



# Utvärdering av NILS fjällinventering 2021

---

Adler S, Hedenås H, Hagner Å, Ranlund Å, Christensen P

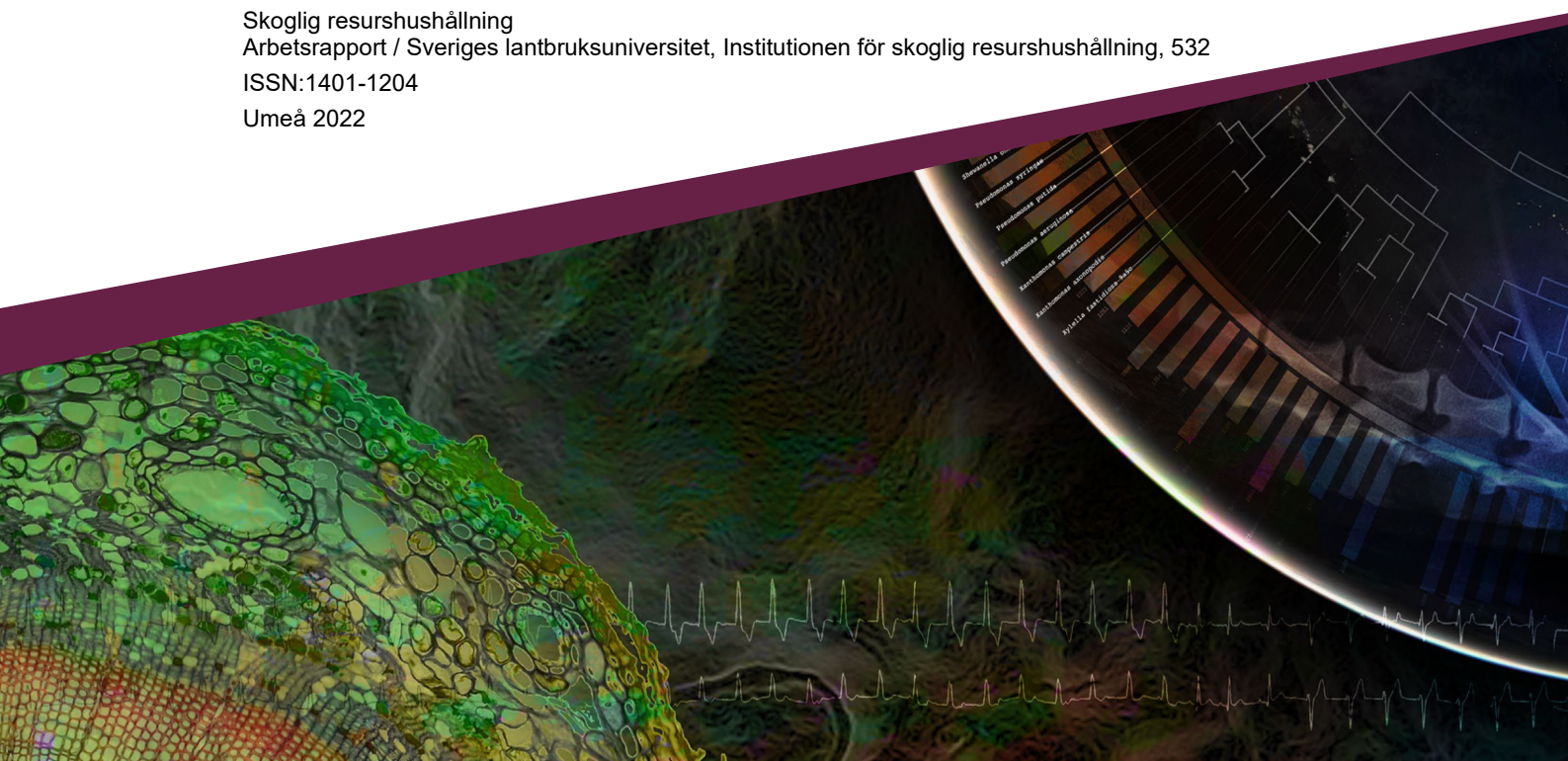
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Skoglig resurshushållning

Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, 532

ISSN:1401-1204

Umeå 2022





## Utvärdering av NILS fjällinventering 2021

Sven Adler	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
Henrik Hedenås	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
Åsa Hagner	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
Åsa Ranlund	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
Pernilla Christensen	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning

<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig resurshushållning
<b>Utgivningsår:</b>	2022
<b>Utgivningsort:</b>	Umeå
<b>Serietitel:</b>	Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning
<b>Delnummer i serien:</b>	532
<b>ISSN:</b>	1401-1204
<b>ISBN:</b>	
<b>Nyckelord:</b>	Art- och habitatdirektivet, Biogeografisk uppföljning, Fjällinventering, Miljömål, Miljöövervakning, Myllrande våtmarker, Storslagen fjällmiljö

