



Biotopdatabas - verktyg för övervakning av biologisk mångfald

Slutrapportering av LONA-projekt
2019-2022

**Biotopdatabas - verktyg för övervakning av biologisk mångfald -
Slutrapportering av LONA-projekt 2019-2022**

December 2022

Dnr: 2018-18259

Utgivningsdatum: 2022-12-20

Utgivare: Miljöförvaltningen i Stockholm och Stockholms universitet

Kontaktpersoner: Helle Skånes, Institutionen för naturgeografi vid
Stockholms universitet (helle.skanes@natgeo.se.se) och Gunilla Hjorth,
miljöförvaltningen i Stockholm (gunilla.hjorth@stockholm.se)

Omslagsfoto: Helle Skånes

:

Sammanfattning

Det LONA-projekt som här avrapporteras utgör ett samarbete mellan Institutionen för naturgeografi, Stockholms universitet, och miljöförvaltningen, Stockholms stad. Med projektet kommer förutsättningar att skapas för detaljerad miljöövervakning av biologisk mångfald på landskapsnivå, genom kunskapsuppbyggnad och framtagande av underlag för jämförande studier inom biotopkartering. Förändringar av livsmiljöer för djur och växter kommer att kunna följas såväl i den urbana miljöns finmaskiga grönstruktur som i skogs- och jordbrukslandskapet. Projektet har tagit fram två biotopdatabaser över Stockholms stad, en för 2019 års förhållanden och en retrospektiv för 2009 års förhållanden. Dessa två databaser har konstruerats enligt metodiken BIOTOP SE och kommer att kunna användas inom staden för en rad olika tillämpningar, allt från ett viktigt underlag inom planering av ny bebyggelse, till underlag för stadens olika utredningar som naturvärdesinventeringar, grönstrukturplanering och inom grön infrastruktur för att nämna några. Tack vare den retrospektiva databasen från 2009 kan staden nu göra en rad tillbakablickar och analysera vilka förändringar som har skett under de senaste tio åren. Fördjupade analyser kan också utföras för att förstå olika ekologiska konsekvenser och därmed kunna planera framtiden bättre. Metodutvecklingen kommer att ha stor betydelse för arbetet med grön infrastruktur och ekosystemtjänster på både kommunal och regional nivå. Ett antal olika nationella miljökvalitetsmål berörs, men framför allt målen om ett rikt djur- och växtliv och en god bebyggd miljö.

En översiktlig förändringsanalys visar att förändringar har skett inom hela Stockholms stad, såväl utanför som inom stadens blågröna infrastruktur, även kallad Ekologiskt särskilt betydelsefulla områden, ESBO. När det gäller förändringar inom ESBO har funktionerna *livsmiljöer för skyddsvärda arter* och *spridningszoner* förändrats mest i proportion till deras storlek, medan funktionen *kärnområden* har förändrats mest ytmässigt.

Databaserna öppnar nu upp för fördjupade analyser inom en mängd olika användningsområden där de kan göra stor nytta.

Innehåll

Biotopdatabas - verktyg för övervakning av biologisk mångfald	1
<i>Slutrapportering av LONA-projekt 2019-2022</i>	<i>1</i>
Sammanfattning	3
Innehåll	4
Inledning	5
<i>Bakgrund</i>	<i>5</i>
Syfte	6
Frågeställningar	6
Material och metoder	8
<i>Framtagande av biotopdatabaserna</i>	<i>8</i>
Data som används vid framställning av Steg1-databaserna	9
<i>Tillvägagångssätt för att studera förändringar</i>	<i>9</i>
Resultat och diskussion	10
<i>Databaserna</i>	<i>10</i>
<i>Översiktlig förändringsanalys</i>	<i>13</i>
Förändringsanalys baserad på siffror och illustrationer	13
Förändringarnas ursprungsklasser	17
Andel av respektive klass som försvunnit	19
<i>Förändringsanalys baserad på geografiskt mönster och placering</i>	<i>20</i>
Slutsatser och rekommendationer	25
Vilken roll kan biotopdatabaser spela i miljöövervakning?	25
Felkällor och saker att tänka på	26
Rekommendationer	26
Referenser	27

Inledning

Bakgrund

Stockholms stad har ett stort behov av en detaljerad biotopdatabas i sitt arbete med att ta vara på och utveckla den gröna och blå infrastrukturen i ett skede av snabb befolkningstillväxt och bebyggelseutveckling. Ett hållbart samhällsbyggande förutsätter en funktionell infrastruktur för intersektoriell samverkan där alla aktörer på kommunal, regional och nationell nivå har tillgång till goda rumsliga kunskapsunderlag (Boverket, 2019; Ernits, 2018; Gustafsson & Netz, 2018).

Stockholms stad var den första kommunen i länet som skapade en biotopdatabas, vilken baserades på tolkning av infraröda flygbilder från 1998. Databasen och dess kartor, som uppdaterades 2009 (Östergård & Sehlstedt, 2012), har länge använts inom fysisk planering och analys av stadens grönområden, biodiversitet och ekologiska samband. Den har varit mycket betydelsefull för att möjliggöra en hållbar expansion av staden samtidigt som hänsyn kunnat tas till naturvärden och viktiga gröna samband. Stockholms stads gamla biotopdatabas utgör förebilden för den nya regionala metodik för biotopkartering (BIOTOP SE) som tagits fram under de senaste åren av Stockholms Universitet i samarbete med Länsstyrelsen i Stockholms län, där under ledning av Klara Tullback Rosenström samt en rad andra regionala och kommunala aktörer.

Tack vare snabb och omfattande teknisk utveckling inom bl a flygfotografering och programstöd för geografisk informationsbehandling (GIS) har metodiken för BIOTOP SE förbättrats i flera avseenden, inte minst med möjligheten att framställa en förhållandevis detaljerad biotopdatabas över stora områden där även den finmaskiga grönstrukturen i den urbana miljön kan fångas upp. Därför finns nu förutsättningarna för en effektiv och regionalt täckande biotopdatabas i Stockholms län och andra regioner av hög kvalitet och upplösning. Stockholms stad anser det viktigt att kunna delta i det regionala projektet och därmed bidra till att hela Stockholms län i framtiden kan analyseras med stöd av en enhetlig regional biotopdatabas.

Stockholms stads miljöförvaltning har deltagit i det regionala projektet som referensinstans redan från start 2014, men det är först på senare år som det blivit aktuellt att ta fram en ny biotopdatabas över kommunen. Tidigare har Sollentuna, Ekerö och Södertälje, samt nu senast Botkyrka och Skellefteå deltagit i metodutvecklingen som pilotkommuner och därmed på olika sätt bidragit till den regionala metodutvecklingen. Detta LONA-projekt utgör ett samarbete mellan Institutionen för naturgeografi, Stockholms universitet, och miljöförvaltningen, Stockholms stad. Genom den retrospektiva biotopdatabas för 2009 som tagits fram enligt den nya metoden, har projektet på ett betydelsefullt sätt bidragit till den fortsatta metodutvecklingen för BIOTOP SE, främst med den viktiga komponenten att framtidssäkra metoden och möjliggöra retrospektiva studier även i andra delar av landet då den framtagna metoden är generell och kommer att kunna tillämpas över hela Sverige.

I projektet har särskild tonvikt lagts vid hantering av förändringar inom grön infrastruktur. Sedan början av 2010-talet använder Stockholms stad en kartering av geografiska områden som har särskilt viktiga funktioner för växt- och djurlivet och som därmed starkt påverkar förutsättningarna för biologisk mångfald i staden. Ett sådant område kan vara särskilt rikt på arter och/eller värdefulla biotoper, men det kan också vara ett artfattigare område vars strategiska läge i landskapet ändå gör det särskilt viktigt från ekologisk synpunkt, exempelvis som spridningsväg. Dessa sammanhängande områden kallas *Ekologiskt särskilt betydelsefulla områden* (ESBO), och kan även sägas utgöra stadens blågröna infrastruktur.

ESBO omfattar 43 % av stadens totala yta och inkluderar vattenområden. Övriga områden, som även de kan innehålla en mer finmaskig ekologisk infrastruktur, omfattar 57 % och ligger utanför ESBO. ESBO-strukturen delas in i tre funktioner; *kärnområde*, *livsmiljö för skyddsvärda arter* (nedan kallad

livsmiljö), samt *spridningszon* (Stockholms Stad 2014). Karteringen togs fram genom analyser av den gamla biotopdatabasen från 2009 och en rad andra underlagskartor, bl a flera olika habitatmodelleringar, kartering av värdefulla ekar och ekområden samt kända förekomster av skyddsvärda arter.

Syfte

Syftet med detta projekt är att lägga grunden till en metod för att kostnadseffektivt kunna följa upp förändringar i tätortsnära natur med hjälp av högupplöst kartering av biotoper, vilket blir värdefullt även för den regionala nivån, samt i förlängningen även nationell nivå.. Syftet är också att möjliggöra denna miljöövervakning genom att dels ta fram underlag för en ny biotopdatabas för Stockholms stad, dels skapa en retrospektiv biotopdatabas för 2009 att jämföra med.

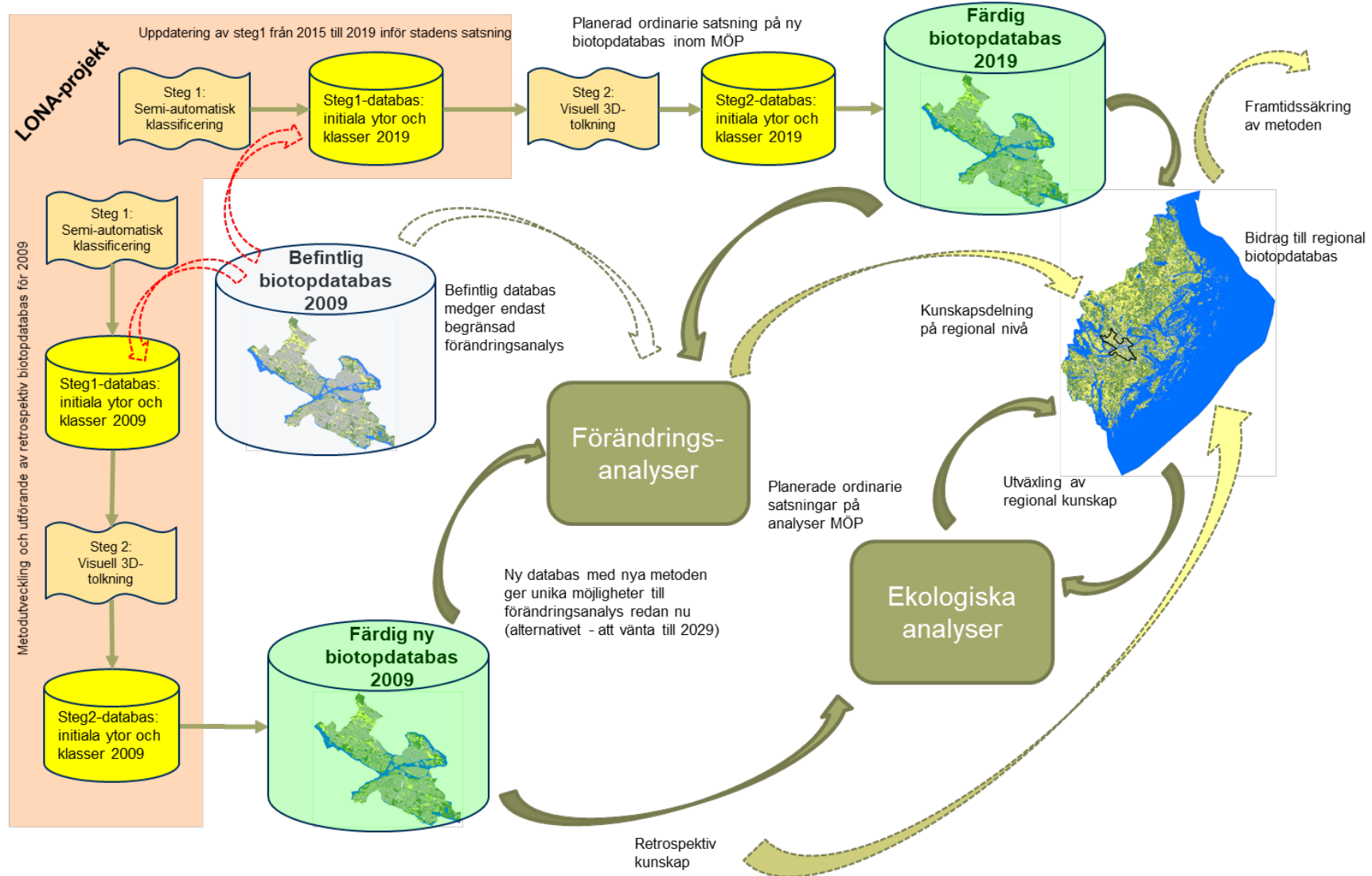
En schematisk bild av de databaser som tagits fram i projektet, interaktionen mellan dessa och stadens gamla biotopdatabas från 2009 samt de analyser som datat avses användas till ges i Figur 1. Rosa markeringar i figuren visar hur LONA-projektet har förbättrat arbetet. Pilar visar omedelbara (gröna heldragna) och indirekta (gula streckade) flöden som ger synergieffekter med det regionala projektet. Den vita streckade pilen från stadens tidigare databas från 2009 visar hur begränsad en jämförelse mellan den och data från den nya databasen skulle ha blivit. Röd streckade pilar visar att kunskap från den gamla databasen har överförts till de nya Steg1-databaserna, främst rörande skogstyper.

