forests* 11, 86.
- Eggers, J., Lundström, J., Snäll, T. & Öhman, K. 2022. Balancing wood production and biodiversity in intensively managed boreal forest. *Scandinavian Journal of Forest Research* 37, 213-225.
- Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. 1997. Boreal forests. *Ecological Bulletins* 46, 16-47.
- European Commission 2013. Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels.
- European Commission 2020. EU biodiversity strategy for 2030 – Bringing nature back into our lives. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommarddey, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. & Townshend, J.R.G. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342, 850–853.
- Hanski I. 2011. Habitat loss, the dynamics of biodiversity, and a perspective on conservation. *Ambio* 40, 248-255.
- Hertog, I.S., Brogaard, S. & Krause, T. 2022. Barriers to expanding continuous cover forestry in Sweden for delivering multiple ecosystem services. *Ecosystem Services* 53, 101392.
- Jonsson, B.G., Ekström, M., Esseen, P.-A., Grafström, A., Ståhl, G. & Westerlund, B. 2016. Dead wood availability in managed Swedish forests – Policy outcomes and implications for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 376, 174-182.
- Jonsson B.G., Svensson J., Mikusiński, Manton M. & Angelstam P. 2019. European Union's Last Intact forest landscapes are at a value-chain crossroad between multiple use and intensified wood production. *Forests* 10, 564.
- Jonsson, B.G. 2021. Vad är biologisk mångfald? I Tunón, H. & Sandell, K. (red.) *Biologisk mångfald, naturnyttor, ekosystemtjänster. Svenska perspektiv på livsviktiga framtidsfrågor*. CBM:s skriftserie 121.
- Kouki, J., Hyvärinen, E., Lappalainen, H., Martikainen, P. & Similä, M. 2012. Landscape context affects the success of habitat restoration: large-scale colonization patterns of saproxylic and fire-associated species in boreal forests. *Diversity and Distributions* 18, 348-355.

- Kouki, J. & Väänänen, A. 2000. Impoverishment of resident old-growth forest bird assemblages along an isolation gradient of protected areas in eastern Finland. *Ornis Fennica* 77, 145-154.
- Kuuluvainen, T., Hofgaard, A., Aakala, T. & Jonsson, B.G. 2017. North Fennoscandian mountain forests: History, composition, disturbance dynamics and the unpredictable future. *Forest Ecology and Management* 385, 140-149.
- Li, X., Zhou, Y., Zhao, M. & Zhao, X. 2020. A harmonized global nighttime light dataset 1992-2018. *Scientific Data* 7, 168.
- Lidberg, W., Nilsson, M., & Ågren, A. 2020. Using machine learning to generate high-resolution wet area maps for planning forest management: A study in a boreal forest landscape. *Ambio* 49, 475-486.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press
- Mansourian S. 2018. In the eye of the beholder: Reconciling interpretations of forest landscape restoration. *Land Degradation and Development* 29, 2888-2898.
- Mason, B., Kerr, G. & Simpson, J. 1999. What is continuous cover forestry? UK Forestry Commission FCIN29, Forestry Commission archive.
- Maxwell, A.E., Warner, T.A. & Fang, F. 2018. Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International Journal of Remote Sensing* 39, 2784–2817
- Metria. 2017. Skogliga värdekärnor i Sverige – sammanfattande beskrivning av dataurval och nuläge 2015–2016. Bilaga 2a till Naturvårdsverkets och Skogsstyrelsens redovisning av regeringsuppdrag om Värdefulla skogar. 2017-01-30.
- Metria 2019. Nationella marktäckedata 2018 bassikt – produktbeskrivning. Metria.
- Mikusiński, G. & Edenius, L. 2006. Assessment of spatial functionality of old forest in Sweden as habitat for virtual species. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21 (Suppl. 7), 73-83.
- Mikusiński, G., Orlikowska, E.H., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G. & Svensson, J. 2021. Strengthening the network of high conservation value forests in boreal landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8, 595730.
- Moor, H., Eggers, J., Fabritius, H., Forsell, N., Henckel, L., Bradter, U., Mazziotta, A., Nordén, J. & Snäll, T. 2022. Rebuilding green infrastructure in boreal production forest given future global wood demand. *Journal of Applied Ecology* 59, 1659-1669.
- Müller, J., Noss, R. F., Thorn, S., Bäessler, C., Leverkus, A. B., & Lindenmayer, D. 2019. Increasing disturbance demands new policies to conserve intact forest. *Conservation Letters* 12, 12449.
- Naturvårdsverket 2015. Riktlinjer för regionala handlingsplaner för grön infrastruktur. Ingår i redovisning av ett Regeringsuppdrag (M2014/1948/Nm), 2015-09-24.
- Naturvårdsverket 2017. Viktiga begrepp i arbetet med grön infrastruktur. Vägledning 2017-02-16.
- Naturvårdsverket 2019. Nationella marktäckedata 2018 bassikt. Naturvårdsverket, Stockholm.

- Naumov, V., Manton, M., Elbakidze, M., Rendenieks, Z., Priedniek, J., Uglyanets, S., Yamelynets, T., Zhivotov, A. & Angelstam, P. 2018. How to reconcile wood production and biodiversity conservation? The Pan-European boreal forest history gradient as an “experiment”. *Journal of Environmental Management* 218, 1–13.
- Nilsson, C. & Götmark, F. 1992. Protected areas in Sweden – is natural variety adequately represented? *Conservation Biology* 6, 232-242.
- Nordén, B.; Dahlberg, A.; Brandrud, T.E.; Fritz, O.; Ejrnaes, R. & Ovaskainen, O. 2014. Effects of ecological continuity on species richness and composition in forests and woodlands: A review. *Ecoscience* 21, 34-45.
- Nordén J, Åström J, Josefsson T, Blumentrath S, Ovaskainen O, Sverdrup-Thygeson A & Nordén B. 2018. At which spatial and temporal scales can fungi indicate habitat connectivity? *Ecological Indicators* 91, 138– 148.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4, 355–364.
- Potapov, P., Yaroshenko, A., Turubanova, S., Dubinin, M., Laestadius, L., Thies, C., Aksenov, D., Egorov, A., Yesipova, Y., Glushkov, I., Karpachevskiy, M., Kostikova, A., Manisha, A., Tsybikova, E. & Zhuravleva, I. 2008. Mapping the World's Intact Forest Landscapes by Remote Sensing. *Ecology and Society* 13, 51.
- Potapov, P., Hansen, M. C., Laestadius, L., Turubanova, S., Yaroshenko, A., Thies, C. & Esipova, E. 2017. The last frontiers of wilderness: Tracking loss of intact forest landscapes from 2000 to 2013. *Science Advances* 3, 1–13.
- Ranius, T. & Roberge, J-M. 2011. Effects of intensified forestry on the landscape-scale extinction risk of dead wood dependent species. *Biodiversity and Conservation* 20, 2867– 2882.
- Regeringen. 2013/14. En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster. *Proposition 141*. Regeringskansliet, Stockholm.
- Rodrigues, A.S.L. & Gaston, K.J. 2001. How large do reserve networks need to be? *Ecology Letters* 4, 602-609.
- Rybicki, J. & Hanski, I. 2013. Species–area relationships and extinctions caused by habitat loss and fragmentation. *Ecology Letters* 16, 27-38.
- Röstlund, L. 2022. Skogslandet. Forum.
- Sayer, J. 2009. Reconciling conservation and development: Are landscapes the answer? *Biotropica* 41, 649–652.
- Schütz, J.-P. 2009. The continuous cover forests: a pleasant forestry daydream or a concept for the future? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 160, 132-136.
- Siitonen, J. & Martikainen, P. 1994. Occurrence of rare and threatened insects living on decaying *Populus tremula*: A comparison between Finnish and Russian. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9, 185-191.
- Skogsstyrelsen 2022. Levande skogar. Fördjupad utvärdering 2023. Rapport 2022-12.
- Sténs, A. & Mårald, E. 2020. Forest property rights under attack: Actors, networks and claims about forest ownership in the Swedish press 2014-2017. *Forest Policy and Economics* 111, 102038.

Svensson, J., Andersson, J., Sandström P., Mikusiński G. & Jonsson B.G. 2018. Landscape trajectory of natural boreal forest loss as an impediment to green infrastructure. *Conservation Biology* 33, 152-163.

Svensson, J., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G., Andersson, J. & Mikusiński, G. 2020a. Conservation significance of intact forest landscapes in the Scandinavian Mountains Green Belt. *Landscape Ecology* 35, 2113-2131

Svensson, J., Neumann, W., Bjärstig, T., Zachrisson, A. & Thellbro, C. 2020b. Landscape approaches to sustainability – aspects of conflict, integration and synergy in national public land-use interests. *Sustainability* 12, 5113.