© 2022 Sven Adler, Henrik Hedenås, Åsa Hagner, Åsa Ranlund, Pernilla Christensen  
Detta verk är licenserat under CC BY 4.0,

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Metod</b> .....	<b>9</b>
2.1. Design.....	9
2.2. Vegetationsklassning för urval av provytor.....	12
3.3. Fältarbete.....	16
3.4. Arealskattningar för tvåfasdesign .....	18
<b>4. Resultat</b> .....	<b>20</b>
4.1. Modeller och urval för fältbesök.....	20
4.2. Insamlade data under fältsäsong 2021 .....	21
4.3. Jämförelse mellan urvalsklasser och data från fältinventering.....	25
4.4. Arealskattningar för utvalda variabler .....	27
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>29</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>34</b>
<b>Bilaga</b> .....	<b>36</b>
1. Antal besökta fältprovytor per urvalsklass och trakt – flödesschema.....	36
2. Klassningen av provytor – flödesschema .....	36

# Sammanfattning

I rapporten beskriver vi den nya designen för NILS fjällinventeringen 2021. Inventeringen använder en balanserad tvåfas-stickprovsdesign som i grunden bygger på NILS löv- och gräsmarksinventeringar. Till skillnad mot NILS löv- och gräsmarksinventeringar använder vi inte flygbildstolkning för att styra urvalet av fältprovtytor, istället använder vi satellitbildsinformation tillsammans med LIDAR-data som kombineras i matematiska modeller. Syftet med förändringarna är främst att skapa ett bättre dataunderlag för Artikel 17-rapportering till EU:s art- och habitatdirektiv jämfört med den information som erhållits från tidigare NILS basinventerings utlägg i fjällregionen.

I rapporten visas att vi kommer att uppfylla Naturvårdsverkets krav för kvalitén av annex 1-naturtyper i relation till arealskattningar, upptäckbara förändringar samt att vi har samlat in fler variabler och information om artförekomst för statusbedömningen av annex 1-naturtyper. Utöver en ökad datakvalité för annex 1-naturtyper kan vi även redovisa andra variabler med en högre detaljnivå om fjällens tillstånd och förändringar, t.ex. arealskattningar för olika myrtyper, snölegor, substratmarker, förekomst av skräp, mänskligt tramp och renspillning. Med utgångspunkt från erfarenheterna vi gjort under 2021 identifierar vi förbättringsmöjligheter inför fältsäsongen 2022 för att få en ännu mer stabil och hållbar fjällinventering.

*Nyckelord:* Art- och habitatdirektivet, Biogeografisk uppföljning, Fjällinventering, Miljömål, Miljöövervakning, Myllrande våtmarker, Storslagen fjällmiljö

# Förord

Naturvårdsverket gav avdelningen för landskapsanalys, Institutionen för skoglig resurshushållning vid SLU, i uppdrag att utveckla en ny stickprovsdesign under 2019 och 2020. Utvecklingen av de nya inventeringarna finansieras av Naturvårdsverket via de årliga basanslagen till Terrester Habitat UppFöljning (THUF) och Nationella Inventeringar av Landskapet i Sverige (NILS). Den nya stickprovsdesignen redovisades i rapporten ”Ny design för riktade naturtypsinventeringar inom NILS och THUF” ([Adler m.fl. 2020](#)). Arbetet skulle fokusera på naturtyper där andra nationella övervakningsprogram inte kan förväntas täcka informationsbehovet. År 2020 initierades en generell nationell gräsmarksinventering nedanför kalfjället. Den inkluderar alla olika typer av gräsmarker med extra fokus på naturtyper med höga naturvärden. Samma år startade även en nationell lövskogsinventering som ett komplement till Riksskogstaxeringens data samt. År 2021 startades en generell fjällinventering som täcker alla naturtyper ovanför skogsgränsen, dvs kalfjället.

Den här rapporten är den femte i en serie som sammanfattar resultatet av arbetet åren 2019–2021. De tre första rapporterna, ”Ny design för riktade naturtypsinventeringar inom NILS och THUF” ([Adler m.fl. 2020](#)), ”Nationell flygbildsinventering av gräsmarker och lövskogar med hjälp av ortofoton, NILS 2020” ([Allard m.fl. 2021](#)) och ”Metodbeskrivning: 2020-års inventeringar av gräsmarker och lövskogar” ([Ranlund m.fl. 2021](#)), beskriver stickprovsdesign respektive metodik för flygbilds- och fältinventeringar. I den fjärde rapporten ”Vad klarar vår nya stickprovsdesign? NILS gräsmarks- och lövskogsinventeringar 2020” ([Hedenås m.fl. 2022](#)) presenteras de första resultaten från gräsmarks- och lövskogsinventeringarna. Utöver dessa finns instruktionerna för fältinventeringarna i gräsmarker och lövskogar ([Hedenås m.fl. 2021a](#)) samt för fältinventeringen i fjällen ([Hedenås m.fl. 2021b](#)).