Frågeställningar

Under projektets gång har en rad frågeställningar om utvecklingen över tid av olika grön- och blåtor diskuterats. Förändringsanalyser har visat sig lämpliga att tillämpa i ett parallellt pågående projekt inom Stockholms stad, där metoder ska tas fram för att följa förändringar dels inom stadens totala grön- och blåtor, dels inom ESBO-strukturen. Vid två möten med deltagare i detta parallella projekt har en rad tänkbara frågeställningar tagits upp och diskuterats.

Vissa av frågeställningarna har vi kunnat svara på via tester inom LONA-projektet (se närmare under Resultat), medan andra utgör anvisningar för fortsatt arbete som behövs för att vidareutveckla metodiken, som i princip går ut på att genomföra förändringsanalyser mellan två databaser:

- Hur kan de framtagna biotopdatabaserna användas i miljöövervakning för att följa förändringar över tid inom ESBO-strukturen respektive övriga områden?
- Hur kan man arbeta med de frågor som identifierats inom arbetet kring ESBO? T.ex.:
 - Vilka biotoper uppvisar störst arealförlust?
 - Hur har olika funktioner inom ESBO förändrats (*kärnområde*, *spridningszon* resp. *livsmiljö*)?
 - Hur är förändringarna distribuerade geografiskt över staden?
 - Kan förändringar delas in i habitatförlust, kvalitetsförändring, fragmentering och krympning (t.ex. nagging i kanten av *kärnområde* eller *spridningszon*)
- Hur hanterar man skillnader mellan två databaser över tid som härrör från tekniska faktorer som gör att två databaser alltid kommer att vara olika i den detaljerade gränsdragningen?
- Hur kan man på bästa sätt aggregera informationen i komplexa databaser för att minimera det tekniska bruset som alltid uppstår i jämförelsen mellan två vektorbaserade klassificeringar.
- Hur långt skulle man kunna komma genom att använda den automatiskt framtagna Steg1-databasen i förhållande till den avslutande flygbildstolkade Steg2-databasen?
- Vilka lärdomar kan det regionala projektet ta med stöd av resultaten från detta LONA-projekt?



Figur 1. Stegvisa åtgärder för att ta fram en ny biotopdatabas över Stockholms stad samt exempel på efterföljande analyser, i relation till det regionala biotopdatabasprojektet.

Material och metoder

Framtagande av biotopdatabaserna

Inom och i anslutning till projektet har två biotopdatabaser tagits fram enligt samma metodik som BIOTOP Stockholm, numera BIOTOP SE (Skånes 2022, opublicerad). Först togs en databas fram för 2019 års förhållanden, därefter en retrospektiv databas för 2009 för att kunna jämföra och analysera förändringar däremellan. Framställningen av biotopdatabaserna genomfördes dels med hjälp av medel från LONA enligt beviljad ansökan som här slutredovisas, dels med ytterligare medel från Stockholms stads egen finansiering.

Metoden för biotopkartering består av två primära steg, Steg 1 och Steg 2. Steg 1-databasen för 2019 framställdes av Institutionen för naturgeografi vid Stockholms universitet (SU) i samråd med miljöförvaltningen. Flygbildstolkande organisation för Steg 2 var ekologikonsulten Calluna AB, på miljöförvaltningens uppdrag och med expertstöd från SU (Skånes & Koffman, 2020). Därefter tog SU fram motsvarande Steg1-databas för 2009 års förhållande för att kunna skapa en retrospektiv Steg2-databas.

Steg 1 inom BIOTOP SE omfattar inledande automatiska och semiautomatiska klassificeringar från flygbildsbaserad fjärranalys i smart integrering med utvalda befintliga nationella data från t.ex. lantmäteriets fastighetskarta, jordbruksverkets blockdatabas och Metrias nationella marktäckedata, NMD. Syftet med Steg 1 är att skapa en så detaljerad initial biotopdatabas som möjligt över hela länet för att underlätta de enskilda kommunernas flygbildstolkningsbaserade arbete i Steg 2.

Steg 2 omfattar visuell flygbildstolkning av Steg1-databasen i infraröda färgflygbilder i digital fotogrammetrisk 3D-miljö med sömlös koppling till ett GIS. Ingen ytterligare indata tillförs i Steg 2, utan det är den manuella tolkningen som förädlar databasens innehåll. Steg2 bidrar framförallt med information som inte erhålls i de nationella data som används och som inte med tillräckligt god säkerhet, eller inte alls, kan beräknas fram via automatiska metoder. Dessa delar är framförallt öppen mark, buskmark och urban grönstruktur utanför låg bebyggelse, samt markanvändning i skog och övriga områden som kan sakna stöd för detta i använda indata. Även skogsfas, dvs i princip åldern/kontinuiteten i skogsbiotoperna, bedöms i nuvarande version behöva flygbildstolkning.

Behovet av en detaljerad Steg1-databas av hög kvalitet går inte att underskatta. Först när en sådan finns är det möjligt för kommuner och konsulter att räkna på vad kostnaden för en färdig Steg2-databas landar på. Steg1-databasen möjliggör även prioriteringar i arbetet som är en integrerad del i själva konceptet BIOTOP SE, dvs att man redan från början kan använda Steg1-databasen i vissa analyser och sedan kan beställaren göra egna geografiska och tematiska prioriteringar för det fortsatta arbetet. I mycket stora kommuner är det högst troligt att betydande delar av biotopdatabasen förblir i Steg1-form. Det återstår ännu att undersöka hur väl det går att använda steg1-databaser i förändringsanalyser eller vilka synkroniseringsåtgärder som är nödvändiga för att minimera brus och felklassningar.

Speciellt för detta LONA-projekt är att en retrospektiv databas togs fram för första gången. Syftet med detta var att möjliggöra förändringsstudier i Stockholms stad i databaser som tagits fram enligt samma metodik. Bedömningen är att det skulle vara alltför svårt och osäkert att jämföra den nya biotopdatabasen för 2019 med Stadens gamla biotopdatabas från 2009.

Efter att Steg2-databasen för 2019 tolkats fram så långt vi hann togs en motsvarande databas fram för 2009. Träffsäkerheten i denna är inte lika bra beroende på en rad faktorer. Främst för att ortofoton och ytmodeller som används i processen inte är av samma kvalitet som dagens underlag, men även pga att det saknas vissa underlag som fastighetskarta från 2009. Så där behövdes data rekonstrueras manuellt

genom visuell jämförelse mellan kartan och ortofotot från 2009 varefter nödvändiga redigeringar genomfördes.

När båda databaserna var färdigtolkade och synkroniserade gjordes omfattande jämförelser mellan dem för att hitta mismatch och annat brus som beror på geometriska skillnader mellan ingångsdata snarare än faktiska förändringar. Detta förberedande arbete har skett genom överläggsanalys mellan de båda databaserna där skillnader studerades. Alla olikheter i objekt mindre än den generella minsta karteringsenheten (0,1 ha) och som inte var storleksmarkerade (småvatten, öar, åkerholmar/åkerrenar och finmaskig urban grönstruktur) hanterades genom automatisk sk eliminering. De faktiska förändringsanalyser som därefter har skett inom projektet är inte fullständiga utan mer en ansats där vi har tagit fram rekommendationer för fortsatt arbete och framtida tillvägagångssätt.

Data som används vid framställning av Steg1-databaserna

När en Steg1-databas tas fram enligt metoden BIOTOP SE så används en rad befintliga indata som tagits fram med olika metoder och för andra ändamål (se Skånes, opublicerad 2022, bilaga A). Dessa klassificeras om och kombineras i en rad modeller (ESRI Modelbuilder) med verktyg (tools) i en serie verktygslådor (Toolboxar). Hela metodiken kommer att finnas beskriven i manual del D (Skånes och Wennbom, opublicerad). De viktigaste data är: infraröda ortofoton, fotogrammetriska ytmodeller och nationella markmodellen från Lantmäteriet. Med dessa indata beräknas på automatisk väg utbredningen av vegetation respektive icke-vegetation i landskapet i tre höjdintervall (låg, halvhög och hög), i en initial pixelklassning i rasterform med 1 m upplösning. Till detta används kompletterande data från olika myndigheter, främst: delar ur fastighetskartan och den äldsta ekonomiska kartan med åkermarkens utbredning (Lantmäteriet), blockdatabasen (Jordbruksverket), nationella vägdatabasen och järnvägsdatabasen (Trafikverket), jordartskartan (SGU), och nationella marktäckedata (Naturvårdsverket). Data är så långt möjligt tidssynkrona med de flygbilder som används, men vissa källor är statiska, dvs konstruerade en gång för alla, medan andra är svåra att låsa i tid då respektive myndighet endast har ajourhållningsansvar (t.ex. fastighetskartan från Lantmäteriet).

Tillvägagångssätt för att studera förändringar

Förändringsanalys kan göras i raster- eller vektorform. Då båda databaserna är framtagna i vektorform har vi valt att göra denna initiala förändringsanalys i vektormiljö. Då är det främst olika typer av överläggsanalys som kan göras. Den enklare formen av överläggsanalys tar fram siffror på mängden förändrad areal i ett antal aggregerade klasser, i förhållande till mängden oförändrad areal (Figur 2). Utöver denna kan även en mer omfattande förändringsanalys göras baserad på kontextuella kriterier, där man tar hänsyn till förändringarnas rumsliga fördelning och eventuella aggregering. Frågeställningarna kan variera utifrån den enskilda kommunens förutsättningar. I Stockholms fall kan det t.ex. vara intressant att ta reda på vilka exploateringar inom ett ESBO funktionsområde som ligger inom ett visst avstånd från en exploatering utanför ESBO. Analyserna utförs i GIS med befintliga verktyg.



Figur 2. Olika enkla frågor man kan vilja ställa i en förändringsanalys. Notera att ingen av dessa frågor gäller specifikt rumsliga fördelningar eller avancerade analyser men svaren kan ge tydliga indikationer på pågående förändringar i landskapet.

Det är ofta svårt att jämföra två datamängder som tagits fram över två olika tidpunkter med olika tekniska förutsättningar, även om metodiken är den samma. För att minimera skillnaderna mellan databaserna har det vi kallar fel- och brusreducering genomförts (se ovan under Framtagande av biotopdatabaserna). Detta har skett i olika steg där 2019 års biotopdatabas ansetts vara den med bäst träffsäkerhet i de allra flesta fall. Arbete har kontinuerligt pågått mot slutet av databasernas framtagande för att minimera olikheter som *inte* beror på verkliga fysiska förändringar i landskapet, men det är helt enkelt inte möjligt att ta bort alla fel och risken finns att man skapar nya fel i denna process.

När en lämplig fel- och brusreducering gjorts blir det lättare att analysera biotopernas faktiska förändringar med högre träffsäkerhet. Felen som avses korrigeras är de som beror på att olika bedömningar kan ha gjorts när samma yta har tolkats i respektive databas. Ambitionen är självklart att varje yta endast ska tolkas en gång om biotopen anses beständig, men då tolkningen inte gjordes helt färdigt i 2019 års databas innan tolkningen skedde i 2009 års databas kan fel ha uppstått. Det brus som alltid uppstår mellan två databaser beror t.ex. på skillnader i dragning av vägar eller skogsgränsen mm som kan variera över tid i olika ortofoton pga fotogrammetriska artefakter (där allt lutar lite åt olika håll beroende på var i den centralprojicerade bilden se befinner sig).

Resultat och diskussion

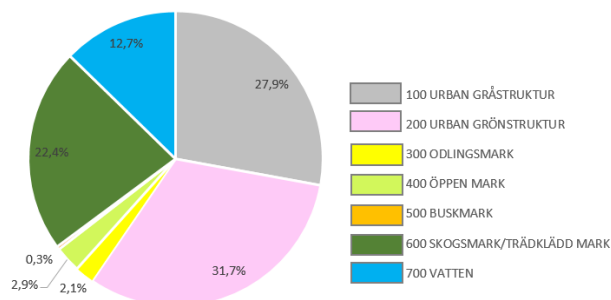
I resultatkapitlet går vi igenom det som framkommit under arbetet med de båda biotopdatabaserna, först rent generellt och sedan mer specifikt.