Svensson, J., Bubnicki, J.W., Angelstam, P., Mikusinski, G. & Jonsson, B.G. 2022. Spared, shared and lost – Routes for maintaining the Scandinavian Mountain foothill intact forest landscapes. *Regional Environmental Change*, 22:31.

Woodley, S., Locke, H., Laffoley, D., MacKinnon, K., Sandwith, T. & Smart, J. 2019. A review of evidence for area-based conservation targets for the post-2020 global biodiversity framework. *Parks* 25, 31-46.

10. Projektpublikationer

Resultaten från dessa presenteras i texten ovan. Artikelnummer relaterar till Figur 3 och i den löpande texten.

#1 Jonsson, B.G, Svensson, J., Mikusinski, G., Manton, M. & Angelstam, P. 2019. *European Union's last intact forest landscape is at a value chain crossroad between multiple use and intensified wood production*. *Forests*, 10:564

#2 Angelstam, P., Manton, M., Green, M., Jonsson, B.G., Mikusinski, G., Svensson, J. & Sabatini, F. 2020. *Sweden does not meet agreed national and international forest biodiversity targets: a call for adaptive landscape planning*. *Landscape and Urban Planning*, 202: 103838

#3 Svensson, J., Bubnicki, J.W., Angelstam, P., Mikusinski, G. & Jonsson, B.G. 2022. *Spared, shared and lost – Routes for maintaining the Scandinavian Mountain foothill intact forest landscapes*. *Regional Environmental Change*, 22:31

#4 Angelstam et al. *Green infrastructure planning approaches in Sweden: learning through evaluation*, *Manuskript*

#5 Angelstam et al. *Opportunities and challenges to assess Green Infrastructure functionality*. *Manuskript*

#6 Bubnicki et al. *Machine learning and landscape data mining can identify forest biodiversity hotspots*, *Inskickat manuskript*

#7 Jonsson et al. *The green infrastructure of non-productive forest in a temperate to sub-alpine biogeographic gradient*, *pågående arbete*

#8 Bubnicki et al. *Virtual species as tool for the assessment of Green Infrastructure functionality*, *pågående arbete*

#9 Sterner, et al *Woodland key habitats for functional forest landscape green infrastructure in the Swedish mountain region*, *Manuskript*

Bilaga A: Övriga publikationer med relevans för projektet

Nedan presenteras ett antal publikationer som delvis finansierats via andra medel men som direkt ansluter till projektets övergripande syfte. Artikelnummer relaterar till Figur 3 och i den löpande texten.

A.1 Vetenskapliga publikationer

#10 Angelstam P, Cosmina Albulescu, Réka Aszalós, Walter Cano Cardona, Denis Dobrynin, Mariia Fedoriak, Dejan Firm, Malcolm Hunter, Wil de Jong, David Lindenmayer, Michael Manton, Juan J. Monge, Pavel Mezei, Galina Michailova, Carlos L. Muñoz Brenes, Guillermo Martínez Pastur, Benny Pokorny, Yamina Micaela Rosas, Lucienne Wilmé, Taras Yamelynets, Tzvetan Zlatanov. 2021. *Frontiers of protected areas versus forest exploitation: Assessing habitat network functionality in 16 case study regions globally*. AMBIO 50:2286–2310. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01628-5>

Exploateringen av naturskogar och omföringen till odlingsssystem kan beskrivas som expanderande fronter. Samtidigt syftar expansionen av skyddade område till att upprätthålla fungerande funktionella nätverk av habitat. För att bedöma nettoeffekterna av dessa fronter analyserade vi Sverige och 15 and fallstudieområden på fem kontinenter. Analyserna baserades på (1) kartläggning av olika instrument för att skydda natur som gröna infrastrukturer, (2) bedömning av deras effektivitet, (3) kartering av styrmedel för genomförande av policy om grön infrastruktur, och (4) effekter på skyddade områden som kommer från deras omgivande landskap. Resultaten visade att (1) portföljerna av bevarandeinstrument omfattade 3–77 % av de olika fallstudieområden; (2) att effektiviteten av habitatnätverk berodde på representativitet, habitats kvalitet, funktionell konnektivitet, utvinning av naturresurser i skyddade områden, tid för landskapsrestaurering, effektiviteten hos styrmedel och data om skyddade områden; (3) att reglerande styrmedel dominerade över ekonomiska och informationsmässiga; (4) att negativa effekter på skyddade områden från omgivande landskap dominerade över positiva (t.ex. skyddsskogar, buffertzoner, otillgänglighet). Trots omfattande evidensbaserad kunskap om bevarandemål, betydelsen av rumslig segregering av bevarande och brukande, och traditionell kunskap, var trenderna för bevarande av biologisk mångfald generellt negativa.

#11 Angelstam, P., Manton, M. 2021. *Effects of forestry intensification and conservation on green infrastructures: A spatio-temporal evaluation in Sweden*. Land 10:531. <https://doi.org/10.3390/land10050531>

Det finns en rivalitet mellan riktlinjer för intensifiering av skogsbrukets produktion av industriråvara för att möta kraven på en växande bioekonomi och riktlinjer för grön infrastrukturens funktionalitet. Utvärdering av nettoeffekterna av olika styrmedel på utfallet i verkligheten är avgörande. I denna studie presenterar vi för det första data om slutavverkningsstakten i produktionslandskap och förändringar i skogslandskaps fördelning på beståndsåldrar i Dalarnas och Jämtlands län som exempel på expanderande fronter för omvandlingen av boreala skogar, och förändringar i mängden död ved i relation till evidens-baserade mål för artbevarande i Sverige. För det andra, beskriver vi ökningen

av formellt skyddade områden, och förändringar av gammal granskog och gammal tallskog som funktionella gröna infrastrukturer. Enligt officiella data på årlig slutavverkningstakt var den i genomsnitt 0,84 %/år, vilket representerar expanderade regionala fronter av omvandlingen till odlingssystem. Mängden skog <60 år gammal ökade från 27–34 % 1955 till 60–65 % 2017. Mängden död ved minskade från 1994 till 2016 i norra Sverige och ökade i söder, om än båda på nivåer långt under evidensbaserade mål för artbevarande. Det formella skogsskyddet växte fram snabbt i de två länen från 1968 till 2020 men nådde bara 4 % av de produktiva skogarna. Från 2000 till 2019 minskade habitatnätets funktionalitet för gammal tallskog med 15–41 % och gammal granskog med 15–88 %. Det var blandade trender för död ved och naturvårdshänsyn på hyggen på beståndsskalan. Nettot av den fortsatta omvandlingen av kvarvarande rester av skogar med höga naturvärden och bevarandeinsatser var negativ på regional och landskapsnivå, men delvis positiv i beståndsskalan. Dock, på alla tre skalorna var habitatmängderna långt under kritiska tröskelvärden för upprätthållande av livskraftiga populationer av arter, än mindre ekologisk integritet och resiliens. Dialog och samverkan för skydd, skötsel och restaurering av gröna infrastrukturer måste förlita sig på evidensbaserad kunskap om både positiva och negativa faktorer som påverkar gröna infrastrukturer.

#12 Mikusinski, G., Orlikowska, E.H., Bubnicki, J., Jonsson, B.G. & Svensson, J. 2021. *Strengthening the network of high conservation value forests in boreal landscapes*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8: 595730

I denna studie, skattade vi förutsättningar för grön infrastruktur genom att analysera bidraget av potentiell kontinuitetsskog och ej skyddad skog inom skiktet värdekärnor i skog som möjlig förstärkning till formellt skyddad skog. Vi analyserade deras areal och konnektivitet baserat på scenarier för framtida landskapsplanering i förhållande till habitat- och landskapskrav. Vi utgick ifrån virtuella arter som representerade höga eller låga krav och som är specialiserade på äldre löv-, tall- respektive grandominerade habitat. Scenarioanalyserna baserades på tillgång till lämplig livsmiljö för de enskilda länen i norra Sverige och norra Sverige som helhet, med syftet att identifiera planeringsunderlag för kompletterande skydd och naturvårdsinriktade skötselåtgärder.