Den här rapporten är en utvärdering av NILS fjällinventering 2021. Skattningarna i denna rapport baseras på fältdata insamlat under fältsäsongen 2021, vilket enbart utgör en femtedel av det totala antalet trakter i stickproven. Generellt kommer skattningarna bli ännu säkrare efterhand som data för fler år blir tillgängliga.

Umeå 2022-08-31

# 1. Inledning

NILS ([Nationell Inventering av Landskapet i Sverige](#), Ståhl m.fl. 2011) spelar en viktig roll i fjällen för rapporteringen av annex 1-naturtyper till EU:s art- och habitatdirektiv (SOU 2019:22) och vid utvärderingen av miljömålsuppföljningen (miljömål ”Storslagen Fjällmiljö”). Detta eftersom ingen annan samlar in nationella fältdata ovanför fjällbjörkskogens gräns (SOU 2019:22). Data från NILS från de nordliga fjällen används för sammanställningar inom Arktiska rådets arbete (SOU 2019:22). Till NMD-projektet (Nationella Marktäckedata, [NMD](#)) har NILS levererat träningsdata för att kunna skapa modellbaserade heltäckande vegetationskartor för den svenska fjällvärlden. Fram till 2016 var NILS basinventering den enda dataleverantören som kunde beskriva den svenska fjällbjörkskogen heltäckande. Numera inventerar Riksskogstaxeringen (RT) med sitt tätare stickprov även i rena fjällbjörksskogsområden.

I utredningen av Sveriges miljöövervakning (SOU 2019:22) konstateras det dock att kraven vid rapporteringen av annex 1-naturtyper till EU:s art- och habitatdirektiv ökar för varje rapporteringstillfälle och allt fler variabler blir obligatoriska. Dessutom identifierades det en brist av information angående vissa annex 1-naturtyper på nationell nivå (SOU 2019:22). I samband med det fick NILS programmet i uppdrag att utveckla en ny stickprovsdesign med fokus på att identifiera och inventera fler annex 1-naturtyper (t.ex. [Adler m.fl. 2020](#)). Under 2020 initierades två nya inventeringar, NILS gräsmarksinventering och NILS lövskogsinventering som bägge använder den nya designen (Ranlund m.fl. 2021, Hedenås m.fl. 2022). I och med det så avslutades NILS basinventering i låglandet, medan den del av NILS basinventering som riktade sig mot de svenska fjällen (alpin biogeografisk region, NILS stratum 10) även fortsatte under 2020 med den ursprungliga designen (Ståhl m.fl. 2011, Hedenås m.fl. 2016).

Data från NILS basinventering i fjällen visade sig dock inte ha rätt design för att kunna bidra på bästa sätt till Artikel 17-rapporteringarna 2013 och 2019:

1. Precisionen i skattningar av vissa annex 1-naturtyper (förutom rishedar, 4060) var inte tillräckligt hög för att kunna följa förändringar enligt de krav som ställs av Naturvårdsverket (Jakobson 2010). Stickprovet i NILS basinventering är helt enkelt för litet för att få nog hög precision i skattningarna av de mer sällsynta annex 1-naturtyperna.

2. NILS basininventerings stickprovsdesign (Ståhl m.fl. 2011) var ett slumpmässigt urval av trakter som inte representerade alla de viktigaste gradienterna (höjd över havet, lutning, vegetationstäckning) i det alpina området.
3. Även om vi inför ett tätare stickprov kommer vi inte att få tillräckligt med information om mycket ovanliga annex 1-naturtyper (de blir även ovanliga i det förtätade stickprovet)
4. Antalet träffar av specifika fjällindikatorarter som inventerades inom NILS basininventering var för få för att kunna beskriva statusen av de olika annex 1-naturhabitaten.

Sedan 2016 omfattar Riksskogstaxeringens inventering all skog nedanför kalfjället. Eftersom RT nu inventerar all fjällbjörkskog behöver inte NILS inventera den naturtypen längre och kan istället använda resurserna för att öka stickprovstätheten på kalfjället för att kunna öka precisionen (1). När fjällinventeringen ändå förnyades gjordes även åtgärder för att bidra än mer till artikel 17-rapporteringen och miljömålsuppföljningen (2,3,4). Följande förbättringar har genomförts:

1. Öka stickprovstätheten på kalfjäll.
2. Använda en balanserad sampling-design.
3. Använda en tvåfas-stickprovsdesign för att få mer data för de ovanliga annex 1-naturtyper.
4. Utöka artlistan med fler fjällarter jämfört med NILS basininventering samt utöka den areal som arterna eftersöks på.

I rapporten beskriver vi hur vi har implementerat de olika åtgärderna i den nya NILS fjällinventeringen. Vi redovisar även resultat från den första fältsäsongen 2021 och jämför resultaten med de krav som finns för de olika leveranserna. Dessutom diskuterar vi vilka justeringar som behövs inför nästa fältsäsong.