Databaserna

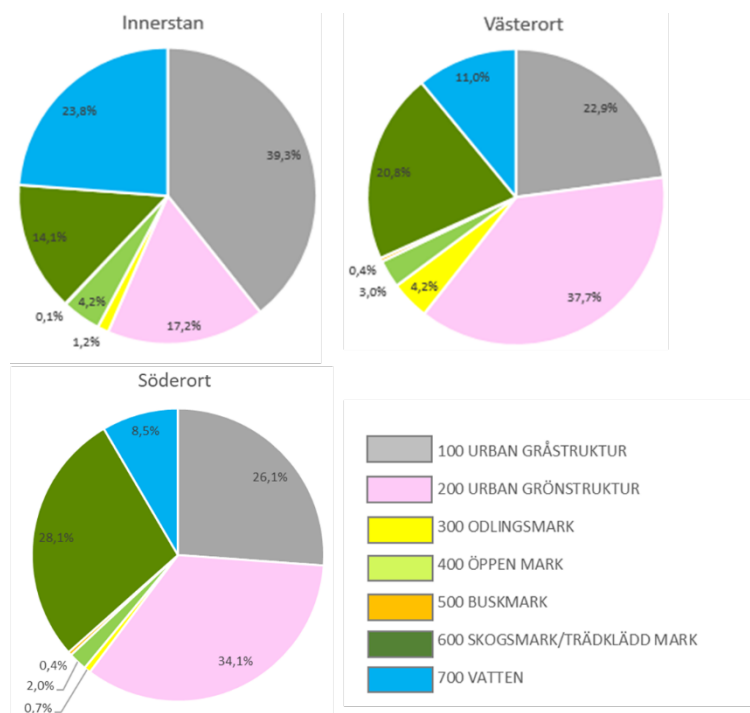
Efter fel- och brusreducering innehåller de båda databaserna 34 569 (2009), respektive 36 289 ytor (2019). Orsaken till denna skillnad i antal objekt kräver djupare analyser men kan bero på en rad olika faktorer. T.ex. fanns flera stora exploateringsområden 2009 som bara karterades som sammanhängande urban gråstruktur. År 2019 har dessa till största delen bebyggts vilket gör att en rad olika mindre ytor har uppstått; byggnader, vägar, gröna tak och fläckar med annan urban grönstruktur. Nya vägar kan ha skurit igenom större ytor av vegetation osv.

Tittar vi på fördelningen av biotoper per huvudklass ser vi att staden karaktäriseras av urbana miljöer men även innehåller en hel del skog, vatten och andra huvudklasser (Figur 3). Buskmarken är i princip försumbar med sina 0,3 %. Denna grova information är redan i sig användbar då man kan karaktärisera ett område baserat på huvudklass och jämföra med andra områden i en regional analys.

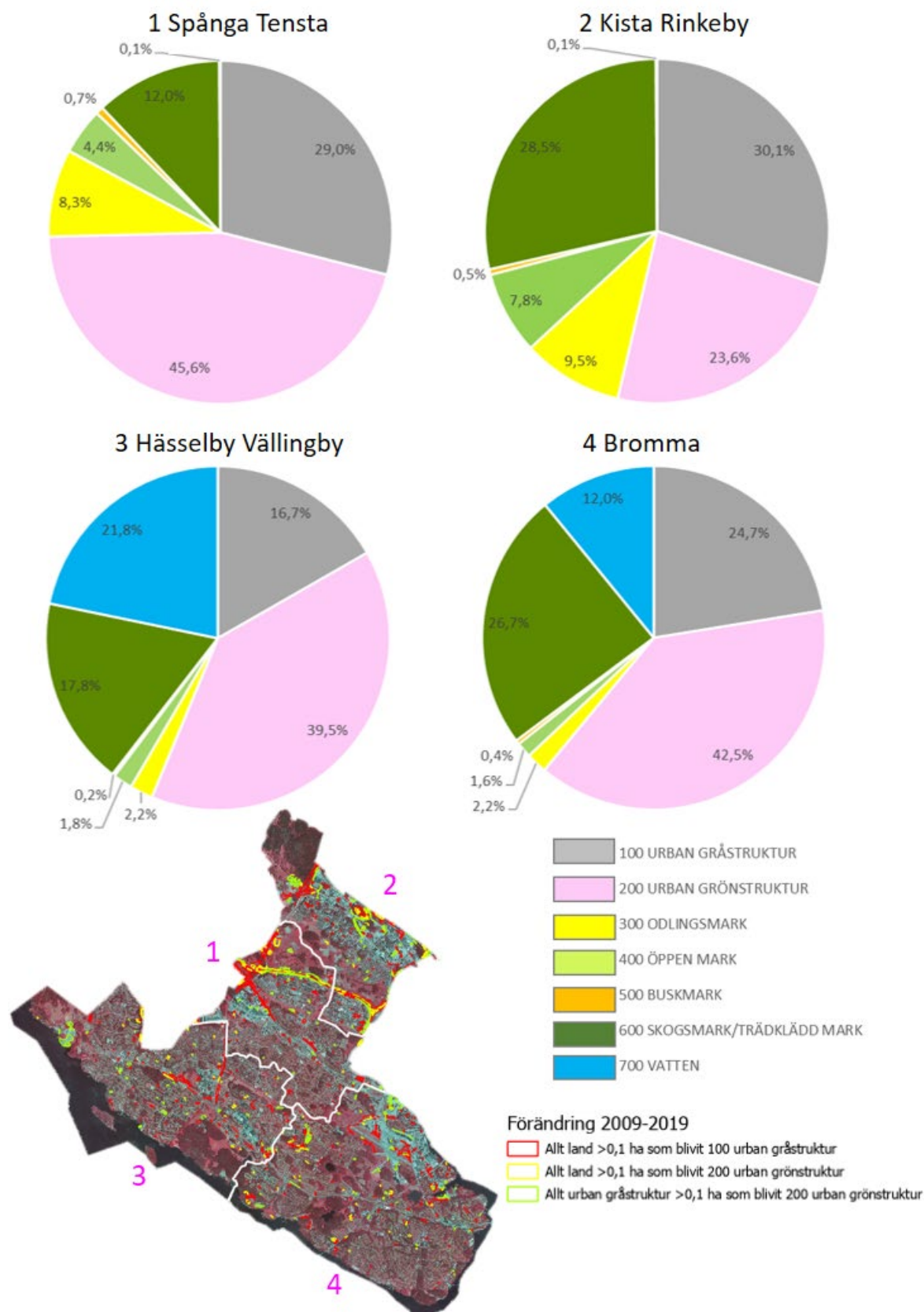
Man kan ta fram motsvarande statistik över olika utsnitt och delmängder av staden, t.ex. geografiska områden med olika karaktär, för att bättre förstå den naturliga variationen av landskapet och hur långt urbaniseringen har gått i olika delar (Figur 4 och 5). Vid sådana mer ingående beräkningar får man resultat med vitt skilda landskapskaraktärer i olika delar av staden. Vilka förändringar som förväntas ske i respektive delområde beror bland annat på landskapsrummets befintliga fördelning mellan olika huvudklasser, på den befintliga urbana infrastrukturen och på hur den urbana miljön expanderar; via förtätning eller expansion i ytterområden eller längs befintlig urban infrastruktur.



Figur 3 Stockholms stads biotopdatabas för 2019 sammanfattad på huvudklassnivå. Totalarealen är 21 576 hektar.



Figur 4. Stockholms stads biotopdatabas för 2019 sammanfattad på huvudklassnivå samt med exempel på tre geografiska områden med olika karaktär: Innerstan, Västerort och Söderort.



Figur 5 Stockholms stads biotopdatabas för 2019 sammanfattad på huvudklassnivå men med exempel på Västerorts fyra stadsdelsområden Spånga-Tensta, Kista-Rinkeby, Hässelby-Vällingby och Bromma, alla med olika landskapskaraktär.

Översiktlig förändringsanalys

Inom och i anknytning till LONA-projektet har en del tester gjorts av både SU och miljöförvaltningen för att prova ut lämplig metodik för olika frågeställningar. Nedan följer en kortfattad beskrivning av den metodik vi kommit fram till är mest lämplig för olika syften. Beskrivningen omfattar dels en översiktlig förändringsanalys, dels förslag på hur man kan gå djupare in i analyser samt utföra olika typer av landskapsekologiska analyser kopplade till olika frågeställningar och artgrupper.

Förändringsanalys baserad på siffror och illustrationer

Databaserna är för komplexa för att göra denna typ av översiktliga förändringsanalyser med samtliga biotopklasser i full tematisk upplösning med tillhörande attribut såsom markanvändning eller skogsfas. Därför har vi i detta projekt främst analyserat på huvudklassnivå, men skilt ut huvudklasserna för skog och vatten, där skogen har fått en ytterligare indelning och vattnet har hanterats för sig.

Huvudklassernas fördelning över tiden

En första jämförelse mellan 2009 och 2019 kan göras genom att jämföra arealen för respektive huvudklass mellan de olika åren (Tabell 1).

Tabell 1 Av den totala ytan på 21 574 hektar fördelar sig huvudklasserna enligt följande. Dessa siffror säger inte mycket om vad som har hänt var, utan visar främst att den urbana marken ökat på bekostnad av den övriga marken, särskilt odlingsmark.

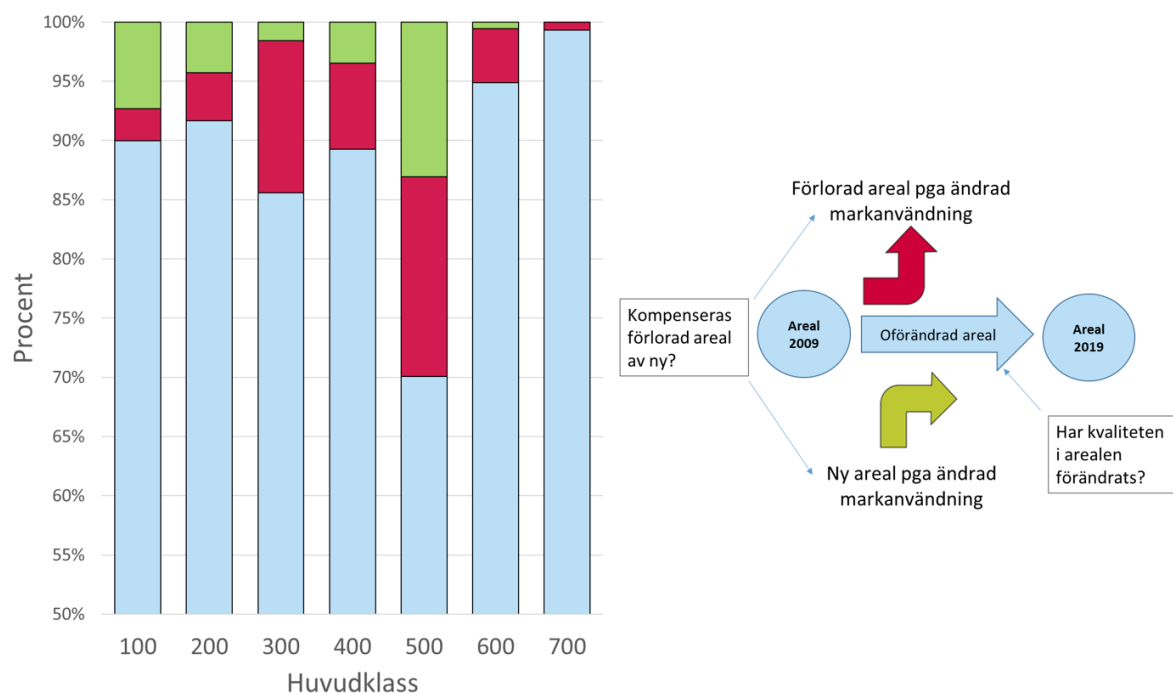
Huvudklass	Areal 2009 (ha)	Areal 2019 (ha)	skillnad (ha)
100 Urban gråstruktur	5735	6011	276
200 Urban grönstruktur	6824	6841	17
300 Odlingsmark	511	452	-58
400 Öppen mark	645	619	-25
500 Buskmark	77	74	-3
600 Skogsmark	5032	4830	-201
700 Vatten	2751	2747	-4
Summa	21574	21574	

Fördjupningar kan sedan göras, exempelvis genom att kombinera olika biotoper med olika beskrivande attribut eller titta i detalj på en skogstyp och hur den fördelar sig på olika fuktighetsregimer. Som exempel på olika detaljeringsgrad kan skogen delas upp separat på trädslag för att kunna se vilka förändringar som är de mest påtagliga. Man kan sedan gå djupare in i analysen av skogen genom att lägga på lager av attribut som t.ex. fuktighetsregim, skogsfas och markanvändning.

Förändringar mellan olika huvudklasser

Arealer kan både ha förlorats och tillkommit och det gäller att ha koll på detta. I Figur 6 ser vi att vatten är den mest stabila huvudklassen med nära 100 % oförändrad areal. Efter vatten kommer skog som till ca 95 % varit oförändrad. Där är det främst förlust av skogsmark som skett. Buskmarken, som totalt upptar en mycket liten yta, är den mest föränderliga, där har nästan lika mycket ny buskmark tillkommit som den som har försvunnit. Detta är troligen en följd av att buskmark kan uppstå snabbt och även röjas lika fort.

För de flesta huvudklasser innebär en förlust av areal (röd stapel) troligen en ekologiskt negativ förändring. För den urbana gråstrukturen (huvudklass 100) är det däremot den gröna delen av stapeln (översta delen) som innebär en negativ effekt för den biologiska mångfalden eftersom det betyder att tidigare grönstruktur har blivit exploaterad. På samma sätt innebär den röda delen av stapeln (näst överst) en något positiv förändring, då förlorad gråstruktur betyder vunnen grönstruktur. Stapeln för den urbana grönstrukturen (huvudklass 200) är något mer svårtolkad. Här beror den ekologiska effekten på vad som har tillkommit och till vad grönstruktur har förlorats. Om förlust och tillkomst har skett mellan urban grönstruktur och urban gråstruktur kan effekterna vara mindre negativa än om tillkomsten i dessa två huvudklasser sker på bekostnad av ytor från övriga huvudklasser. Notera att staplarnas höjd i Figur 6 är lika stor oavsett hur stor den totala arealen av huvudklassen är.