#13 Svensson, J., Bubnicki, J.W., Jonsson, B.G., Andersson, J. & Mikusiński, G. 2020. *Conservation significance of intact forest landscapes in the Scandinavian Mountains Green Belt*. *Landscape Ecology* 35: 2113–2131

Med en hög avverkningstakt i skog i Sverige så finns ett stort behov av att kartlägga och beskriva stora och sammanhängande naturliga och naturnära skogsområden. Målsättningen med denna studie var att analysera den rumsliga utbredningen och strukturella konnektiviteten av sådana skogar i norra Sverige. Fokus var på fjällnära skog; ”den skandinaviska fjällkedjans gröna bälte”. Data omfattade en över 22 miljoner ha landareal med 14,5 miljoner ha skog där potentiell kontinuitetsskog har kartlagts m.h.a. analyser av historiska satellit- och flygbilder. Detta är skog som inte har avverkat sedan minst 60–70 år och innehåller skog med höga naturvärden men också i viss utsträckning brukad skog. Dessa skogar analyserade vi med avseende på utbredning, täthet och konnektivitet bl.a. genom analysverktyget ”Circuitscape theory”. Vi fann att den fjällnära skogen bildar ett mer eller mindre sammanhängande bälte från norr till söder, där 60 % representerar intakta skogslandskap inklusive sammanhängande kluster på 10,000 ha och större. Konnektiviteten är stor i redan skyddade områden men även ej skyddade områden bidrar till konnektiviteten. Vi fann också avbrott i konnektivitet, framförallt i de södra delarna men generellt i övrigt i hela norra

Sveriges skogslandskap. Vi drog slutsatsen att ”den skandinaviska fjällkedjans gröna bälte” är synnerligen värdefullt för biologisk mångfald och ekosystemtjänster i boreal skog, och att det finns en inneboende kapacitet för ekologisk resiliens och anpassningsförmåga till klimatförändringar. Det är befogat att se över kompletterande skydd av återstående nu ej skyddad intakt skog i den fjällnära skogen, men också att utveckla grön infrastruktur österut genom att med naturvårdande skötsel och annan restaurering sammanlänka denna med skog med höga naturvärden som finns kvar i Norrlands inland.

#14 Svensson, J., Mikusiński, G., Bubnicki, J.W., Andersson, J. & B.G. Jonsson. 2022. Boreal forest landscape restoration in the face of extensive forest fragmentation and loss. I Montora, M., Morin, H., Gauthier, S. & Bergeron, Y. (Reds). *Sustainable forest management of the boreal forest in the face of climate change*. Springer Nature, Switzerland

Dåtida, naturliga tillstånd i skog och skogslandskap är inte självklart ett lämpligt måltillstånd för restaurering i syfte att öka naturvårdsvärdena, då klimatförändringar förväntas ge andra förutsättningar i framtid jämfört med dåtid. ”Prestoration” är en konceptuell ansats för att skatta framtida mål givet kända och okända förändringar och förutsättningar för ekologisk funktionalitet, biodiversitet och ekosystemtjänster. I ett skogslandskap som är kraftigt påverkat av kalhyggesbruk och där det finns få och spridda rester av naturliga eller naturnära skogar, som det boreala skogslandskapet i Sverige, så blir frågan om målbild komplex. Vi måste förutsätta att olika former av restaurering kan behövas i redan skyddade områden, t.ex. att upprätthålla tall- eller blandskogskaraktärer, men också att restaurering tar plats i ”vardagslandskapet” för att säkerställa att både tillräckliga arealer och rumsliga förutsättningar finns av olika skogs- och habitattyper som säkerställer en fungerande grön infrastruktur även i ett framtida klimat och med pågående skogsbruk i stora delar av skogslandskapet. Restaurering bör ta plats vid sidan av formellt skydd, frivilliga avsättningar och generell hänsyn, i långsiktigt hållbara förvaltnings- och skötselsystem och för att nå nationella och internationella miljömål.

A.2 Examensarbeten

#15 Landström, P. 2022. *Fördjupad landskapsplanering i fjällnära skog – höga naturvärden, markägande och ersättning för rätt att bruka skog* Masteruppsats 30 hp. SLU, Umeå

Fragmentering utgör ett av de största hoten mot biologisk mångfald, som konsekvens blir naturvårdssatsningar alltmer vanligt. Naturvårdssatsningar som utformas på internationell eller nationell nivå kan orsaka konflikter när de ska implementeras lokalt. Detta är en fallstudie av Sorsele kommun och tar avstamp i Skogsutredningens förslag att skydda ytterligare 525 000 hektar produktiv skogsmark i anslutning till fjällnära gränsen. Jag har genomfört en översiktlig GIS-analys av värdekärnor inom Sorsele kommun med syfte att se fördelningen av dessa med hänsyn till ägarkategori, total skogsmarksareal, ovan och nedan fjällnära gränsen samt på gran- respektive talldominerad skogsmark. Jag har även genomfört semi-strukturerade intervjuer med 30 privata skogsägare inom Sorsele kommun med syfte att lyfta privata skogsägars perspektiv på Skogsutredningens förslag, formella skyddsformer, ersättningar och alternativa brukningsmetoder som alternativ till kalhyggesbruk.

Min GIS-analys visade att majoriteten av värdekärnorna i Sorsele kommun är belägna ovan fjällnära gränsen för alla ägarkategorier. Ytterst få av värdekärnorna är talldominerade, vilket speglar landskapets karaktär. För att minska risken för naturvårdskonflikt

indikerar min intervjuanalys att utöver substans, bör även process och relation beaktas. Den komplexitet som präglar naturvårdskonflikter upplevs på olika sätt bland olika individer. En kan uppleva konflikten som enbart en konflikt, en annan kan ha tidigare erfarenheter som orsakar en underliggande konflikt medan en tredje kan uppleva konflikten på en identitetsbaserad/djupt rotad nivå.

Resultaten från den här studien understryker att involvering av lokalbefolkning i skyddsbildningsprocessen tillsammans med flexibla, individanpassade lösningar genom naturvårdsavtal kan bidra till att skapa en balans mellan bevarande och brukande i den fjällnära regionen.

För att framgångsrikt bevara de sista intakta skogslandskapen i västra Europa (Jonsson et al. 2019) behöver naturvårdsinitiativ anpassas till de lokala kontexter som berörs längs skandinaviska fjällkedjan. Att en stor andel av den formellt skyddade skogsmarken i Sverige redan återfinns i landets nordvästra delar gör att den ekoregionala representationen ifrågasätts. Samtidigt finns internationella påtryckningar att långsiktigt bevara den gröna infrastruktur som existerar i de intakta skogslandskapen genom ytterligare formella skydd. Bildning av formella skydd bör i första hand fokuseras till identifierade områden med höga naturvärden där det finns god potential att främja en grön infrastruktur.

Den naturvårdskonflikt som uppstått på lokal nivå påverkas av mer än enbart substansen i Skogsutredningens förslag. Tidigare erfarenheter av statliga initiativ påverkar den nuvarande relationen mellan privat skogsägare och stat, vilket kan bidra till underliggande konflikter. Det finns även exempel på att privata skogsägare upplever konflikten på en identitetsbaserad/djupt rotad nivå. Det är vanligt att investera både tid och engagemang i sin skogsfastighet samtidigt som det finns ett ansvar gentemot tidigare såväl som för kommande generationer. Detta tycks bidra till att de ersättningar som diskuterats i Skogsutredningen kan framstå som otillräckliga vid bildning av formella skydd.

Det ansågs finnas en brist på opartiska rådgivare inom skogssektorn, samt att skogspolitiken i dagsläget gör det svårt att göra rätt och samtidigt uppnå individuella mål. Detta visar att det finns en funktion för en medlare eller opartisk organisation som kan verka på horisontalt och vertikalt mellan aktörer.

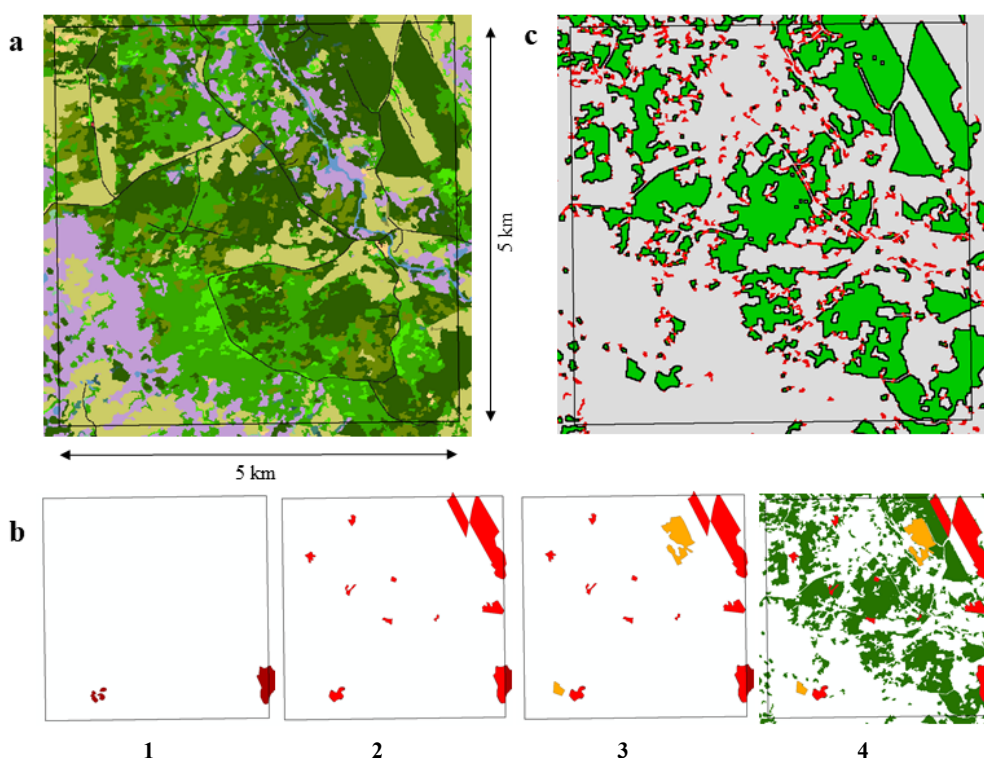
Den här studien understryker att involvering av lokala aktörer i skyddsbildningsprocessen tillsammans med flexibla, individanpassade lösningar genom naturvårdsavtal kan bidra till att skapa en balans mellan bevarande och brukande i den fjällnära regionen.