I det här arbetet har vi använt oss av de erfarenheter och lärdomar som vi gjort inom NILS Lövsogs- och Gräsmarksinventeringar, vilka i grunden utgår från samma stickprovsdesign (Adler m.fl. 2020) och till vilka vi utvecklat ny fältmetodik (Ranlund m.fl. 2021, Hedenås m.fl. 2022). I provytaurvalet har vi nyttjat de lärdomar som vi dragit från de tester vi har gjort i samarbete med Norrbottens länsstyrelse (NILS fjällextra) samt inom [MOTH](#), ett avslutat EU LIFE + projekt (LIFE08/NAT/S/000264).



## 2. Metod

Metodbeskrivningen är indelad i fyra avsnitt. I första avsnittet (3.1) beskrivs hur grunddesignen för NILS fjällinventering (en balanserad tvåfas-stickprovsdesign) är uppbyggd. I det andra avsnittet (3.2) beskrivs det hur vi har omsatt tvåfasinventering i praktiken med hjälp av fjärranalysdata och modellering. Tredje avsnittet (3.3) fokuserar på de nya moment och variabler som samlades in i fältinventeringen 2021. I avsnitt fyra (3.4) presenteras de statistiska ekvationerna för areal- och variansskattningarna.

### 2.1. Design

Stickprovsdesignen för NILS fjällinventering är densamma som för NILS lövskogs- och gräsmarksinventeringar (Adler et al. 2020, Ranlund et al. 2021). Inventeringen motsvarar en tvåfas design (t.ex. Särndal m.fl. 1992). Urvalsramen i designen är ett heltäckande trakt-nät över hela Sverige (målpopulationen) med en traktstorlek av  $1 \times 1 \text{ km}^2$  (Figur 1 A). Alla dessa trakter matchades mot höjdmodellen ( $2 \times 2 \text{ m}^2$ , DEM<sub>2</sub> [Lantmäteriet](#)), NMD och TUVA databasen ([Jordbruksverket](#)) och medelvärde för höjd och lutning, andel land/vatten, andel skog/öppen mark samt andel TUVA objekt beräknades på traktnivå. Med hjälp av dessa hjälpvariabler skapades i designens första fasett balanserat stickprov (t.ex. Grafström m.fl. 2014) med sex olika stickprovstätheter (SPT 1 till SPT 6) där de glesare stickproven är delmängder av de tätare stickproven. Metoden 'balanserat stickprovsturval' säkerställer att fördelningen av hjälpvariablerna i stickprovet motsvarar fördelningen i hela urvalsramen och således är samtliga sex stickprovstätheter representativa för hela urvalsramen (Särndal m.fl. 1992, Stevens och Olsen 2004, Grafström m.fl. 2014). Varje stickprovstäthet delades in i fem olika delmängder, där en delmängd besöks per år över en fem års inventeringsperiod. Eftersom NILS fjällinventering riktar sig mot kalfjället, så är bara de delar av stickproven som innehåller kalfjäll av intresse. För att kunna ta beslut om vilken stickprovstorlek (Adler m.fl. 2020) vi skulle använda, matchade vi de sex olika stickprovstätheterna mot fjällvegetationskartan och beräknade hur många trakter som ligger på kalfjäll (Tabell 1). Utifrån tidigare arealskattningar med data från NILS basinventering för annex 1-naturtyper och relaterade variansberäkningar uppskattade vi att stickprovet i den nya fjällinventeringen behöver vara fyra gånger

tätare än NILS basinventering på kalfjället. Det motsvarar stickprovstäthet 4 (Tabell 1). För att säkerställa att vi inte missat några trakter genomfördes en snabb flygbildsinventering av SPT 4 för att kontrollera om det fanns stickprovselement i SPT 4 som innehöll kalfjäll som inte fanns med i vegetationskartan.

Tabell 1: Tabell 1: Antalet trakter som innehåller kalfjäll inom respektive stickprovstäthet, uppdelat på län.

stickprovstäthet	antal trakter i hela Sverige	varav antal trakter med kalfjäll inom resp län			
		Dalarna	Jämtland	Västerbotten	Norrbottn
1	20000	56	423	281	1109
2	10000	30	205	152	549
3	5000	13	101	77	281
<b>4*</b>	<b>2000</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	<b>33</b>	<b>112</b>
5	1000	5	20	17	52
6	500	2	8	9	27

\* Stickprovstäthet 4 kommer att användas inom NILS fjällinventering (en 5 årsperiod)

Inom varje 1-km<sup>2</sup> trakt av 2021 års stickprov lades 1600 cirkelprovytor ut, med 10 m radie (40\*40 provytor per trakt) och ett avstånd av 5 meter emellan (avstånd mellan mittpunkterna av två intilliggande ytor är 25 meter). Ur ett terrestert vegetationsinventeringsperspektiv finns det provytor som inte är av intressen att inventera, t.ex. vattenyta, bebyggelse, parkeringsplatser och vägar. Den typen av provytor är inte aktuella för fältbesök. Ur säkerhetsperspektiv utgår även ytor i branta områden. För rishedar, som dominerar de svenska fjällen, behöver vi inte mer fältdata än vad NILS basinventering gav. Däremot finns ett behov av att i högre grad inventera mer ovanliga naturtyper (exv. videbuskmarker och snölegor). Med denna bakgrund tilldelades samtliga 1600 provytor en av följande urvalklasser (Figur 1 B):