Figur 6. Figuren visar hur dagens huvudklassers areal fördelar sig på oförändrad areal, förlorad och nyttillkommen. Notera att staplarna börjar från 50 % för att kunna visa förändringarnas karaktär. Figuren och den grafiska teckenförklaringen baserar sig på EEAs konceptuella modell för hållbar utveckling (European Environment Agency 2006).

Förändringar i vattenmiljön

Vattnet har delats upp efter om det innehåller anläggningar eller inte. Vattnet står för 12,7 % av hela stadens yta men man kan endast förvänta sig begränsad exploatering i vattenmiljö. Även om nya småbåtshamnar, badplatser och industrier kan ha tillkommit utgör dessa fortfarande endast en begränsad andel av den totala ytan. Denna jämförelse säger inget om hur förändringarna har skett i detalj. Bara för att en huvudklass har ökat innebär detta inte att allt som tillhör den idag är oförändrat.

Innan vattnet exkluderades ur vår analys sammanfattades dess förändring, varvid vi kom fram till att 99,4 % av det öppna vattnet utan anläggningar 2009 kvarstår 2019 medan 95,2 % av vattnet med anläggningar kvarstår 2019. De största ändringarna av vattenlinjen är vid Värtahamnen där ett större kajområde har byggts på tidigare öppet vatten vilket motsvarar ca 6 ha av den tidigare vattenytan. Även kring Slussen har vattenlinjen ändrats påtagligt eller är under omformning i och med den nya Slussens tillblivelse. I och med detta lämnas vattnet därhän i denna studie. En mycket liten andel vatten har tillkommit. Detta är främst anläggning av dammar och nya vattenspeglar på restaurerade våtmarker.

Förändringar i landmiljön

I det fortsatta arbetet har alltså endast dagens landområden tagits med. Där finns som ovan har beskrivits visst vatten som har blivit land (främst urban gråstruktur), men det har vi inte tagit någon ytterligare hänsyn till.

För att utforska de verkliga förändringarna i stadens landmiljöer har först en överläggsanalys, sk Union, gjorts, där en omklassad version av de båda databaserna har lagts ihop så att man i detalj kan se vad som är oförändrat och vad som är förändrat åt något håll. Därefter har förändringsmatriser skapats (genom verktyget Pivot Table) så att varje förändring kan följas i detalj. Från dessa förändringsmatriser kan man sedan studera förändringarna på olika sätt, både vad som har hänt med 2009 års huvudklasser fram till 2019, och vad 2019 års huvudklasser bestod av 2009.

Förändring till huvudklass 100 urban gråstruktur bedöms vara den ekologiskt mest påtagliga förändringen, då den innebär att vegetation har avlägsnats från mark som tidigare var vegetationsklädd. En annan ekologiskt viktig förändring är när övriga vegetationsklädda klasser har blivit huvudklass 200, urban grönstruktur. Detta kan vara skog och annan naturmark som nu ingår i bebyggelseområden eller som har urbaniserats då parker har anlagts eller andra former av ianspråktagande har skett.

Övriga förändringar bör man vara försiktig med att dra några långtgående slutsatser av på huvudklassnivå utan mer djupgående analyser. Små ytor som har gått från öppen mark till buskmark, eller från skog till buskmark eller öppen mark kan i själva verket vara ytor som egentligen inte har ändrats så mycket, men där den automatiska analysen har tolkat verkligheten olika beroende på hur bra trädsiktets höjd mm har kunnat skattas i främst 2009 års bilder.

Resultat i arealer och andelar för landmiljön

Sett i konkreta arealer har ca 430 hektar av stadens mark (vattenområden borträknade) övergått från vegetationsklädd mark till urban gråstruktur i Stockholms stad mellan 2009 och 2019 (Tabell 2). Detta motsvarar c:a 2 % av den totala markytan i kommunen och c:a 3 % av den vegetationsklädda marken. Observera att BIOTOP SE:s höga upplösning och nya klassificeringssystem innebär att även ianspråktagande av många små fragment av vegetationsklädd mark inne i bebyggelseområden kommer med i analysen. Så har inte varit fallet vid de grövre analyser som gjorts tidigare baserat på den gamla, mer lågupplösta biotopdatabas som staden hade då.

Av dessa totalt ca 430 hektar ianspråktagen mark låg ca 300 i områden utanför ESBO-strukturen medan motsvarande siffra inom ESBO-strukturen är ca 130 ha. Detta innebär att den största förändringen, 70 % har skett i områden utanför ESBO, vilka arealmässigt står för 65 % av stadens landyta, medan förändringarna inom ESBO, som står för 35 % av landarealen, endast motsvarar 30 % av den totala förändringen. Siffrorna ska ses mot bakgrund av att Stockholm genomgått en mycket stark bebyggelsestillväxt under perioden, både när det gäller trafikleder och bostäder. Den betydligt mindre andelen förändringar inom ESBO än utanför indikerar att större delen av stadens blågröna infrastruktur hittills har kunnat upprätthållas ytmässigt trots den kraftiga befolkningstillväxten. Till bakgrunden hör också att c:a två tredjedelar av ESBO-strukturen utgörs av lagskyddade naturområden.

Går vi in och tittar inom ESBOs funktionsområden så har framförallt *kärnområdena* klarat sig bäst i förhållande till sin andel av stadens totala yta. Det är främst områden utanför ESBO som är överrepresenterade och i någon mån *livsmiljö* (Tabell 2). Däremot har kärnområdena i absoluta tal förlorat mest mark av de olika funktionsområdena inom ESBO (67 hektar).

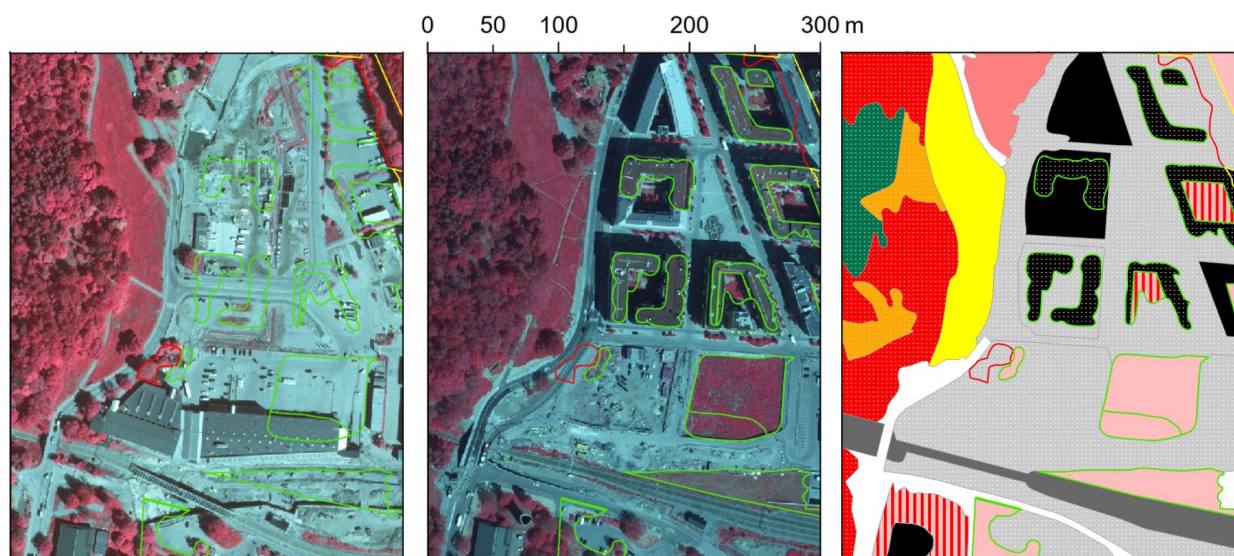
Om vi gör motsvarande jämförelse för arealen och andelen mark som har gått från icke urban vegetationsklädd mark till urban grönstruktur under motsvarande period, vilket också är en ekologiskt negativ förändring, blir bilden delvis annorlunda (Tabell 3, mittendelen). Här har totalt ca 144 ha

omvandlats och där står områden utanför ESBO endast för 51 % vilket är en underrepresentation i förhållande till deras yta på -14 %. Inom ESBO är det främst *livsmiljö* och *spridningszon* som står för en större andel av förändringen i förhållande till deras andel av kommunens storlek. Sett till förändrad areal i absoluta tal är det även här kärnområdena som har förlorat mest.

Om vi slutligen betraktar den ”förgröning” av staden som också pågår, dvs där urban gråstruktur 2009 har blivit urban grönstruktur 2019 (Tabell 3, högra delen) så motsvarar denna förändring 147 ha. Av dessa förändringar har 82 % skett utanför ESBO. Dessa förändringar beror åtminstone delvis på att områden med pågående exploatering 2009 nu har färdigställts med ny urban grönstruktur, vilket är förväntat och bra. Arealen ”förgröning” påverkas även av de gröna tak som har tillkommit. Dessa kan antingen vara befintliga tak 2009 som blivit gröna, eller gröna tak på hus som ännu inte var byggda 2009 men som 2019 tillkommit på ytor med tidigare urban gråstruktur. Det är också viktigt att komma ihåg att förlust av grönyta sällan kan ersättas med tillskott av ny grönyta. Däremot kan man sträva efter att förbättra den ekologiska kvaliteten i befintliga och tillskapade grönytor.

När det gäller ”förgröningen” generellt är områdena utanför ESBO klart överrepresenterade medan samtliga funktioner inom ESBO är underrepresenterade, särskilt *kärnområdena*. Anledningar till det senare är svåra att uttala sig om utan att titta närmare på vad som hänt, men exempelvis skulle en tänkbar förklaring kunna vara att det redan finns mycket högre grad av hårdgjorda bebyggelseområden som *kan* ”förgrönas” utanför ESBO än innanför. En annan anledning skulle kunna vara att exploateringar inom *kärnområdena* är så pass nya att urban grönstruktur ännu inte har hunnit etablerats.

Antalet gröna tak som karterats ($>200 \text{ m}^2$ på tak som är $>1000 \text{ m}^2$) har ökat i antal från 99 år 2009 till 330 år 2019, se exempel i Figur 7. Det är oklart vilken ekologisk funktion de gröna taken kan få, men allt grönt har bättre potential än det gråa. I vissa stadsdelar har majoriteten av de nya större taken gjorts gröna redan från början. Samtidigt har vi noterat att allt fler befintliga gröna tak kombineras med solcellspaneler vilket troligen kan förändra förutsättningarna för vegetationen på taken. Notera att de minsta gröna taken inte karteras i metoden varför mängden grön takyta i själva verket kan vara mycket större. Dessa behöver undersökas med mer detaljerad metodik eftersom de faller under den minsta karteringsenheten för finmaskig urban grönstruktur. Dessutom är de ofta inbäddade i annan urban grönstruktur och därmed svåra att hitta med automatiska metoder.



Figur 7 Positivt exempel på pågående ”förgröning” i staden. I områden som, genom pågående exploatering, var urban gråstruktur 2009 (tv) har delar av marken återställts till grönyta 2019 (mittbilden). Detta har skett dels genom gräsmattor och dels genom gröna tak. Teckenförklaring till biotopkartan i högra bilden finns i bilaga 1.

Tabell 2. Förändringar inom Stockholms stad mellan 2009 och 2019 uttryckt i arealer och andelar för när vegetationsklädd mark har ersatts av urban gråstruktur, dvs exploaterats med vägar, bebyggelse och andra hårdgjorda ytor. Representativiteten är ett mått på hur representativ varje förändring är i förhållande till sin andel av stadens landyta.

Geografiskt markområde		Markyta som blivit urban gråstruktur		
Namn	andel av stadens landyta	ha	%	representativitet
Utanför ESBO	65 %	302	70 %	4,9 %
ESBO Kärnområden	22%	67	15 %	-7,0 %
ESBO Livsmiljö	5 %	31	7 %	2,2 %
ESBO Spridningszon	8 %	34	8 %	-0,1 %
Totalt		434		

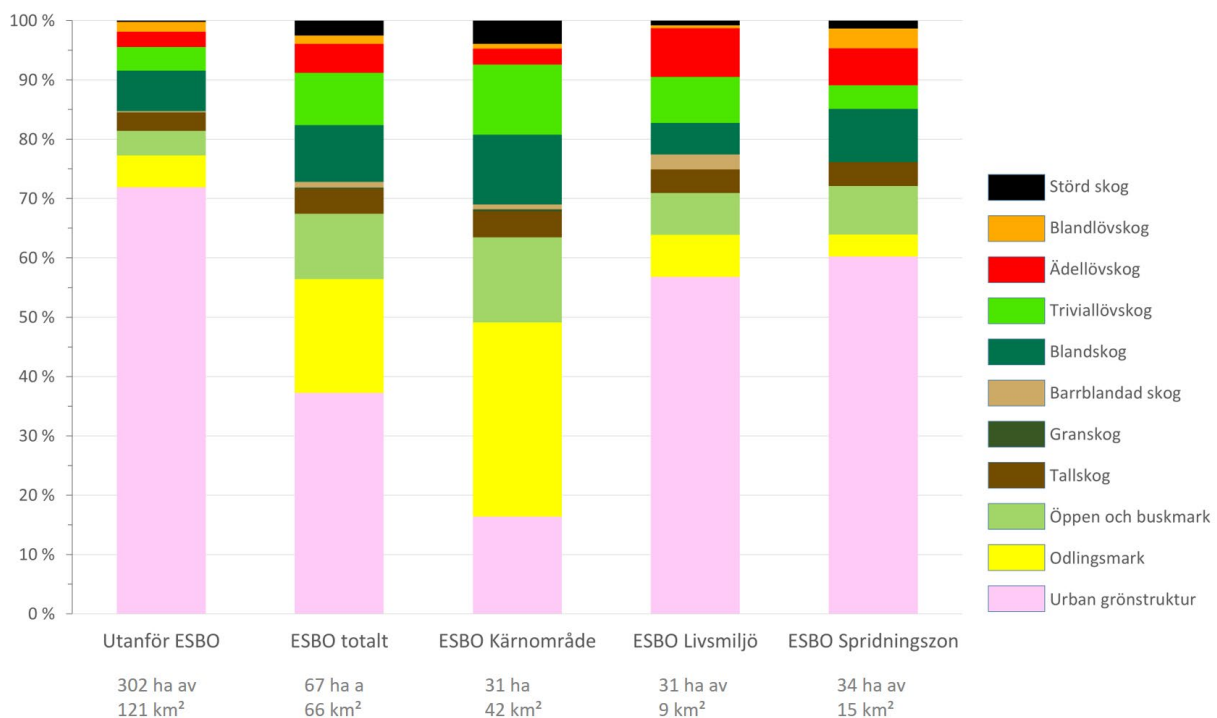
Tabell 3. Förändringar inom Stockholms stad mellan 2009 och 2019 uttryckt i arealer och andelar där mer naturlig vegetationsklädd mark har ersatts av urban grönstruktur, dvs tomtmark, gräsmattor, parker och liknande. Till höger i tabellen anges istället förändringar från grått till grönt. Representativiteten är ett mått på hur representativ varje förändring är i förhållande till sin andel av stadens landyta.