#16 Sterner, B. 2021. *Nyckelbiotopers roll för en funktionell grön infrastruktur i nordvästra Sveriges fjällnära skogslandskap*. Masteruppsats 30 hp. SLU, Umeå

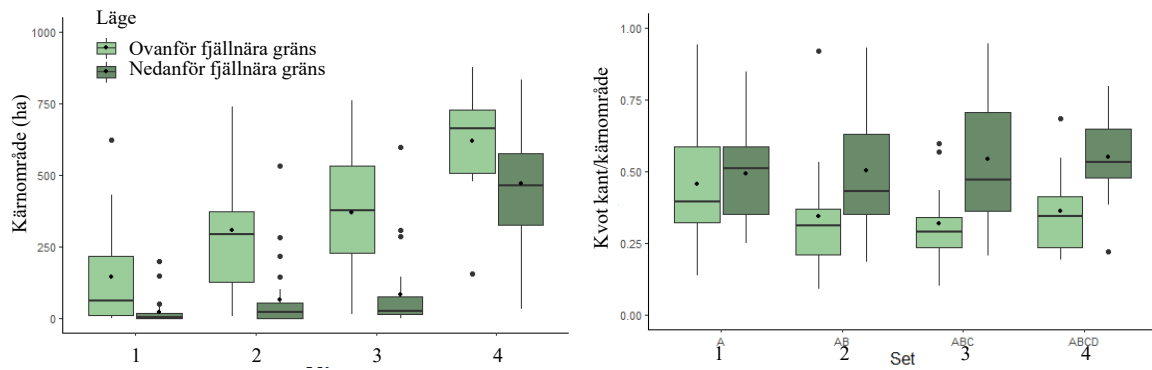
Det fjällnära skogslandskapets intakta värden är en konsekvens av att det systematiska kalhyggesbruket som infördes i Sverige vid mitten av 1900-talet har bedrivits i betydligt mindre omfattning än i andra delar av Sverige. Denna mindre omfattning gäller framförallt sedan slutet av 1980- och början av 1990-talet och är en följd av den striktare tillämpningen i skogsvårdslagen ovanför fjällnära gränsen sedan 1991. Även om det lokalt har förekommit omfattande avskogning även ovanför denna gräns under tidigare delen av 1900-talet och även längre tillbaka, så har stora delar av skogslandskapet återhämtat sig och har jämförelsevis stora naturvårdskvaliteter. Det är också så att det har funnits stora områden som är lämnade eftersom de inte varit ekonomisk lönsamma att avverka p.g.a. långa transportavstånd, små och spridda arealer med produktiv skogsmark, mm. Skogsstyrelsen har därför registrerat stora mängder och arealer av nyckelbiotoper, trots att denna inventering inte var fullständig och

dessutom är avslutad innan registreringen fullföljdes. I syfte att göra mer heltäckande analyser och testa en alternativ typ av nyckelbiotopsinventering, inventerades ett antal 5x5 km stora områden i nordvästra Sverige 2018, med underlag i form av potentiella kontinuitetsskogar från Metria och då existerande formella skydd.

I denna studie analyserades de rumsliga egenskaperna hos de tre vanligast förekommande nyckelbiotopstyperna i nordvästra Sverige (barnnaturskog, lövrik barnnaturskog, och myr- och skogsmosaik, i första klassningen) i 38 av dessa 5x5 km stora områden i Västerbottens, Jämtlands och Dalarnas län. Det övergripande syftet var att analysera förutsättningar för grön infrastruktur på lokal skala (5x5 km), i meningen sammanhållen skogsmark med höga naturvärden i förhållande till den fragmentering, naturlig och skapad, som råder. Här användes Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA; Figur A1 och A2) som modell för att skatta kärnområden, skogskanter och korridorer. Studien var inriktad mot hur olika scenarier baserade på förekomst av de tre vanligaste registrerade nyckelbiotopstyperna, tillägg av nyfunna nyckelbiotoper, tillägg av nyfunna objekt med höga naturvärden, och slutligen tillägg av all skogsmark, bidrog till sammanhängande skogsmark för respektive nyckelbiotopstyp och för skog med olika grad av höga naturvärden gemensamt.

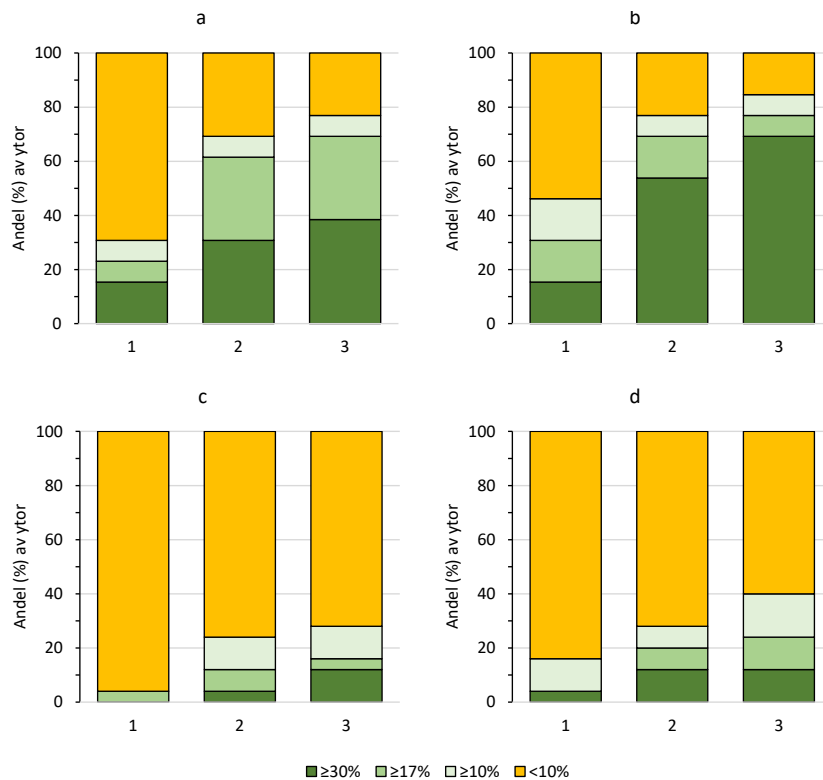


Figur A1. Illustration av fyra olika scenarier (1 Registrerade nyckelbiotoper; 2 samt nyfunna (2018) nyckelbiotoper; 3 samt nyfunna objekt med höga naturvärden; 4 samt all övrig skogsmark) framtagna med Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA; Vogt and Riitters 2017; European Commission 2021a). a) Fördelning av marktäcketyper (NMD; Swedish EPA 2019) i ett av de 38 områdena (Lat. 7100124, Long. 506846); skogsmark (grön), våtmark (violett), temporärt ej skog (hygge; ljusbrunt), vattenyta (blå), och vägar (svart). b) Scenario 1 till 4 enligt ovan. c) Sammanlagden fördelningen (scenario 4) med kärnområden (grönt), kant (svart) och korridor (rött).



Figur A2. Skillnaden mellan area kärnområde, kant och korridor ovanför respektive nedanför fjällnära gränsen för nyckelbiotopstyp barrnaturskog enligt de 4 olika scenarierna; 1 Registrerade nyckelbiotoper; 2 samt nyfunna (2018) nyckelbiotoper; 3 samt nyfunna objekt med höga naturvärden; 4 samt all övrig skogsmark. a) Nyckelbiotopstyp barrnaturskog kärnområde. b) Nyckelbiotopstyp barrnaturskog kant/kärnområde-kvot (d.v.s. proportionen kantarea i förhållande till kärnområdesarea, vilket är ett mått på skogsmarkens heterogenitet och flikighet).