- Klass A: Ej aktuell för fältbesök (vatten, permanent snö, glaciär, exploaterad mark (exv. bebyggelse, vägar), branter, skog)
- Klass B: Substratmarker (marker utan vegetation, respektive vegetationstäckning < 10 %)
- Klass C: Alpina rishedar (befintlig vegetation domineras av ris)
- Klass D: Gräsmarker, myrar, snölegor, videbuskmarker ("gröna gruppen")

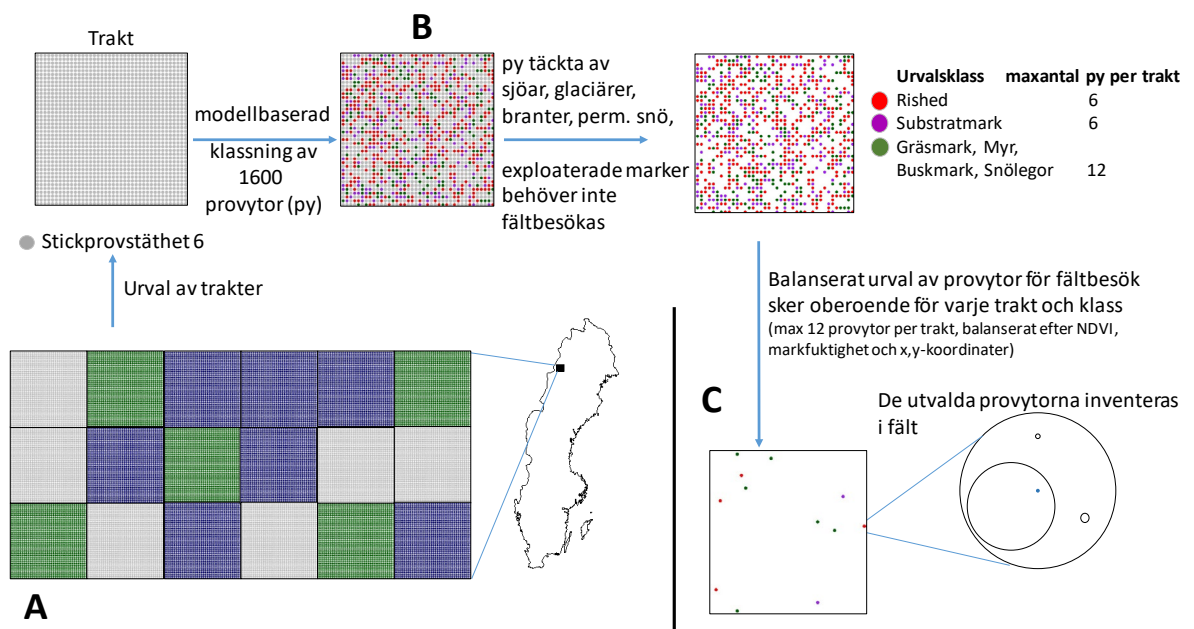
Klassningen gjordes med hjälp av satellitbild och analys av LIDAR-data samt information från vegetations- och NMD-kartorna och beskrivs mer i detalj i avsnitt 3.2.

I fas två av designen gjordes ett urval av maximalt tolv provytor (och minst sex provytor) per trakt för fältbesök. Urvalet gjordes för varje urvalsklass separat med följande urvalsregler:

1. Klass A besöks inte alls

2. Klass B besöks med max 2 provytor per trakt (max 6 provytor om inga andra klasser finns)
3. Klass C besöks med max 4 provytor per trakt (max 6 provytor om inga andra klasser finns)
4. Klass D besöks med max 12 provytor per trakt
5. För alla klasser (B, C, och D) representerade inom en trakt väljs minst en provyta till fältinventering. Minst sex provytor och maximalt 12 provytor väljs för fältbesök
6. Klass D är prioriterad framför klass C och B.
7. Om det saknas provytor av en klass fylls det på med provytor från andra klasser. T.ex. om det inte finns provytor som klassats som C så väljs 10 provytor i klass D och två i klass B. Om det saknas provytor i klass D kan det från klass C och B tillsammans maximalt sex provytor väljas.

Urvalsreglerna 1-7 räknar ut hur många provytor i varje klass som ska besökas i en trakt (se även bilaga 7.1). Uträkningen sker i en loop där varje klass (B, C resp. D) tilldelas provytor allt eftersom, till dess att totalt antal fördelade provytor är lika med 12 (eller minst 6) och reglerna 1 till 7 är uppfyllda. Efter det väljs vilka enskilda provytor som ska inventeras i fält ut. Detta görs ett balanserat urval av det beräknade antalet i varje klass med NDVI, markfuktighet och x-, y-koordinater som balanseringsvariabler.