Geografiskt markområde		Ej urbana biotoper som blivit urban grönstruktur			Urban gråstruktur som blivit urban grönstruktur		
Namn	andel av stadens landyta	ha	%	Representativitet	ha	%	Representativitet
Utanför ESBO	65 %	73	51 %	-13,9 %	121	82 %	17,4 %
ESBO Kärnområden	22 %	37	26 %	3,6 %	15	10 %	-12,2 %
ESBO livsmiljö	5 %	17	12 %	6,7 %	6	4 %	-1,0 %
ESBO Spridningszon	8 %	17	12 %	3,6%	6	4 %	-4,1 %
Totalt		144			147		

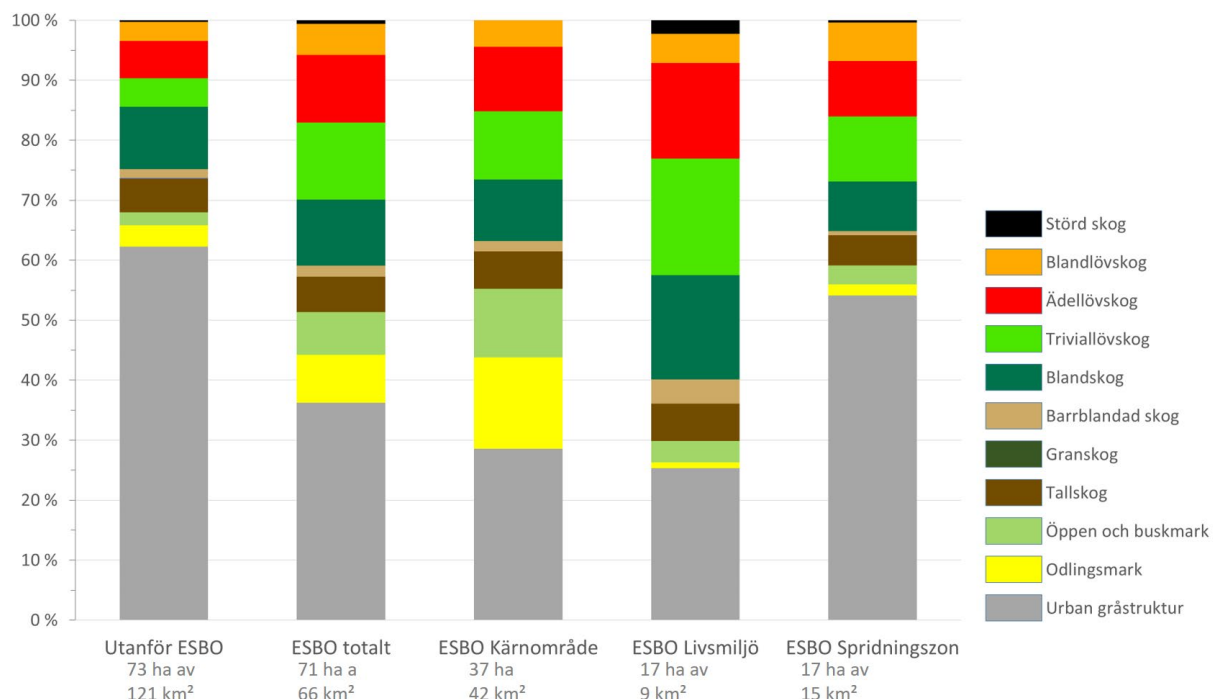
Förändringarnas ursprungsklasser

Nästa fråga vi sökt svar på är *vad* som blivit grått respektive grönt. Det första sättet att åskådliggöra dessa förändringar är genom att illustrera andelen huvudklasser som gått förlorade per ESBO-funktion respektive utanför ESBO (figur 8-9). I Figur 8 ser vi att det i alla områden utom *kärnområden* i första hand är urban grönstruktur som har exploaterats, men i *kärnområdena* är det främst de övriga huvudklasserna som har exploaterats. Det är viktigt att komma ihåg att arealerna är betydligt mindre i *kärnområden* (Tabell 2), men indikerar dock att ekologiska värden kan ha kommit till skada. Det är förstås glädjande att merparten av den mark som tagits i anspråk redan har varit urbant påverkad, men övriga huvudklasser står för en betydande andel av förändringarna, främst inom ESBO kärnområde.

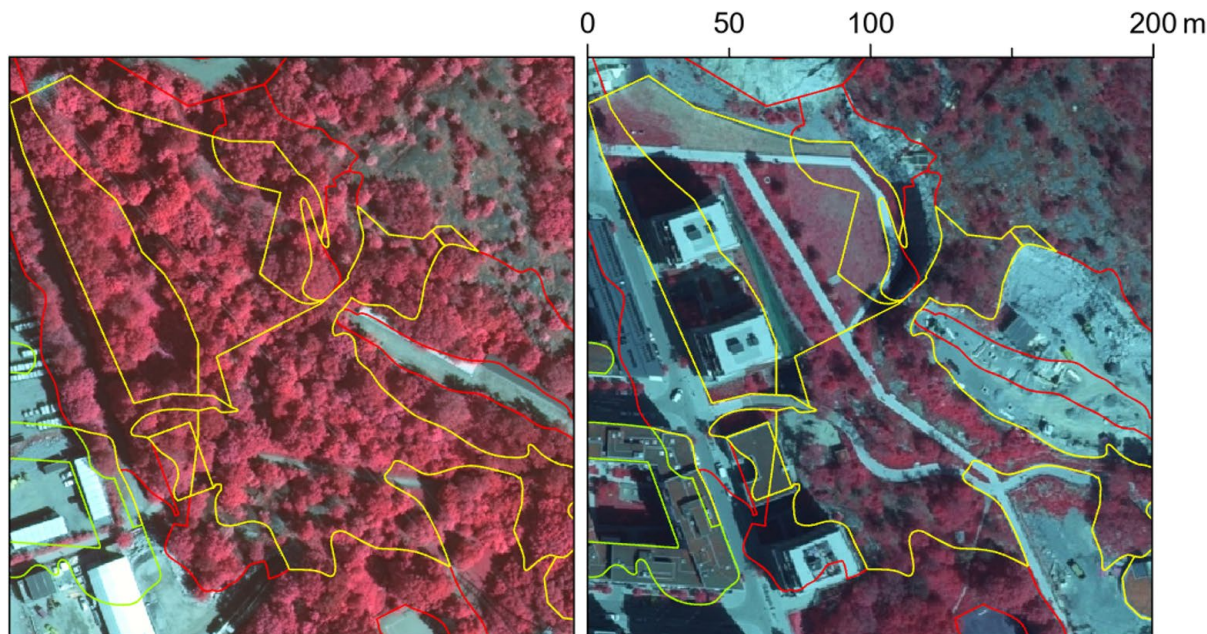
Ett liknande mönster kan ses för mark som blivit urban grönstruktur (Figur 9). Å ena sidan kan det verka alarmerande att andelen ”parkifierad” mark är så stor inom ESBO. Å andra sidan ska man komma ihåg att arealerna är betydligt mindre där. Till parkifierad mark räknas inte naturvårdsåtgärder som frihuggning av gamla ekar och utglesning av trädklädd betesmark. Exempel på en mer markant typ av förändring från naturmark till urban grönstruktur visas i Figur 10, där ett sammanhållet parti med ädellövskog har ianspråktagits för bebyggelse. Utöver själva huskropparna har skogen invid dem även ersatts av grönytor med lägre naturvärden. Detta är ett exempel på ”parkifieringen”.



Figur 8. Andelen mark som har blivit **urban gråstruktur** mellan 2009 och 2019. Notera att staplarna endast visar relativa andelar och inget om förändringens storlek. Stapelns totala areal anges i km² och den totala förändrade arealen anges som hektar under staplarna. I detta diagram har huvudklass Skog delats in i sina 8 skogstypsklasser. Samtliga klasser i staplarna indikerar negativ ekologisk förändring.



Figur 9. Andelen mark som har blivit **urban grönstruktur** mellan 2009 och 2019. Notera att staplarna endast visar relativa andelar och inget om förändringens storlek. Stapelns totala areal anges i km² och den totala förändrade arealen anges som hektar under staplarna. I detta diagram har huvudklass Skog delats in i sina 8 skogstypsklasser. Den grå delen av staplarna indikerar positiv ekologisk förändring, medan de övriga klasserna i de allra flesta fall indikerar en negativ förändring.



Figur 10. Exempel på "parkifiering" där ett område dominerat av ädellövskog på berg i dagen har omvandlats till en park med gångvägar, spridda träd och nya gräsmattor (Områden inringade i gult står för förändring till urban grönstruktur mellan 2009 och 2019 Områden inringade i rött står för ytor där vegetationen har avlägsnats helt).

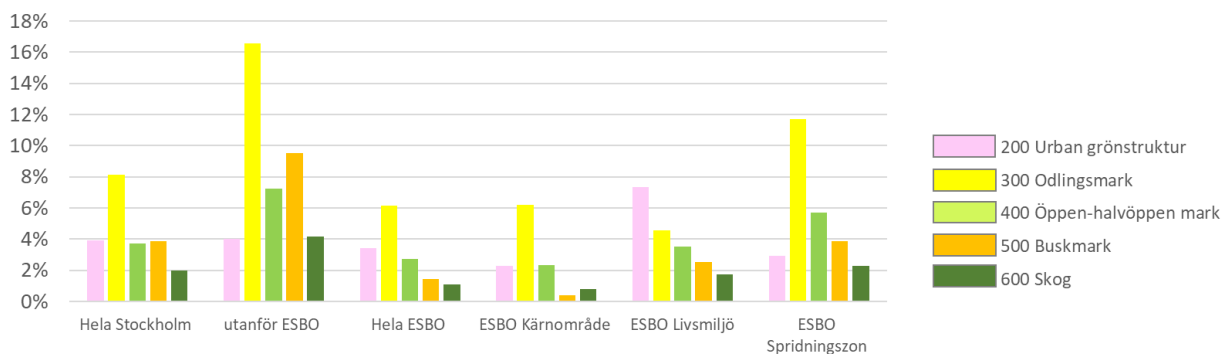
Andel av respektive klass som försvunnit

Det andra sättet vi har valt att illustrera förändringar är genom att visa andel förändring av respektive huvudklass totalyta och inte i relation till hela stadens yta (Figur 11-12). Detta är för att kunna visa den relativa förändringen per område respektive per huvudklass. De i särklass minsta huvudklasserna till ytan är huvudklass 500 buskmark, följt av 300 Odlingsmark och 400 Öppen-halvöppen mark (se Figur 1). Dessa utgör en mycket liten andel försvunnen mark i hektar räknat, men långt ifrån obetydlig andel minskning i förhållande till den totala utbredningen av respektive huvudklass 2009 (Figur 11). Den urbana grönstrukturen som blivit gråstruktur förväntas ha mindre konsekvenser på den biologiska mångfalden, då den redan var urbant påverkad.