Resultaten visade att nyckelbiotopstypen barrnaturskog är väldigt dominerande till antal och area, men att det totalt sett finns många olika nyckelbiotopstyper och att de tre vanligaste typerna (barrnaturskog, lövrik barrnaturskog, myr- och skogsmosaik) sammantaget innefattar 33 olika nyckelbiotopstyper i andra och tredje typklassningen. Barrnaturskog är i sig heterogen biotoptyp och den stora variationen internt inom en viss typ är en viktig faktor att beakta. Resultaten visade också att enbart registrerade nyckelbiotoper överlag inte ger tillräckliga arealen för att nå 10%, 17% eller 30%, d.v.s. de nivåer som motsvaras av gällande mål enligt EU och CBD, och att det är en stor skillnad ovanför respektive nedanför den fjällnära gränsen (Figur Z). Men, även ovanför fjällnära gränsen räcker inte de registrerade nyckelbiotoperna av barrnaturskog i allmänhet till för att uppfylla dessa mål; då endast 45% av testområdena har mer än 10% av kärnområden, utan nyfunna nyckelbiotoper och naturvärden behövs överlag för att utöka arealerna. Nedanför fjällnära gränsen, men inom nordvästra Sverige som anses som ett område med överlag höga naturvärden, är det i få områden som målen nås. En slutsats som kan dras är att det behövs kompletterande naturvärdesinventering i fält i nordvästra Sverige, även ovanför fjällnära gränsen, samt betydande arealer kompletterande skydd, för att Sverige ska nå mål som är satta inom EU och av CBD.



Figur A3. Andelen områden där area av nyckelbiotopstyp barnnatskog enligt scenario 1, 2 och 3 (registrerade nyckelbiotoper; samt nyfunna (2018) nyckelbiotoper; samt nyfunna objekt med höga naturvärden) når $\geq 30\%$, $\geq 17\%$, $\geq 10\%$ respektive $< 10\%$ av all skogsmark (scenario 4). a och b) Kärnområde (a) och kärnområde + kant + korridor (b) ovanför fjällnära gräns (n = 13). c och d) Kärnområde (c) och kärnområde + kant + korridor (d) nedanför fjällnära gräns (n=25).

A.3 Populärvetenskapliga publikationer

#17 Angelstam, P., Mikusinski, G., Jonsson, B.G., Bubnicki, J.W. & Svensson, J. 2021. *Intakta skogslandskap – en internationell utblick*. H. & Sandell, K. (eds.) Biologisk mångfald, naturnyttor, ekosystemtjänster. Svenska perspektiv på livsviktiga framtidsfrågor. CBM:s skriftserie 121.

Ett intakt skogslandskap utgörs av en mosaik av skogar, myrar, lågfjäll och tundra, med ett minimum av mänsklig påverkan eller synbar fragmentering, och är tillräckligt stort (500 km²) för att hysa alla slags naturlig biologisk mångfald, inklusive livskraftiga stammar av arealkrävande arter. På den europeiska kontinent finns denna typ av landskap i huvudsak i nordvästra Ryssland medan i övriga Europa utgör de svenska fjällskogarna, något område i Rumänien och Białowieżaskogen beläget i östra Polen och västra Belarus de enda kvarvarande exemplen på intakta skogslandskap. Trots detta pågår djupa och långvariga konflikter kring deras bevarande. Den evidensbaserad kunskap om ekologiska, sociala och ekonomiska system som finns framstår som otillräckliga för att reda ut motstående intressen och lösa pågående konflikter. Ytterst handlar detta om att det finns aktörer med olika värderingar och makt och med en misstro till vetenskaplig evidens som leder till ifrågasättande av resultat och tolkningar.

#18 Angelstam, P. 2022. *Hållbart nyttjande av skogen. Visioner för de svenska skogslandskapen*. Rapport Skog 3. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå. 70 sidor.

Visioner om hur ett skogslandskap ska se ut, hur det ska förvaltas och vilka varor, tjänster och värden det ska ge, beror på vilka normer som definieras. Efter en mer än hundraårig period av skogspolitiskt fokus på att säkerställa återbeskogning och framtida tillgång på biomassa i träd, formulerades bestämmelser om hänsyn till naturvårdens och andra allmänna intressen för första gången av statens skogar 1950, och i skogsvårdslagen år 1974. Sedan det tidiga 1990-talet är det skogspolitiska fokuset internationellt, inom EU och i Sverige på innebörden av begreppet "Sustainable Forest Management" ("SFM") i form av "skötsel och användning av skog och skogsmark på ett sätt och i en takt som upprätthåller deras biologiska mångfald, produktivitet, förnyelsekapacitet, vitalitet och deras potential att fylla, nu och i framtiden, relevanta ekologiska, ekonomiska och sociala funktioner på lokal, nationell och global nivå, och inte skadar andra ekosystem". Detta fokus har hittills alltså stått sig i 30 år, och innebär att man samtidigt måste beakta många olika dimensioner av skogar. Detta innebär en stor förändring från skog som odlingsystem till vad hållbart skogsbruk enligt "SFM" förväntas innebära. Dessutom kräver pågående klimatförändringar bättre kunskaper om skogens roll i klimatsystemet i form av skogen som kolsänka respektive skogen som fossilfri råvaruresurs, samt behov av anpassning och omställning i samhället.

Att åstadkomma den förväntade mångfalden av ekosystemtjänster i form av olika naturnyttor kräver en mångfald av metoder för skötsel och planering, och en mångfald av värdekedjor som bygger på dessa naturnyttor. Dessa kan inte alltid mätas i bara pengar, även om det förefaller enklast. Idag brukas ungefär 97 % av Sveriges produktionsskogar med ett skogsskötselsystem, trakthyggesbruk med viss naturvårdshänsyn, och den dominerande värdekedjan bygger på industriell förädling av vedråvara. Kontrast mellan policy och verklighet har funnits under lång tid, men har nu lett till en alltmer intensifierad debatt om skogen i många olika dimensioner. Denna debatt står i Sverige enkelt uttryckt mellan (1) å ena sidan en syn på skogar som komplexa ekosystem som ska brukas så alla värden bevaras, och som tål störningar av olika slag (resiliens), och (2) å den andra på skogar som odlingsystem vars syfte är att producera maximalt med industriråvara.

Syftet med denna rapport är att, för alla som är intresserade av skogsfrågor i vid bemärkelse, bidra till en nyanserad bild av hur riktlinjer om hållbart skogsbruk ("SFM") skulle kunna förverkligas på sätt som matchar mångfalden av skogsägare och skogslandskap i det avlånga Sverige. Fokuset omfattar både det ekologiska systemet (d.v.s. arter, habitat och ekosystemfunktioner i olika skalor), det sociala systemet (d.v.s. intressenter och aktörer som representerar lokala till internationella nivåer), liksom interaktioner mellan dessa system.

Sverige är ett avlångt land med skogsmiljöer som skapats av både naturliga störningar och av människors traditionella brukande av kulturlandskap. Lösningar på olika utmaningar måste med andra ord anpassas till olika regionala kontexter, t.ex. fjällskogen, den boreala skogen, den hemiboreala skogen och den nemorala skogen längst i söder. Gamla träd i jordbrukslandskap och kulturmiljöer är viktiga för många skogsarter och för människors välbefinnande.

Skogsägarstrukturen skiljer sig kraftigt mellan dessa olika regioner, och därmed finns en lång rad olika ägardirektiv. De enskilt ägda skogarna intar en särställning med stora möjligheter att vidareutveckla traditionella och nya värdekedjor som bygger på skogsägarnas egna visioner, behov och mål. Detta kräver dock rådgivare med ett bredare fokus än virkesköparens uppdrag att mobilisera skogsråvara till ett så lågt pris som möjligt för industriell förädling.

Det behövs en mångfald av brukningsmetoder. Att argumentera för bara hyggen eller bara hyggesfritt är lika enfaldigt. Dessutom behövs metoder som inte bara fokuserar på bevarandet av arter och deras livsmiljöer, utan även på alla skogsmiljöers resiliens i relation till påverkan av insekter, svampar, brand och stormar. Anpassningar till klimatförändringar innebär behov av större arealer och andelar med lövskog, att öka landskaps vattenhållande förmåga, och metoder som ökar kollagret i hela landskapet. Slutligen behövs metoder som kan bevara och restaurera representativa och fungerande habitatnätverk (d.v.s. gröna infrastrukturer) för de arter som inte överlever ett intensivt skogsbrukande, och som bas för innovativa värdekedjor som bidrar till individers, företags och bygders välmående och välfärd.