Figur 1. Schematisk figur över designen för NILS fjällinventering 2021. A: Ett stickprov av trakter (1 x 1 km) valdes slumpmässigt ur urvalsramen med hjälp av ett balanserat urval. B: 1600 provytor, radie 10m, placerades systematiskt i varje trakt som ingår i stickprovet. Alla 1600 provytorerna klassades till någon av de fyra klasserna. C: Bland de klassade provytorerna görs ett balanserat urval av provytor för fältbesök, oberoende för varje trakt och klass.

## 2.2. Vegetationsklassning för urval av provytor

För att kunna ha ett riktat urval mot de mer ovanliga vegetationstyperna behöver vi en stratifiering (indelning av distinkta klasser) av de 1600 provytorna i varje ruta (klass A-D). Fjärranalysdata har använts i kombination med befintliga fältdata från NILS basinventering (2016-2020) samt vegetationskartor och NMD-information för att klassificera alla provytor inför urval till fältbesök. För att kunna klassa de 1600 utlagda provytorna i varje trakt till en av de fyra klasserna A-D använde vi olika angreppssätt beroende på fenomenet vi letade efter. Satellitdata (Sentinel 2) har tagits fram med Google Earth Engine ([GEE](#), Gorelick m.fl. 2017) via R-paketet `rgee` (Aybar m.fl. 2020). Mer information om Sentinel 2 finns på ESA's Copernicus hemsidan (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>). I princip finns en till två heltäckande satellitbild över hela Sverige varje vecka under sommarsäsongen. Det är dock sällan som hela bilden är molnfri. För att det inte skulle finnas luckor har alla scener inom ett tvåveckorsintervall sammanställts genom att använda medianfunktionen på pixelnivå.

Beräkningarna av olika satellitbaserade index gjordes i R (R Core Team 2021) med stöd av paketet `terra` (Hijmans 2021a) och `dplyr` (Wickham m.fl. 2021). Som träningsdata använde vi data från NILS basinventering för kalvfället 2016-2020 som finns tillgängligt t.ex. via NILS datavärdskap. För att modellera olika vegetationstäkningsgrader använde vi `generalized additive modeller` (GAM, Hastie och Tibshirani 1990; r-paketet `mgcv` Wood 2006). Paketet `ggplot2` (Wickham 2016) användes till att producera figurer. Utöver höjd över havet, lutning och lutningsvinkel ingick olika metriker baserade på band 2-11 av i Sentinel 2-satelliten. För de enskilda banden beräknades medelvärde över säsongen, maxvärde och min-värde, men även differenser mellan olika tidpunkter i en och samma pixel. En manuell explorativ dataanalys gjordes i förväg för att leta efter sammanband mellan variablerna. Innan variablerna användes i modelleringen beräknades en variansinflationsfaktor (variance inflation factor VIF, t.ex. Zuur m.fl. 2009, R packet `usdm` (Naimi m.fl 2014)). Av de variabler som visade ett högt VIF, valde vi de som har en bättre ekologisk förklaring (enkelhetsprincip, t.ex. Pinheiro och Bates 2002). T.ex. om Sentinel 2-band 7 (synlig och nära infraröd, central våglängd = 783) och Sentinel 2-band 3 (grön, central våglängd = 570) hade en VIF > 7 so valdes för modellen Sentinel 2-band 3 och inte Sentinel 2-band 7. Sentinel 2-band 3 är enklare att länka till vegetationens utveckling i tolkningen av modellens resultat.

### *Branter (klass A)*

Brant område definierades som områden med mer än 30 graders lutning och en minimum areal av 0.5 ha. Det är områden som vi inte kan besöka med ordinarie fältpersonal av säkerhetsskäl då det helt enkelt är för farligt att besöka branta områden utan extra utbildning och säkerhetsutrustning. Vi uteslöt därför de provytor som låg i branter i förväg, så att inte fältinventerarna behöver åka dit i onödan.

För att hitta branter har vi använt den nya höjdmodellen DEM<sub>2</sub>. För varje trakt som skulle besökas i fält under säsongen 2021 beräknades lutningen för alla pixlar inom trakten inklusive för en buffert av 50 m runt trakten (för att minska risken för kanteffekter = branter som ligger bara delvis i trakten). I nästa steg skapades polygoner av sammanhängande pixlar som hade lutning större än 30 grader. Eftersom det kan förekomma enskilda pixlar med mindre än 30 graders lutning i en grupp av pixlar med mer än 30 graders lutning inkluderade vi de pixlarna till själva brant-polygonen om deras sammanlagda areal var mindre än 50 m<sup>2</sup>. Slutligen filtrerades alla brant-polygoner bort som hade en areal mindre än 0,5 ha. De provytor i en trakt som till 100 % täcks av en brant-polygon större än 0,5 ha valdes bort från urvalsramen inom trakten.