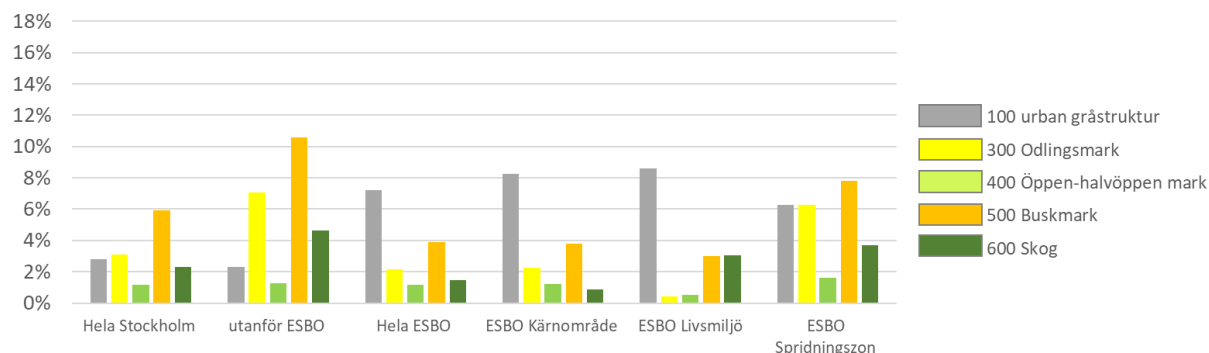
Här ser vi i den första stapelsvärmen *Hela Stockholm* hur stor andel av respektive huvudklass som har försvunnit i de förändringar som har skett. Sett på hela Stockholm är det främst odlingsmark som har tagits i anspråk där drygt 8 % av dess areal har försvunnit. Det går inte att analysera dessa skillnader utan mer djupgående analyser. Men precis som cirkeldiagrammen i figur 3-5 illustrerar att betraktelseytans avgränsning har stor betydelse för hur landskapet ser ut, så får också de olika förändringarna olika konsekvenser för respektive huvudklass beroende på vilket ESBO-funktionsområde man tittar på.

Motsvarande figur för den något mindre påtagliga förändringen, den där andelen mark i andra huvudklasser har blivit 200 Urban grönstruktur, visar ett annat mönster (Figur 12). Där har en hel del urban gråstruktur blivit någon form av grönområde, men där har även främst odlingsmark, som i första hand är kultiverade gräsmarker som var åkermark på 50-talet, och buskmark blivit omvandlade.

Om man ska göra en försiktig analys av fördelningen av förändringarna inom respektive utanför ESBO enligt Figur 11, så har den största andelen förändring per huvudklass skett utanför ESBO. Det ser dock ut som att ESBO:s *spridningszon* har ändrats lika mycket i andel av respektive huvudklass som områden utanför ESBO.



Figur 11. Figuren visar andelen mark för respektive övriga huvudklass 2009 som har blivit 100 Urban gråstruktur, dvs avlägsnad vegetation. Notera att staplarna därmed inte är jämförbara *mellan* respektive huvudklass utan redovisar just förändringen *inom* respektive huvudklass. För andelar av totala förändringen, se Figur 3.



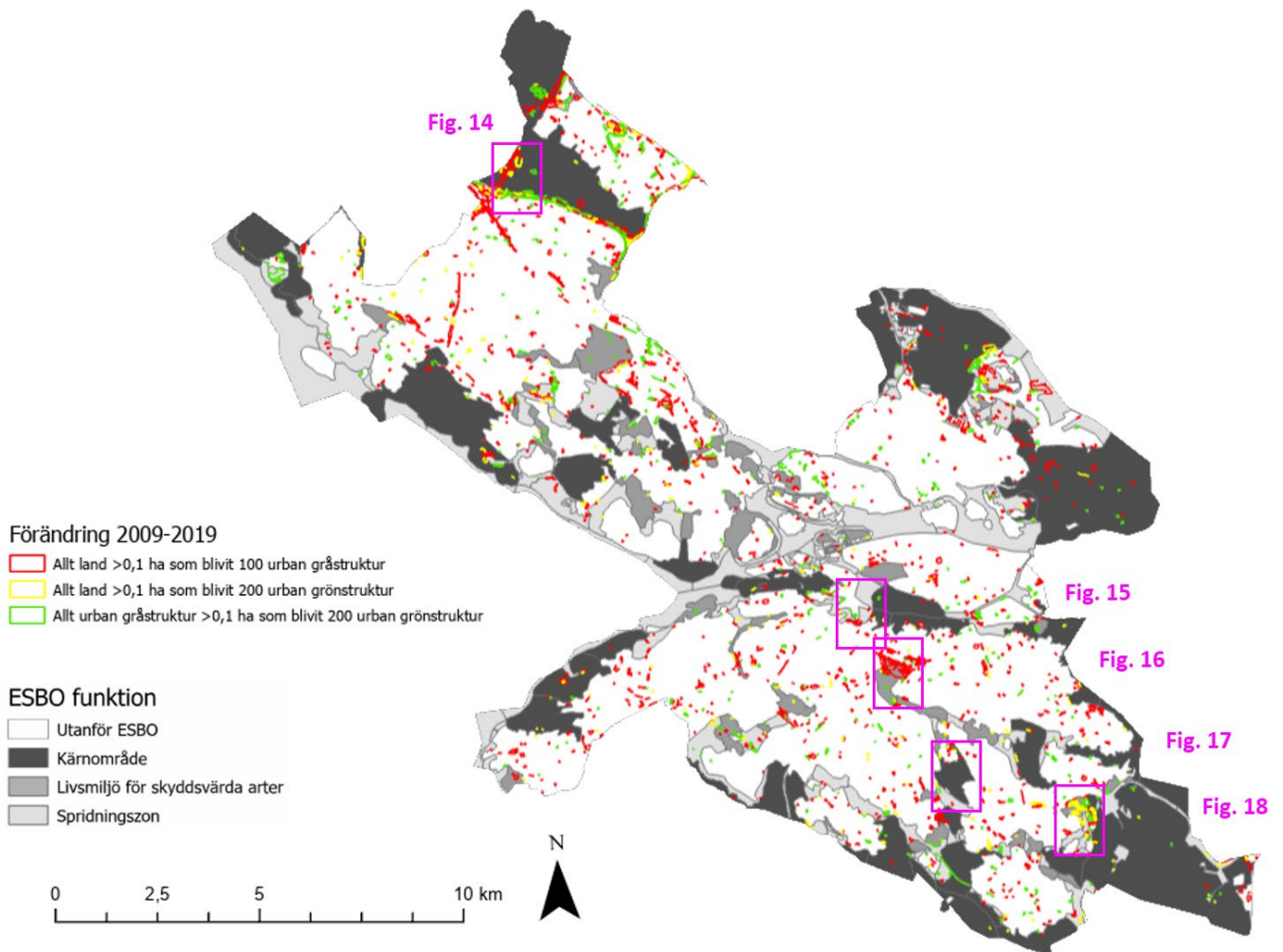
Figur 12. Figuren visar "parkifiering", dvs andelen mark för respektive övrig huvudklass 2009 som har blivit 200 Urban grönstruktur, dvs avlägsnad vegetation. Notera att staplarna därmed inte är jämförbara mellan respektive huvudklass utan redovisar just förändringen inom respektive huvudklass. För andelar av totala förändringen, se Figur 4.

Förändringsanalys baserad på geografiskt mönster och placering

Projektet har också fokuserat på att titta på hur förändringarnas mönster och karaktär i olika delar av staden kan studeras. Man skulle kunnat tänka sig att göra dessa analyser på flera nivåer. Inom detta projekt har vi nöjt oss med att titta på förändringarnas fördelning inom respektive utanför ESBO, samt även att titta på hur förändringarna skiljer sig i de tre olika funktionerna inom ESBO; *kärnområden*, *livsmiljö* samt *spridningszon*. Det är främst inom ESBO som frågor såsom "naggade i kanten", fragmentering, habitatförlust mm kan besvaras.

Figurerna 10-19 visar konkreta sätt att synliggöra pågående förändringar genom att visa deras läge och ekologiska betydelse överlagrat ESBO-områdena, men även genom närbilder där ortofotot från 2009 och 2019 visas för att mer i detalj illustrera vad som har hänt.

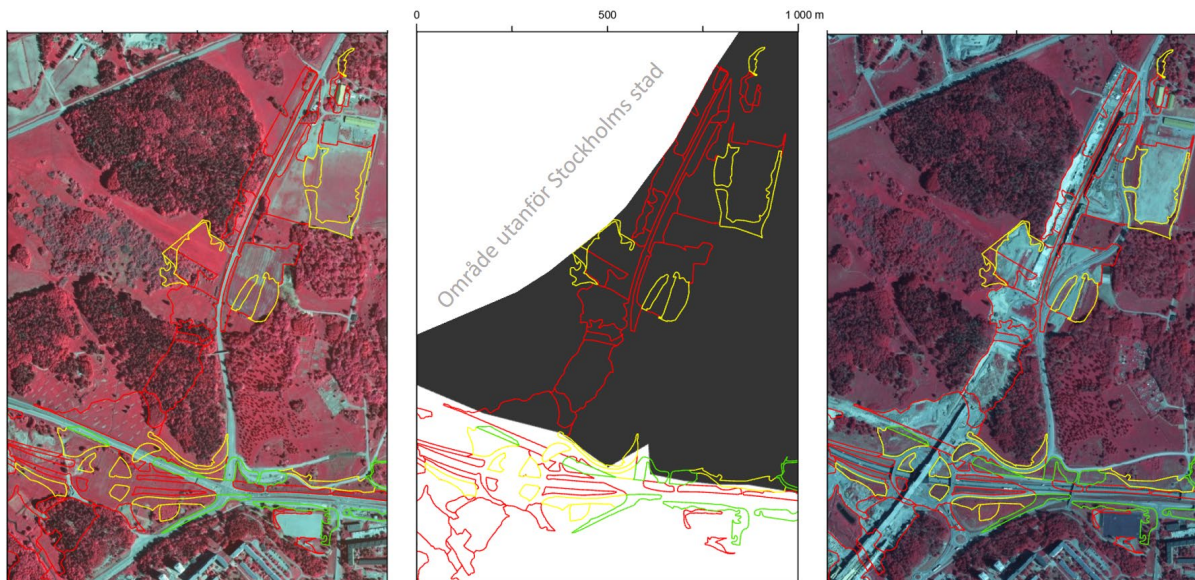
Denna typ av illustrationer är hjälpsamma vid kommunikation av förändringarnas läge. Man kan tydligt se om förändringar till exempel har naggat *kärnområden* i kanten eller skurit av funktionella områden som borde hänga ihop i större stråk. Vid fördjupning kan man gå vidare med mer avancerade GIS-analyser av databaserna för att t.ex. se hur spridningsnätverk för olika fokusarter påverkas över tid. Detta arbete har påbörjats av miljöförvaltningen.



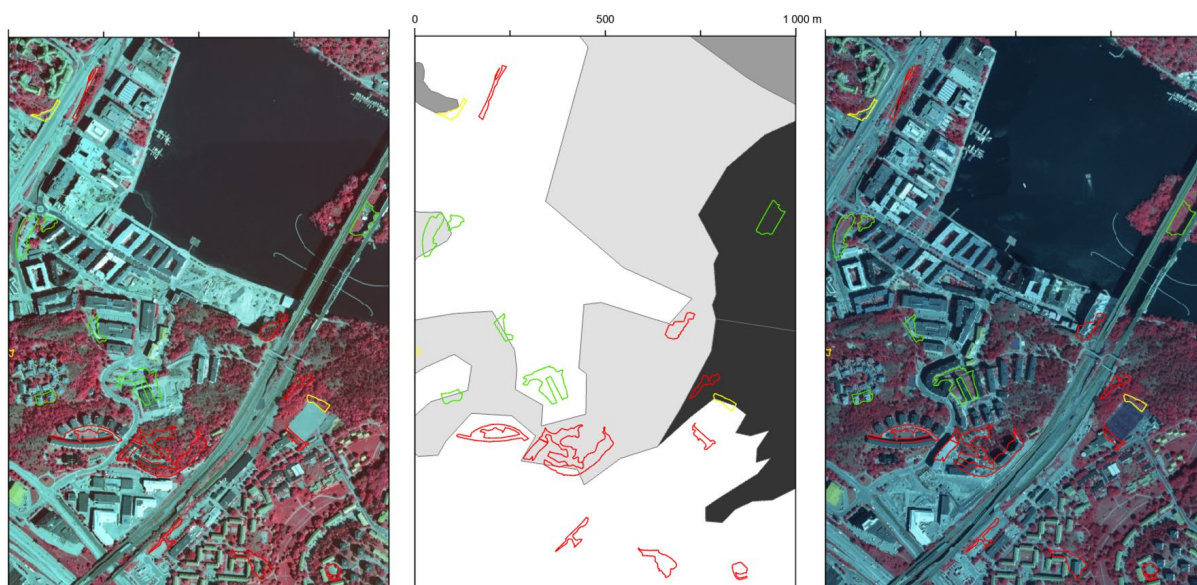
Figur 13 Översikt över hela Stockholms stad med ESBO funktionsområden i gråskala i bakgrunden och alla förändringar (ytor >1000 m²) från något annat till 100 urban gråstruktur (i rött) eller till 200 Urban grönstruktur (i gult), samt från urban gråstruktur till urban grönstruktur (i grönt). Förändringarna är väl fördelade över hela staden, men är till delar aggregerade beroende på större väg- och spårutbyggnader samt nya sammanhängande bostadsområden. Notera att förändringarna ser större ut än vad de egentligen är då gränserna är bredare för att de ska synas i bilden. Vill man studera detta i detalj kan man titta på respektive exempel på följande sidor.