Det är inte enkelt att bevara och skapa multifunktionella landskap genom att utveckla och etablera förvaltnings- och skötselmodeller som svarar på klimat- och biologiska mångfaldskriser. Exempel på strategier är:

- Att landskap kan upprätthålla funktionella gröna infrastrukturer som stöder mänskligt välbefinnande och bevarande av biologisk mångfald, samtidigt som en effektiv råvaruproduktion kan i andra lämpliga områden.
- En övergång från fokus på skogar som odlingssystem till förvaltningssystem för landskap som stödjer integriteten och motståndskraften hos både ekosystem och sociala system, speciellt på landsbygden.
- Att se arbete för hållbart skogsbruk som gemensamma insatser som tar vara på och anpassas till olika skogsägarkategoriernas förutsättningar att göra olika.
- Enskilda skogsägare är en heterogen grupp, som med en bredare profil av rådgivningstjänster än den som erbjuds idag, skulle kunna öka bredden av ekosystemtjänster. Denna grupp har även en central roll för biologisk mångfald som är knuten till traditionella kulturlandskaps träd och trädbärande gräsmarker.
- Årlig evidensbaserad dialog som tar hänsyn till mångfalden av förutsättningar hos olika lokala landskap och regioner med dess intressenter och aktörer.
- Uppmuntra systemtänkande och lärande genom fortlöpande utvärdering av olika skogsförvaltningssystemers förmåga att leverera bevarande av biologisk mångfald (arter, livsmiljöer, processer) och naturnyttor i både bestånds- och landskapsskala, och i olika förvaltningssammanhang. Acceptera att detta tar tid.
- Inse att det kommer överraskningar. Det pågående kriget i mitten av den europeiska kontinenten understryker det akuta behovet av socialt och ekologiskt motståndskraftiga multifunktionella landskap

#19 Angelstam, P., Yamelynets, T., Manton, M. 2021. *Landskapsperspektiv på Gröna Infrastrukturers lager av kol: Svartåns avrinningsområde i Västmanland 1600, 1900 och idag*. Länsstyrelsens rapportserie. Rapport 11. Länsstyrelsen Västmanlands län, Västerås. <https://hdl.handle.net/20.500.12259/146325>

Det pågår intensiva debatter på olika samhällsnivåer om skogen, om klimatet, och om skogen och klimatet. Där klimatet så tillåter är skog den naturliga typen av vegetation i Sverige. En betydande del av naturskogen har dock under lång tid omvandlats till brukad skog och jordbruksmark, och infrastrukturer har byggts. Detta innebär att inte bara det som är skog idag, utan hela landskapet och dess många olika ekosystemtjänster också måste beaktas när man diskuterar inlagring och lager av kol. Att hantera förändringar av klimat och skog inklusive annan markanvändning måste omfatta och integrera både ekologiska och sociala system, det vill säga det som geografer kallar landskap.

Syftet med denna pilotstudie var betona vikten av ett landskapsperspektiv genom: (1) att bedöma hur landskapets lager av kol har utvecklats från ca. 1600 till idag. Detta genomfördes som en fallstudie i Västmanlands län av Svartåns avrinningsområde (776 km²) med tillhörande socknar (totalt 1882 km²); (2) att kartera och diskutera faktorer i både ekologiska och sociala system som bedöms ha påverkat och kommer att påverka balansen mellan upptag och utsläpp av kol.

I skogar lagras kol i levande och döda träd, på marken och i jorden. Den relativa förekomsten av olika naturliga störningsregimer, och olika typer av odling och hävd, har förändrats avsevärt över tid. Detta har lett till förändrade proportioner av skogar, bebyggd mark, jordbruksmarker och gräsmarker, och olika skogliga utvecklingsstadier, åldersfördelningar och strukturer. Detta har kraftigt sänkt den totala volymen av levande träd på olika typer av platser associerade med olika naturliga störningsregimer. Typen av naturlig skoglig störningsregim och skogsanvändningsprofil påverkar också mängden död ved. Medan i naturligt dynamiska skogar andelen stående och liggande död ved i olika nedbrytningsstadier vanligtvis uppgår till en tredjedel av den totala vedvolymen, har detta minskat till cirka 5 % idag. När det gäller kol på och i marken, har markförna setts som den dominerande faktorn som påverkar nedbrytning av organiskt material i skogens ekosystem på kort sikt (årtionden). Dessutom regleras ackumulering av organiskt material i morskiktet på lång sikt (århundraden) genom processer som involverar fina rötter och mycorrhizans mycelium längre ner i marken. Även andra marktäckan än skog har lager av kol, och dessa har förändrats över tid både som andel av landskapet och den mängd kol som lagras per ytenhet. Jordbrukets intensifiering inklusive markavvattning, förlust av småbiotoper och brukningsmetoder har minskat kollagen över tid. Gräsmarkanvändningen har förändrats från naturlig delvis trädbevuxen till att vara hanterad för att ge hög avkastning. Sammantaget har detta lett till att under historisk tid har stora mängder kol flyttat upp i atmosfären. För att nå klimatmålen måste vi både få bort de fossila utsläppen, och ta bort koldioxid från atmosfären med hjälp av minusutsläpp.

Med fokus på hela Svartåns avrinningsområde i Västmanlands län tyder analyserna i denna pilotstudie på att ungefär hälften (48 %) av det kol som fanns i det ”naturliga” landskapet i studieområdet har försvunnit under de senaste fyra århundradena. Förlust av gräsmarker, död ved och gammal skog är de tre främsta bidragande faktorerna. Det finns många vägval för både sociala och ekologiska system, och de kan variera beroende på tidsperspektivet. Detta kräver att debattörer om skogen och klimatet kliver upp ur sina skyttegravar och nyfiket lär av varandra, baserat på evidensbaserade fakta med systemperspektiv. När alla vill ha mer av allt i landskap måste fokus vara på samverkan mellan sektorer och beslutsnivåer. Sammantaget innebär detta ett helhetsperspektiv som omfattar hela landskap med alla olika typer av markanvändning. Dessutom behövs ändrade beteenden som leder till minskad konsumtion av naturresurser.

#20 Mikusinski, G., Angelstam, P., Jonsson, B.G. & Svensson, J. 2020. *Vad blir effekten av 3 miljarder nya träd?* Biodiverse 25 (4): 24–25

EUs tillväxtstrategi, den gröna given, är en färdplan som omfattar alla samhällssektorer, inklusive skogens roll i en kommande bioekonomi. Inom ramen ingår målet om att till 2030 plantera ytterligare 3 miljarder träd. Detta har en potential att på sikt gynna biologisk mångfald. Detta gäller speciellt skapande eller återskapande av trädberande miljöer där ett trädskift saknas idag, som till exempel urbana miljöer, längs med vattendrag och i jordbrukslandskapet. Däremot leder trädplantering inte till att snabbt förbättra situationen för skoglig biologisk mångfald i områden med

stor andel skog. Här är det viktigare att minska avverkningen av sådana skogar och skogslandskap som redan nu eller inom kort tid kan leverera naturvårdsnytta. Att helt enkelt låta befintliga träd få stå kvar och blir riktigt gamla i stället för att fokusera på att plantera nytt.

#21 Svensson, J., Angelstam, P., Mikusinski, G. & Jonsson, B.G. 2021. *Det fjällnära skogslandskapets stora och många värden*. In Tunón, H. & Sandell, K. (eds.) *Biologisk mångfald, naturnyttor, ekosystemtjänster*. Svenska perspektiv på livsviktiga framtidsfrågor. CBM:s skriftserie 121.

Den fjällnära skogen i Sverige är unik i Europa med överlag höga naturvärden men också med skog i intakta landskap. Det är också ett område där det finns höga kulturella och sociala värden, med den Samiska kulturen och rennäringen som en särskild förutsättning. Att den intakta karaktären finns kvar är i mångt och mycket en effekt av de begränsningar för kalhyggesbruk som tillämpas ovanför den fjällnära gränsen. Ovan denna finns cirka 2,5 miljoner hektar skogsmark, vilket motsvarar närmare 10% av all skogsmark i Sverige. Stora skogsområden är redan skyddade; av all skogsmark respektive produktiv skogsmark är 53% respektive 56% skyddat. Nyckelbiodiversitetinventeringen visar också på både höga naturvärden i sig och stora områden med höga naturvärden i jämförelse med andra delar av Sverige, och tidigare studier visar att det finns stora arealer med höga naturvärden som ännu inte är skyddade. Detta har uppmärksammats i Skogsutredningen där målsättningen är att skydda ytterligare cirka 500,000 ha värdekärnor ovan och i anslutning till den fjällnära gränsen. Den fjällnära skogen är föremål för många olika markanvändningsintressen och även för lokal och regional hållbarhet. För en hållbar utveckling i nordvästra Sverige krävs en hög ambition inte bara för naturvård utan också för mångbruk och med detta samtidigt upprätthålla förutsättningar för rennäring, kontinuitetsskogsbruk, naturbaserad rekreation och annan markanvändning. I det fjällnära skogslandskapet finns värden kvar som är förenade med skoglig kontinuitet och konnektivitet – just sådana värden som är viktiga för att upprätthålla biodiversitet, naturligt förekommande arter, ekologiska strukturer och processer. Att säkra dessa värden i det nationella och regionala arbetet för grön infrastruktur är nödvändigt för att svara upp mot internationella överenskommelser och hållbar utveckling i enlighet med de globala hållbarhetsmålen. Detta kräver en offensiv politik för fjällnära skog, med hållbarhet, mångbruk och helhetssyn i fokus och med väl underbyggda mål för att minska oenighet och konflikter kring markanvändningen.