Alla steg genomfördes i R med paketet terra, sf (Pebesma 2018), smoothr (Strimas-Mackey 2021), raster (Hijmans 2021b), rasterVis (Lamigueiro och Hijmans 2021) och rgdal (Bivand m.fl. 2021).

### *Permanent snö och glaciär (klass A)*

Permanent snö och glaciär är intressanta fenomen att följa över tid, men har inte ingått i vårt uppdrag. Därför exkluderar vi dem från fältbesök. För att identifiera områden i trakten som är permanent täckt av is eller snö tog vi fram ett fjärranalysbaserat index, NDSI (Normalized Difference Snow Index, t.ex. Salomonson och Appel 2004), för en tidserie av Sentinel 2-bilder som fanns för trakterna i urvalet för 2021. Tidserien började med de tidigaste satellitbilderna som fanns för Sentinel 2 (juni 2016) och slutade i maj 2021. För varje pixel i bilden beräknades NDSI genom att ta differensen mellan band 3 och band 11 och dela den med summan av de båda banden. När indexet når ett värde av > 0,42 anses en pixel vara täckt av snö. Resultatet blev en tidserie för varje 10 m x 10 m-pixel i trakten som beskriver hur många tvåveckorsintervall över året pixeln har varit täckt av snö. Pixlar som aldrig har varit snöfria ansågs som permanenta snöfält eller glaciärer. De provytor i en trakt som helt täcks med permanent snö eller glaciärer kan därmed exkluderas från fältbesök.

### *Vattentäckta ytor (klass A)*

Likaså ingår det inte i uppdraget att följa vattentäckta ytor. Därför exkluderar vi provytor som täcks av 100 % vatten från fältbesök. För vattentäckta ytor använde

vi samma princip som för ytor med permanent snö eller glaciär men med ett annat fjärranalysbaserat index: NDWI (Normalized Difference Water Index, Gao 1996), som beräknades genom att ta differensen mellan band 3 och band 8 och dela den med summan av de båda banden. När indexet når ett värde av  $> 0,5$  anses en pixel vara täckt av vatten.

#### *Exploaterade ytor (klass A)*

Det ligger inte heller inom uppdraget för inventeringen att fältinventera provytor med exploaterad mark såsom byggnader eller hårdgjorda ytor. Andelen av dessa miljöer är låg på kalfjället. För att utesluta sådana provytor använde vi en kombination av fastighetskartan och NMD, som vi matchade mot de 1600 provytorna i varje trakt. Provytor som till 100 % var täckta av exploaterad mark exkluderades från fältbesök.

#### *Ytor täckt av skog (klass A)*

För att klassa skog har vi använt NMD i kombination med vegetationskartan. När båda kartsikten överensstämde och en provyta täcktes till 100 % av skog, så klassades den som skog och exkluderades från fältbesök. Om kartsikten inte överensstämde i en pixel t.ex. om det är öppen mark i ena skiktet och fjällbjörkskog det andra så hamnade den pixeln i den ”gröna gruppen” (potentiellt gräsmark, myr, videbuskmark, lög- eller högörtäng) för att vi inte skulle riskera att missa en potentiell kalfjällsyta.

#### *Substratmarker (klass B)*

Substratmarker definieras som marker med mindre än 10 % vegetationstäckning. Det satellitbaserade index som är vanligast för att beskriva förekomst av vegetationen är NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, t.ex. Bartsch m.fl. 2020) som beräknas som differensen mellan Sentinel 2 band 4 och band 8 dividerat med summan av de båda banden. NDVI-värdena varierar mellan -1 och 1 och ett värde större 0,4 indikerar förekomst av tät vegetation (t.ex. Bartsch m.fl. 2020). Då vegetationsutvecklingen ser olika ut vid olika tidpunkter och höjd över havet, togs maximalvärdet av NDVI fram över hela säsongen för alla 10 m x 10 m-pixlar som täcker trakter i stickprovet.

#### *Rishedar (klass C)*

Precis som i fält klassas en pixel som rished om vegetationen på ytan domineras av ris. För att kunna beräkna andelen ris i en Sentinel 2 pixel användes en modell baserad på provytedata från NILS basinventering Stratum 10 (Ståhl m.fl. 2011, Hedenås m.fl. 2016). För alla dess provyta togs fram samma i kombination av satellit och LIDAR data som vi har tagit fram för trakterna att träna modellen. Vi använde bara odelade provytor på kalfjället från NILS basinventering och beräknade ett medelvärde för de satellitpixlar som låg inom varje 10 m provyta. I själva GAM-modellen

använde vi cubic spline smoothers och "quasibinomial" som familj attribut samt backward selection för att hitta den slutgiltiga modellen. En binomial fördelning beskriva data med värde 0 eller 1 och har bara en parameter  $\lambda$ . För att under vika överanpassningen skapades en så kallad "quasibinomial" förlängning med en parameter till (McCullagh och Nelder 1989). Detta möjliggörs att man kan hantera alla värden mellan 0 och 1 som motsvara många ekologiska frågeställningar som t.ex. täckningsgrader.