Närbilderna nedan visar geografiskt några av de allra tydligaste förändringarna som skett i ESBO-strukturen mellan 2009 och 2019. Eftersom staden vuxit snabbt under den aktuella perioden är det inte förvånande att negativa förändringar dominerar vid en översiktlig förändringsanalys som denna. Figur 14 utgör exempel på ett *kärnområde* på Järvafältet i Västerort som både fragmenterats genom ett motorvägsbygge (den ekologiska funktionen fortsätter i själva verket utanför kommungränsen) och naggats i kanten av ett annat motorvägsbygge. Figur 15, som gäller en från början svag *spridningszon* kring Årstadal/Nybodahöjden i Söderort, visar exempel på både fragmentering och viss ”förgröning” genom tillskapande av innergårdar och liknande gröna ytor utanför spridningszonen, vilket delvis men inte helt kan bidra till att kompensera för intrånget. I Figur 16 syns ett kärnområde vid Högdalstopparna i Söderort som både naggats i kanten och fragmenterats så att forbindelsen med spridningszonen söderut försämrats. I Årsta-fältets *livsmiljö* i Figur 17 har biotopförlusten blivit så stor vid utbyggnaden att det är osäkert om

återstående delar av området har kunnat behålla sin ekologiska funktion eftersom den i hög grad varit knuten till stora ytor av öppen gräsmark. Figur 18 visar exempel på främst fragmentering i ESBO-strukturens tre ekologiska funktioner i Sköndal, men även viss tillförsel av grönska på tomtmark i det nya bostadsområdet.

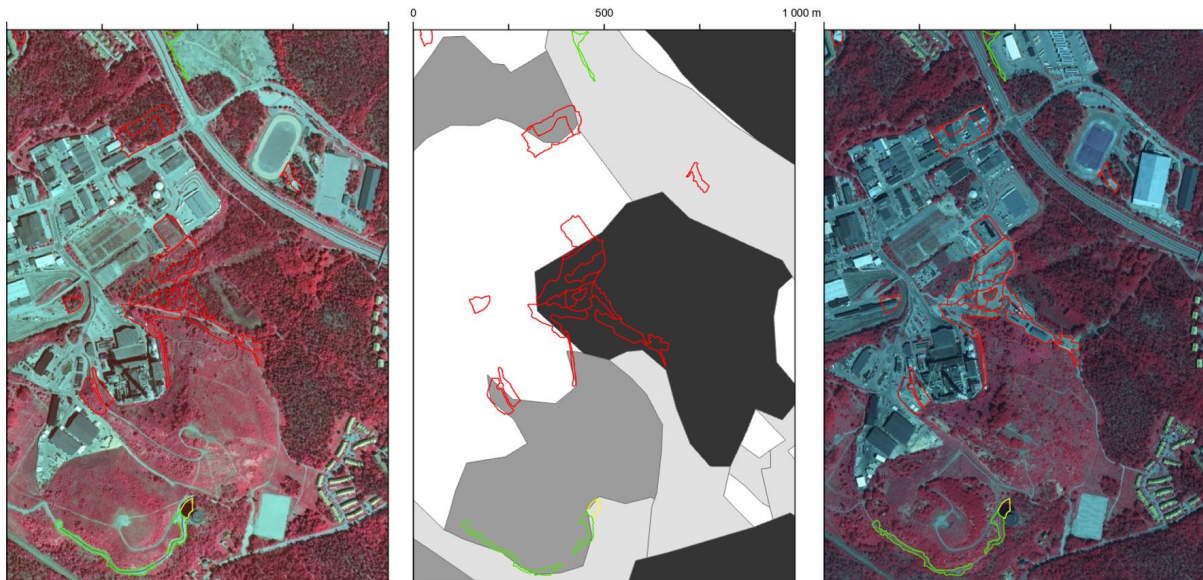


Figur 14. Det största området i ESBOs kärnområden som har påverkats tillhör den regionala grönstrukturen på Järvafältet, där utbyggnad av motorvägen Förbifart Stockholm sker. Kärnområdet inom Stockholm har både naggats i kanten och fragmenterats när skog och odlingsmark ianspråktagits. Totalt omfattar detta område ca 25 hektar (röda och gula ytor). Viss "förgröning" har skett (gröna ytor). De tre närbilderna visar södra delen av området. Bilden till vänster är ett IR-ortofoto från 2009 och bilden till höger ett motsvarande foto från 2019. I mitten ses ESBO (vitt = utanför ESBO eller utanför kommungränsen, mörkgrått = kärnområde).

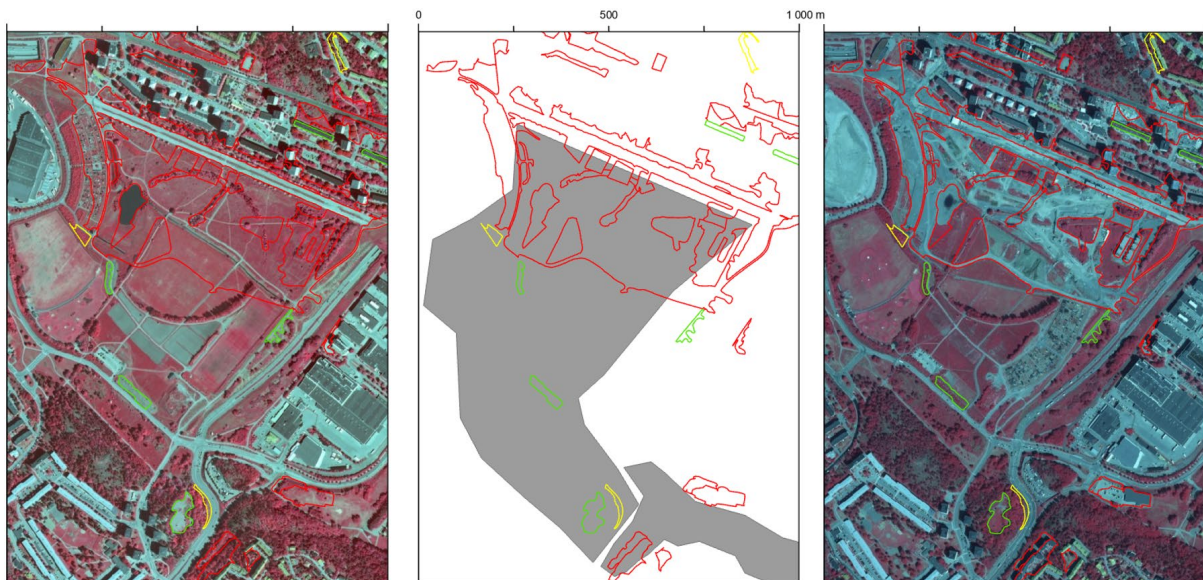


Figur 15. En av ESBOs spridningszoner som påverkats under perioden är området kring Årstadal/Nybodahöjden. Zonen förbinder kärnområdena Årstaskogen och grönområdet kring sjön Trekanten, där fragmenteringen ökat, även om viss grönska tillkommit genom anläggande av t.ex. innergårdar. De tre närbilderna visar östra delen av området. Bilden till vänster är ett IR-ortofoto från 2009 och bilden till höger ett motsvarande foto från 2019. I mitten ses ESBO (vitt = utanför ESBO eller utanför kommungränsen, mörkgrått = kärnområde, medelgrått = livsmiljö och ljusgrått = spridningszon). Teckenförklaring till röda, gula och gröna ytor, se figur 13.

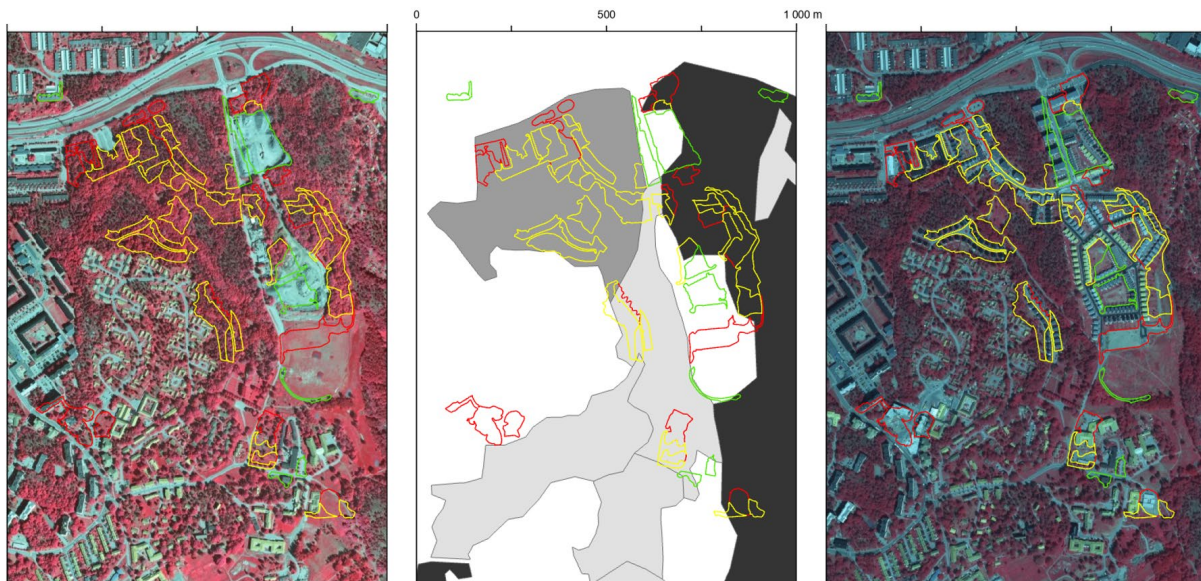
Enklare förändringsanalys kan även genomföras på den initiala pixelklassificering som utgör en viktig del i Steg1-databasens uppbyggnad (Figur 2). Här kan man följa skillnader per 1 m pixel och se vad som 2009 varit vegetation (gult, orange och grönt) som 2019 har blivit icke-vegetation (svart och grått). En sådan förändringsanalys är inte lika träffsäker med avseende på detaljer i landskapet men visar snabbt och överblickbart var förändringar har skett som sedan kan detaljstuderas i flygbilder eller i fält.



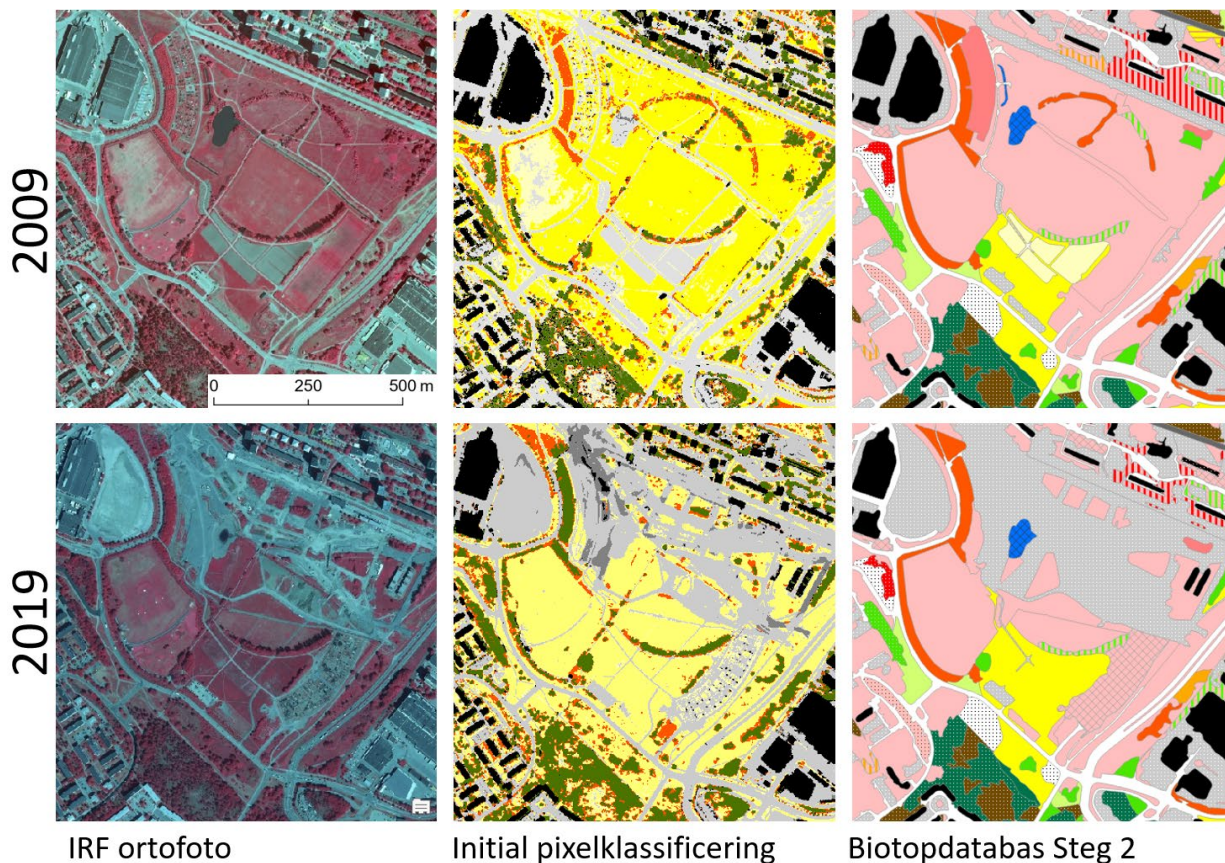
Figur 16. Detta exempel visar ett område sydost om Bandhagen vid Högdalstopparna där ett kärnområde har påverkats mycket i kanten och därmed minskat. Bilden ovan till vänster är ett IR-ortofoto från 2009 och den till höger är motsvarande bild från 2019. I mitten ses ESBO (vitt = utanför ESBO, mörkgrått = kärnområde, medelgrått = livsmiljö och ljusgrått = spridningszon). Teckenförklaring till röda, gula och gröna ytor, se figur 13.