#22 von Post, M., Stjernman, M., Olsson, O., Angelstam, P., Bergman, K.-O., Ekroos, J., Smith, H.G., Persson, A.S., Andersson, E. 2022. *Funktionella landskap för biologisk mångfald. Sammanställning från ett kunskapsseminarium*. Länsstyrelsen Skåne, Miljöavdelningen, Malmö.

Att utveckla en funktionell grön infrastruktur för bevarande av biologisk mångfald och stärkta ekosystemtjänster utgör en del av det nationella bevarandearbetet och arbetet för att nå de nationella miljömålen (M2013/1086/Nm). För detta behövs det tydliga mål och beskrivningar för när den gröna infrastrukturen är funktionell för de organismer som nyttjar den. Sådana beskrivningar kan omfatta storlek, kvalitet, täthet och konnektivitet av naturtyper och/eller specifika resurser som organismer behöver för långsiktig överlevnad i ett landskapsperspektiv. Med utgångspunkt i det genomförda kunskapsseminariet, syftar vi med den här rapporten till att bidra till bevarandearbetet genom presentationer av vetenskapligt förankrade beskrivningar av funktionella landskap för biologisk mångfald, dels övergripande, dels med exempel från ett antal olika typer av landskap; skogslandskap, gräsmarkslandskap, odlings-

landskap, urbana landskap och akvatiska miljöer. Rapporten är uppdelad i ett antal inledande och övergripande avsnitt och ett antal mer fristående sektoriella landskapsavsnitt. Avslutningsvis presenterar vi ett antal frågor som varit uppe för diskussion under samverkansuppdraget, men som inte varit möjliga att inkludera i detalj i rapporten. Den här sammanfattningen presenterar innehållet i rapporten i korthet samt lyfter några övergripande slutsatser vi har kunnat dra från arbetet.

För att beskriva landskap och dess funktionalitet kan man utgå ifrån naturtyper eller arters behov, där en kombination av de båda utgör en bra grund för att förstå vilken omfattning, kvalitet och fördelning av olika naturtyper och resurser som möjliggör långsiktig överlevnad för arter i ett landskapsperspektiv. För att förstå och följa upp om landskap är, eller hur de kan bli, funktionella för biologisk mångfald finns ett stort antal föreslagna indikatorer. Sådana indikatorer kan bestå av förekomst och/eller sammansättning av arter, habitatstrukturer och dess rumsliga fördelning samt olika mått på funktioner som den biologiska mångfalden bidrar till. Oftast förespråkas en samling av indikatorer som tillsammans kan beskriva tillstånd, hot och möjliga effekter av åtgärder. Vilka indikatorer som ska tillämpas beror på de mål som man vill uppnå med en grön infrastruktur. Från vetenskapen riktas viss kritik gällande att de indikatorer som tillämpas idag inte fångar upp effekterna av åtgärder på ett tillräckligt informativt sätt.

Funktionalitet för biologisk mångfald kan se delvis olika ut beroende på sammanhang. Detta illustrerades på kunskapsseminariet och här i rapporten genom presentationer av funktionella landskap under ett antal sektoriella landskapstyper, som står inför delvis olika utmaningar för biologisk mångfald och landskapsfunktionalitet. Gemensamt för de olika landskapstyperna är att när vi vet målet, till exempel vad man vill bevara, kan vi komma relativt långt med att beskriva och identifiera funktionella landskap med tillgängliga data och metoder. Exempel på detta är bevarande av hotade arter såsom hackspettar i skogsmiljöer eller fjärilar i gräsmarker. Funktionalitet för biologisk mångfald är även viktigt att beakta i relation till landskapets övriga funktioner, såsom ekosystemtjänster, för att bättre förstå konsekvenser av prioriterade åtgärder för just biologisk mångfald. För odlingslandskap kan exempelvis bevarande av funktionella arter för pollinering vara prioriterat (målet), där bevarande av dessa delvis kan kräva en annan strategi än för bevarande av hotade arter. Bevarande av arter kan också vara viktigt ur andra perspektiv, såsom i ett pedagogiskt syfte. Detta kan vara av särskild vikt i urbana landskap där en stor del av befolkningen bor och verkar och där vi har goda möjligheter att skapa kontaktytor mellan människa och natur, som leder till en ökad kunskap och omtanke om naturen runt omkring oss. Akvatiska miljöer var inte representerade under seminariet men ett kortfattat avsnitt har arbetats in i rapporten inför kommande fördjupningsarbete hos myndigheterna, med exempel som visar på liknande teoretiska resonemang som i övriga inkluderade landskap, och på kopplingar mellan terrestra och akvatiska miljöer.

Från diskussioner under seminariet och arbetets gång har det framkommit några frågor som anses särskilt viktiga att arbeta vidare med. Samverkan och kommunikation mellan forskning och praktik är en fortsatt viktig åtgärd för att överbygga otydligheter och förstå olika resonemang och ståndpunkter bättre, i syfte att tydliggöra målbilder och prioriteringar som bör göras i arbetet med bevarande av biologisk mångfald. Gällande prioriteringar behövs en ökad förståelse för att åtgärder kan ha olika effekt på olika biologisk mångfald, och på ekosystemtjänster, där synergieffekter är önskvärda men inte alltid möjliga. För några livsmiljöer behövs det mer kunskap,

så som övergångsmiljöer och en bättre inkludering av akvatiska miljöerna i ett landskapsperspektiv. Det är även önskvärt att de dataunderlag som kan vara användbara vid identifiering av funktionella landskap tydliggörs och samlas för att bli mer lättillgängliga.

Sammanfattningsvis finns det en hel del kunskap och metoder som redan idag kan användas för att beskriva och identifiera funktionella landskap för ett växande antal organismer och livsmiljöer. Viktiga diskussioner som kvarstår för att insatser för grön infrastruktur ska bli så effektiva som möjligt är vilken biologisk mångfald och vilka funktioner som bör prioriteras var. Sådana tydligare målbilder är en förutsättning för det vidare arbetet med att identifiera lämpliga indikatorer för uppföljning av nationella miljömål. Samverkan, både inom och mellan forskning och praktik har varit en viktig del av uppdraget. Samverkan har bidragit till att öppna upp för en tydligare dialog om de frågor som behöver lösas och vi kan konstatera att det är fortsatt viktigt att prioritera denna dialog för en ökad förståelse för olika sektors utmaningar och ansvar, samt var det finns samförstånd och var diskussioner kvarstår.

Bilaga B: Ett urval av projektets externa aktiviteter

Datum	Aktivitet
Vetenskapliga möten	
2019	
Jan 21	Danskt biodiversitetsmöte, presentation av projektet, Aarhus, Danmark
Feb 11–13	Konferensen "Forests at risk", presentation av projektet, Warszawa, Polen
2021	
Mars 15	UNECE regional forum, presentation av "Scandinavian Green Belt"
Mars 17–18	3 rd International Forest Policy meeting, presentation, Freiburg, Tyskland
Mars 31	SLUs serie "Vårt att veta", presentation "Fjällnära skog – dåtid, nutid, framtid"
Juli 12	ISDRS konferens, presentation av "Scandinavian Green Belt"
Aug 17	IBFRA virtuell konferens, Biodiversity and multiple value chains in boreal mountain forests
2022	
Jan 25	EU symposium "How can EU support high quality forests and forestry"
Jan 31	Webinar (arrangör) med nordiska och baltiska forskare, EU:s definitioner av och kriterier och tröskelvärden för "primary forest och old-growth forest"
April 5-6	The boreal eco-forestry on-line conference: Close-to-nature ecosystem-based forest management in northern Europe
Juni 23	Inledningsföredrag vid danskt biodiversitetsmöte "Forest conservation and landscape planning in Sweden", Köpenhamn, Danmark
Avnämarmöten	
2019	
Feb 21	Möte länsstyrelserna i Vn. Vb. Gvl. Diskussion kring grön infrastrukturplaner
Okt 7	Möte länsstyrelsen Norrbotten. Konnektivitetsanalyser Råne älvdal
2020	
Jan 30	Möte med länsstyrelsernas GI-planerare, presentation och diskussioner
Feb 18	Föredrag Sveriges riksdag inklusive projektpresentation
Mars 27	Forskarhearing i samband med Skogsutredningen
Maj 5	Möte med skogsbruket och länsstyrelsen i Jämtland, presentation och diskussioner kring grön infrastruktur
Aug 8	Webinarium Jokkmokk, presentation av fjällskogsanalyser
2021	
Feb 26	Möte Sveaskog, presentation av virtuell värdekärnesinventering
April 24	Möte WWF, presentation av projektet och diskussion kring samverkan
April 27	Möte länsstyrelsen Vn, uppstart av "Forum levande skogar", projektpresentation
Maj 6	Möte Sveaskog, diskussion samverkan kring naturvårdsplanering
Juni 14	Möte Skogsstyrelsen, kunskapsseminarium landskapsperspektiv, projektpresentation
Okt 10	Möte Klimatrådet Jönköpings län föredrag "Vad räcker skogen till"