Figur 17. Detta exempel visar en större livsmiljö på Årstafältet som har minskat mycket i sin norra del. Bilden ovan till vänster är ett IR-ortofoto från 2009 och den till höger är motsvarande bild från 2019. I mitten ses ESBO (vitt = utanför ESBO, , medelgrått = Livsmiljö, medan övriga ESBO-funktioner saknas i området). Teckenförklaring till röda, gula och gröna ytor, se figur 13.



Figur 18. Exemplet visar ett område i Sköndal där både kärnområde, livsmiljö och spridningszon har påverkats av en serie exploateringar. Bilden ovan till vänster är ett IR-ortofoto från 2009 och den till höger är motsvarande bild från 2019. I mitten ses ESBO (vitt = utanför ESBO, mörkgrått = kärnområde, medelgrått = livsmiljö, och ljusgrått = spridningszon). Teckenförklaring till röda, gula och gröna ytor, se figur 13.



Figur 19 visar infraröda flygbilder över Årstafältet samt motsvarande två olika underlag för förändringsanalys. De primära är de producerade biotopdatabaserna (ovan th) som genom överläggsanalys kan ta fram skillnadsbilder mellan åren som sedan kan analyseras vidare (teckenförklaring, se Bilaga 1). Ovan i mitten visas den initiala pixelklassningen för varje år som använts för att skapa biotopdatabaserna. Dessa raster kan också användas för att studera förändring i detalj som inte fångas upp i en biotopdatabas med minsta generella karteringsenhet på 0,1 ha

Slutsatser och rekommendationer

Vilken roll kan biotopdatabaser spela i miljöövervakning?

Biotopdatabaser kan spela en stor roll inom övervakning av landskapsförändringar, vilka i sin tur speglar biologisk mångfald både när det gäller variationen av olika ekosystem och den geografiska distributionen av ekosystemens förutsättningar för artrikedom. Förändringsanalyser över tid kan tala om i vilken riktning olika delar av landskapet utvecklas i detta hänseende.

Denna typ av övervakning skiljer sig en del från den traditionella miljöövervakningen, som ofta är fältbaserad och bygger på långa mätserier i provpunkter med detaljerad information.

Biotopdatabaserna ger en mer översiktlig bild av biologisk mångfald än artinventeringar och jämförelser kan användas för att hitta såväl större mönster av förändringar på landskapsnivå som djupare information om olika platser.

Slutsatser från både direkta förändringsanalyser av biotopernas utbredning och från jämförelser i tiden mellan ekologiska analyser baserade på biotopinformationen, t ex habitatmodelleringar eller kartering av grön infrastruktur, kan i sin tur fungera som stöd i stadsplaneringen. Planering av ny bebyggelse såväl som planering av ekologiska förstärkningsåtgärder är exempel på verksamheter där biotopdatabaserna, och derivat av dessa, kan utgöra viktiga kunskapsunderlag.

Genom sin rumsliga dimension möjliggör biotopdatabaserna att man kan studera små områden i en stor rumslig kontext. Resultaten från detta projekts analyser av olika funktioner i ESBO-strukturen, dvs stadens gröna infrastruktur, visar exempelvis att det är ytor inom huvudklassen *urban grönstruktur* som i första hand ianspråktagits, både innanför och utanför ESBO, men att en viss, alls inte obetydlig, del av själva ESBO-strukturen också påverkats. För att få en bild av de ekologiska konsekvenserna av detta krävs dock fördjupade undersökningar.

Biotopdatabaserna och analysresultat baserade på dessa kan verifieras eller kalibreras genom att kombinera datat med fältinventeringarnas kunskap om faktiska förekomster av olika arter och artgrupper. Detta är mycket viktigt, inte minst när man avser att ta fram nya spridningsnätverk och göra habitatanalyser för olika arter i landskapet. Vidare analyser av strukturen på förändringarna, t ex habitatförlust, kvalitetsförändring, fragmentering och krympning, kan också göras med utgångspunkt från biotopdatabaserna. Tillsammans med andra data utgör biotopdatabaserna en viktig grund och startpunkt till många tänkbara vidare analyser och förändringsstudier, samtidigt som de redan i sig själva säger en hel del om Stockholmsnatures utveckling.

Den metodik för förändringsanalys som lagts grunden till inom projektet kan användas i Stockholms stads miljöövervakning och uppföljning av blå- och grönytors samt ESBO:s långsiktiga utveckling inom staden. Förhoppningsvis kan metodiken tillämpas även av andra kommuner samt – med lämpliga modifieringar - på regional nivå. Även för Stockholms stad kan man med fördel göra ytterligare fördjupningar och anpassningar.

Utmaningar för övervakningen

En utmaning vid användning av biotopdatabaser i miljöövervakning är tidsaspekten; dels tar det tid och en hel del arbete att framställa dem fullt ut med flygbildstolkning, dels är tillgången på relevanta flygbilder begränsad till vissa år då flygningar utförs vid lämpliga tidpunkter av Lantmäteriet. Frekvensen i övervakningstillfällena kan därför bli låg, samtidigt som man bör ha i åtanke att ekologiska förändringar ofta tar flera år i anspråk.

En annan utmaning är upplösningen. Detta projekt har visat att högupplösta biotopdatabaser ger utomordentliga förutsättningar för olika former av detaljerade analyser, samtidigt som den ökade

informationsmängden och finkornigheten i objekten kan göra att hanteringen tar längre tid och kräver mer datorkraft.

Tekniken för GIS-baserade analyser har utvecklats och fortsätter utvecklas i snabb takt. Med framtida AI (artificiell intelligens) kan många moment vara möjliga att effektivisera som idag tar mycket tid och energi att skapa.

Felkällor och saker att tänka på

Det är viktigt att ha rätt mindset när det gäller både framställande och användning av data som genererats från en hybridmetod som denna. Där finns generaliseringsprinciper, osäkerheter, minsta karteringsenheter mm som är av vikt att känna till. Dessutom uppstår det så gott som alltid problem med jämförbarheten i detaljer i en biotopdatabas. Inte minst beror detta på att de ortofoton vi använder i nuläget vid flygbildstolkningen inte är sk true-orto som ser allt rakt uppför utan alla objekt som reser sig ovan marken kommer att luta åt olika håll beroende på var i den centralprojicerade bilden de förekommer. Detta gör att skuggor från främst byggnaderna, men även från skogsgränsen, kommer att göra att objekt flyttar sig en aning. Olika kameraegenskaper och framförallt olika tid under vegetationssäsongen kan också ge falska klassningar och skillnader från gång till gång. För att minska felkällorna är det viktigt att försöka se till att databaser som ska jämföras med varann över tid håller så liknande kvalitet som möjligt,

Rekommendationer

I mycket stora kommuner är det troligt att betydande delar av biotopdatabasen förblir i Steg1-form. Det återstår ännu att undersöka hur väl det går att använda denna form i förändringsanalyser. Steg1-databasen behöver i så fall synkroniseras med en befintlig sådan. Metodiken att återanvända beständig information, eller information som redan har tolkats och bedöms finnas kvar över tid, är väl beprövad (Skånes 1996). I första hand kan en ny Steg1-databas användas för att snabbt ta reda på var det finns omfattande eller allvarliga förändringar i ett studieområde med en befintlig äldre databas. Här kan man snabbt överlagra områden med de urbana huvudklasserna 100 och 200 samt störd skog (skog som saknar träd), för att direkt veta var man behöver göra fortsatta uppdateringar inför en förändringsanalys.

Var alltid försiktig när rumsliga data används. Kom ihåg att vara medveten om begränsningar i data, både vad avser rumslig upplösning och tematisk osäkerhet. Betänk att BIOTOP SE:s biotopdatabaser är ett sätt av många att klassificera och sammanfatta det komplexa kontinuum som vårt omgivande landskap utgör. Biotopdatabasen är ett av många verktyg som kan användas och det är viktigt att man noggrant går igenom vad man avser att ställa frågor om till databasen. Genom smarta kombinationer av de olika attributfälten, vilka i databasen är betydligt mer detaljerade än vad som använts i den översiktliga analysen i denna rapport, bör man kunna få en tydligare bild av såväl landskapets ekologiska funktioner idag som av konsekvenser av tidigare och framtida förändringar.

En så omfattande fel- och brusreducering som gjorts i vår analys är troligen inte genomförbar över framtida stora ytor. Men bedömningen är att dessa problem främst uppstått genom att 2009 års indata varit av sämre kvalitet än vad framtida data förväntas vara. Förhoppningsvis blir alltså denna felkälla mindre i framtiden. En annan strategi kan vara att inte använda ytor <200 m² i förändringsanalysen, även om detta istället kan medföra andra problem.

Vår förhoppning är att resultaten, förslagen och slutsatserna från detta LONA-projekt som redovisas ovan ska bli till nytta för andra kommuner som vill göra liknande förändringsanalyser och även för det regionala projektet med BIOTOP SE.

Referenser

- Boverket. (2019). Rumsliga förutsättningar för ekosystemtjänster i den byggda miljön. Hämtad från <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2019/rumsliga-forutsattningar-for-ekosystemtjanster.pdf>
- Bunce, R. G. H., Metzger, M. J., Jongman, R. H. G., Brandt, J., De Blust, G., Elena-Rossello, R., Groom, G. B., Halada, L., Hofer, G., Howard, D. C., Kovář, P., Múcher, C. A., Padoa-Schioppa, E., Paelinx, D., Palo, A., Perez-Soba, M., Ramos, I. L., Roche, P., Skånes, H. & Wrba, T. (2008). A standardized procedure for surveillance and monitoring European habitats and provision of spatial data. *Landscape Ecology*, 23(1). <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9173-8>
- Cherrill, A., & McClean, C. (1999). The reliability of 'Phase 1' habitat mapping in the UK: the extent and types of observer bias. *Landscape and Urban Planning*, 45(2–3), 131–143.
- Cherrill, A., & McClean, C. (2016). Between-Observer Variation in the Application of a Standard Method of Habitat Mapping by Environmental Consultants in the UK Author (s): Andrew Cherrill and Colin McClean Source : *Journal of Applied Ecology* , Vol . 36 , No . 6 (Dec . , 1999), pp . 989–, 36(6), 989–1008.
- European Environment Agency (2006). Land accounts for Europe 1990–2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. EEA Report No 11/2006.
- Ernits, H. (2018). Omgiven av Gränsgångare. Hämtad från <https://sphallbarastader.files.wordpress.com/2018/12/gransgangare-i-offentlig-sektor.pdf>
- ESRI. (2018). ArcGIS Desktop Pro.
- Foody, G. M. (2010). Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data. *Remote Sensing of Environment*, 114(10), 2271–2285.
- Gustafsson, F., & Netz, A. (2018). Social innovation i Sverige - Kartläggning av ekosystemet för social innovation.
- Ihse, M. (2007). Colour infrared aerial photography as a tool for vegetation mapping and change detection in environmental studies of Nordic ecosystems: A review. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 61(4), 170–191.
- Ihse, M., & Blom, G. (2000). Monitoring changes in land-use, landscape features, biodiversity and cultural heritage in Sweden ? the LIM-project. I R. H. G. Jongman & Ü. Mander (Red.), *Consequences of Land Use Changes (Advances i, s. 39–74)*. WITT Press, Southampton ? Boston.
- Ihse, M., & Lindahl, C. (2000). A holistic model for landscape ecology in practice: The Swedish survey and management of ancient meadows and pastures. *Landscape and Urban Planning*, 50(1–3), 59–84.
- Käyhkö, N., & Skånes, H. (2006). Change trajectories and key biotopes - Assessing landscape dynamics and sustainability. *Landscape and Urban Planning*, 75(3–4).
- Länsstyrelsen i Stockholm. (2018). Grön infrastruktur - Regional Handlingsplan för Stockholms län.
- Löfvenhaft, K. och Ihse, M. 1998. Biologisk mångfald och fysisk planering. Landskapsekologisk planering med hjälp av flygbildsbaserad fjärranalys. Forskningsrapport No 1098. Institutionen för naturgeografi, Stockholms universitet, 77s.
- Löfvenhaft, K., Björn, C., & Ihse, M. (2002). Biotope patterns in urban areas: A conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 58(2–4), 223–240.
- Skånes, H., 2022 (opublicerad). BIOTOP SE (DBM220630) - Metodiken och biotopdatabasen i korthet. Leveransbrev som skickas med leveranser av Biotop-databasen

Biotopdatabas - verktyg för övervakning av biologisk mångfald
28 (29)

- Skånes, H., Koffman, A., (2020). Stockholms biotopdatabas. Steg 2 med flygbildstolkning. En rapport från miljöförvaltningen i samverkan med Stockholms universitet och Calluna AB. Opublicerad.
- Stockholms stad, 2014. Stockholms ekologiska infrastruktur Bakgrund och beskrivning av databas och karta. PM från Miljöförvaltningen 2014-02-14.
- Wiens, J. A. (2016). Uncertainty and the relevance of ecology (2008). I Ecological Challenges and Conservation Conundrums (Vol. 39, s. 176–179). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Östergård, S. och Sehlstedt, Å. (2012) Stockholms stads Biotoper - Reviderad databas för Stockholms biotopkarta samt översiktliga analyser av förändringar mellan 1998 och 2009. Miljöförvaltningen i Stockholm i samarbete med Lantmäteriet, 2012.

Teckenförklaring till figurer med kodning enligt biotop_LIGHT