Datum	Aktivitet
Okt 29	Möte Skogsstyrelsen, diskussion samverkan kring virtuell värdekärnesinventering
Nov 19	Nationellt seminarium Skogsstyrelsen, Länsstyrelserna och Naturvårdsverket, presentation "Skogslandskapets gröna infrastruktur"
Nov 29	Seminarium Skogsstyrelsen och Lunds Universitet, presentation kring indikatorer på biologisk mångfald
Dec 2	Möte Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket diskussion om samverkan "Digitala verktyg i skog"
Dec 9	Altingets skogspolitiska nätverk, föredrag projektpresentation
Dec 10	Webinarium Länsstyrelsen Östergötland, Biologisk mångfald och klimatpåverkan skog
Dec 20	Möte Örebro län, kartering av grön infrastruktur i Hällefors, Ljusnarsbergs, Lindesberg och Nora kommun
2022	
Jan 20	Workshop Skogsstyrelsen, "Ett mer variationsrikt skogsbruk"
Feb 23	Möte LRF Västra Götaland, föredrag "Skog, biologisk mångfald och landskap"
April 5	Möte miljöpartiets klimatnätverk, föredrag "Omställning av svenskt skogsbruk"
April 10	Naturskyddsföreningen Västmanland, föredrag "Hållbart nyttjande av skogen – visioner för de svenska skogslandskapen"
Maj 5	Möte Rewilding Sweden, presentation av projektet
Juni 20	Möte Skogsstyrelsen; BirdLife Sweden, användning av den virtuella värdekärnesmodellen för tretåig hackspett
Utbildningsinsatser	
2019	
Feb 6	Skogsstyrelsen internutbildning, presentation av projektet
Feb 28	Skogsstyrelsen internutbildning, ekologi relevant för landskapsplanering
2020	
Våren 2020	SLU, medverkan kursen "Sustainable management of boreal forests", föreläsningar landskapsplanering, grön infrastruktur och fjällnära skogar
2021	
Våren 2021	SLU, medverkan kursen "Sustainable management of boreal forests", föreläsningar landskapsplanering, grön infrastruktur och fjällnära skogar
Juni 14	Skogsstyrelsens kunskapsseminarium, föredrag om landskapsperspektiv
Hösten 2021	Handledning examensarbete SLU, Britta Sterner "Woodland key habitats for functional forest landscape green infrastructure in the Swedish mountain region"
2022	
Våren 2022	Handledning examensarbete SLU, Petra Landström "Fördjupad landskapsplanering i fjällnära skog – höga naturvärden, markägande och ersättning för rätt att bruka skog"
Våren 2022	SLU, medverkan kursen "Sustainable management of boreal forests", föreläsningar landskapsplanering, grön infrastruktur och fjällnära skogar
Maj 23	SLU exkursion i kursen "Sustainable management of boreal forests". Presentation av modellen för virtuell värdekärnesinventering i fält

Bilaga C: Länens GI-planer, de versioner som ligger till grund för analysen

Länsstyrelsen Blekinge. 2018. Plattform för arbetet med grön infrastruktur i Blekinge län. Bakgrund - nulägesbeskrivning - plan för insatsområden. Remissversion 2018-10-01. 213 pp.

Länsstyrelsen Dalarnas län. 2018. Regional handlingsplan för grön infrastruktur i Dalarnas län. Rapport 2018:11. 280 pp.

Ambjörnsson, E. 2018. Underlag till handlingsplan för grön infrastruktur i Gotlands län. Länsstyrelsen Gotland. Rapport 2018:19. Del B regionala förutsättningar. 58 pp. Del C fokusområden. 82 pp.

Länsstyrelsen Gävleborg. 2018. Handlingsplan för grön infrastruktur. Del 2 Kunskapsunderlag (83 pp.). Del 3 saknas.

Länsstyrelsen i Hallands län. 2018. Grön infrastruktur - Regional handlingsplan för Hallands län. Utkast, version 1. 188 pp.

Länsstyrelsen i Jönköpings län. 2018. Grön handlingsplan. Meddelande 2018:21. Del B nulägesbeskrivning, 114 pp. Del C insatsområden och vägledning, 73 pp.

Hedin, J., et al. 2018. Regional handlingsplan för grön infrastruktur i Kalmar län. Länsstyrelsen i Kalmar län. Bakgrund - nulägesbeskrivning - plan för insatsområden. Utkastversion 2018-04-20. 104 pp.

Länsstyrelsen i Kronobergs län. 2018. Regional handlingsplan för grön infrastruktur. Del 2A (18 pp). Del 2B (53 pp). Del 2C (66 pp). Del 2D (47 pp). Del 3 (14 pp).

Nilsson, T. (red.). 2018. Grön infrastruktur i Norrbotten - en preliminär handlingsplan. Länsstyrelsen Norrbotten. Länsstyrelsens rapportserie 2018/8. 140 pp (A). (B) Bilaga 4 (29 pp). (C) Bilaga 8 (17 pp).

Berlin, G., Niss, J. 2019. Länsstyrelsen i Skåne. 1: Handlingsplan för grön infrastruktur. Handlingsplan för grön infrastrukture 2019–2030. Aktuell period 2019–2022. 54 pp., samt bilaga 1 (18 pp). 2: Nulägesbeskrivning (preliminär). 218 pp.

Länsstyrelsen Stockholm. 2019. Grön infrastruktur. Regional handlingsplan för Stockholms län. Fastställd november 2019. Rapport 2019:12. 92 pp.

Länsstyrelsen Stockholm. 2019. Grön infrastruktur i Stockholms län. Bakgrund och tillstånd 2018. Rapport 2019:10. 169 pp.

Länsstyrelsen i Södermanlands län. 178 pp. Regional handlingsplan för grön infrastruktur i Södermanlands län.

Alsén, M. & Kruys, N. 2019. Grön infrastruktur i Uppsala län. Länsstyrelsen i Uppsala län. Länsstyrelsens meddelandeserie 2019:03. 90 pp.

Länsstyrelsen Värmland. 2018. Handlingsplan för grön infrastruktur i Värmlands län, remiss maj 2018. 224 pp.

Länsstyrelsen Västerbotten. Förslag till regional handlingsplan för grön infrastruktur i Västerbottens län. 64 pp.

Länsstyrelsen Västmanlands län. Remiss. Handlingsplan för grön infrastruktur i Västmanlands län. Länsstyrelsens rapportserie. Del A inledning (72 pp.) Del B Nulägesbeskrivning (61 pp.).

Länsstyrelsen Västra Götalands län. 2019. Regional handlingsplan för grön infrastruktur. 410 pp.

Lindström, K. 2019. Handlingsplan för grön infrastruktur i Västernorrland. Kunskapsunderlag och åtgärder. Länsstyrelsen i Västernorrland. Rapport 2019:07. 174 pp.

Länsstyrelsen i Örebro län. 2019. Handlingsplan för grön infrastruktur i Örebro län - kunskapsunderlag och åtgärder. Rapport 2019:12. 270 pp.

Länsstyrelsen Östergötland. 2018. Handlingsplan för grön infrastruktur i Östergötland. Meddelande nr. 12. Kapitel 1 (27 pp), 3 (31 pp), 4 (13 pp), 5 (10 pp), bilaga 5.1 (6 pp).

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Bättre sent än aldrig – indikatorer för skogslandskapets gröna infrastruktur

Rapporten belyser de stora bristerna i skogslandskapets gröna infrastruktur och hur dessa skulle kunna åtgärdas.

Landskapet domineras av brukade skogar, och kvarvarande skogar med höga naturvärden förekommer som isolerade fragment.

Projektet kopplar till mångfaldskonventionens (CBD) mål om skydd av landareal, skogsbeståndets kvalitet och storlek, konnektivitet på landskapsnivå, samt behovet av skötsel och rumslig planering.

Forskarna har, med olika metoder, analyserat länens planer för grön infrastruktur och utvärderat förekomsten av funktionella nätverk av skogar. En ”virtuell inventering” av skogliga värdekärnor med höga naturvärden har genomförts, och forskarna har modellerat sannolikheten för värdekärna i fyra delregioner i Sverige. Resultatet kan hjälpa till att identifiera områden som bidrar till en fungerande grön infrastruktur.

Projektet har också genomfört delstudier för att ta fram underlag för att stärka av den gröna infrastrukturen för skoglig biologisk mångfald på både nationell och regional nivå.

En viktig slutsats i rapporten är att nuvarande tudelning av skogslandskapet i naturvård eller produktion, begränsar möjligheterna att stärka den gröna infrastrukturen. Fokus bör ligga på mångbruk, vilket kräver regional samverkan med ett landskapsperspektiv.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag som finansierar forskning till stöd för Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens kunskapsbehov.