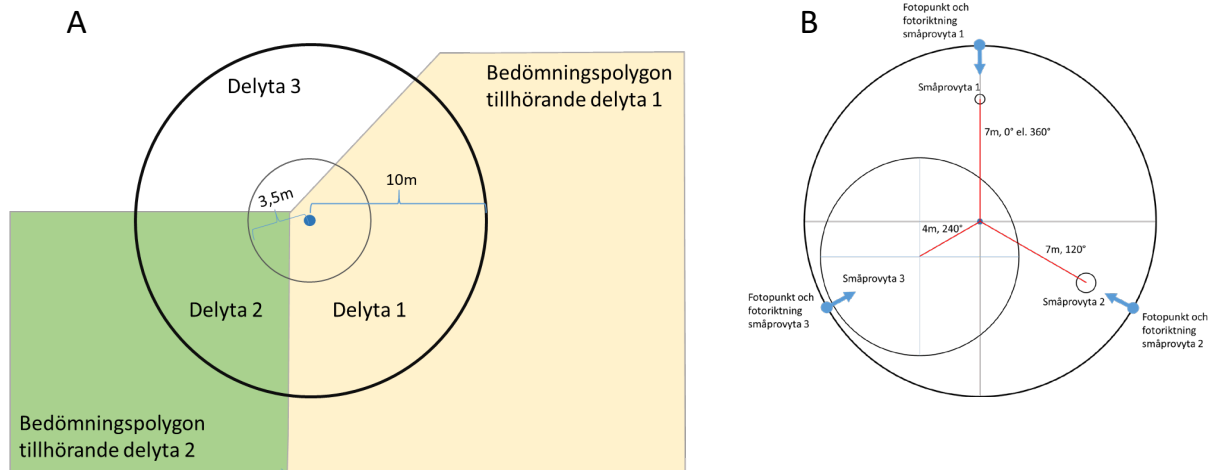
*"Gröna gruppen" (klass D; myr, gräsmarker, videbuskmarker, hög - och lågörtäng, snölega)*

Inom den gröna gruppen utvecklades specifika modeller för de olika ingående vegetationstyperna. På samma sätt som vi skapade en modell för ristäckning utvecklades även modeller för täckning av gräs respektive videbuskar. Våtmarker i fjällen är relativt heterogena och kan domineras av t.ex. ris eller gräs. Därför klassades en pixel som potentiell våtmark främst baserat på fuktighetsindex (Sørensen m.fl. 2006). Modellen som beskriver förekomst av våtmark är en binomial modell som använder data från NILS basinventering i fjällen med en dummyvariabel myr (=1) och icke myr (=0). Detsamma gäller för modelleringen av snölegor: Vi har använt en binomial modell baserad på hur lång tid som ytan varit snötäckt och vilken typ av vegetation som finns när snön är borta. Bägge modellerna bygger på ett relativt litet dataunderlag (litet antal träningsdata) och inom respektive grupp kan det variera mycket.

Alla modell-prediktioner inom de enskilda utvalda 1 km<sup>2</sup>-trakterna gjordes på pixelnivå (10 m x 10 m). För att kunna klassa de 1600 provytorna inom varje trakt till en av de fyra urvalsklasser beräknades ett viktat medelvärde för de olika prediktionerna per provyta från de satellitpixlar som ligger inom en provyta. Den areal av respektive pixel som täcker provytan användes som vikt (funktion *extract()* i R-paketet raster; Hijmans 2021). Variabeln med högsta predikterade täckning respektive sannolikhet bestämde klasstillhörighet: Om ristäckning i en provyta predikterades till 34 % men täckningen av gräs enbart predikterades till 25 % så klassades provytan som rished (förutsatt att provytan inte redan har klassats som brant, vatten, permanent snö eller glaciär, eller täckningsgraden av videbuskar predikterats som >35 %, bilaga 7.2). Även när skillnaden mellan de olika prediktionerna var liten, t.ex. ris 22,34 % gräs 22,23 %, så klassas provytan baserat på högsta predikterade täckningen/sannolikhet (i det här fallet till rished). Om sannolikhet för myr var större än 0,5 så klassades provytan som myr (oberoende om själva vegetationstäckning dominerades av ris, gräs eller videbuskar). Om t.ex. ristäckning predikterades som större än grästäckning men NDVI-värde för hela provytan blev mindre än 0,2 så klassades hela provytan som substratmark (t.ex. ristäckning = 0,02, grästäckning = 0,017, NDVI = 0,027 -> substratmark) (se även bilaga 7.2) .

### 3.3. Fältarbete

Här beskriver vi bara de viktigaste förändringarna jämfört med fältmetodiken i NILS basininventering respektive NILS löv- och gräsmarksinventeringen. En sammanställning av de variabler som ingår i fältinventeringen finns dokumenterade i manualen för fältarbete för NILS fjällinventering som togs fram under våren 2021 (Hedenås m.fl. 2021b). Grundläggande är att vi i fält inte längre delar upp 10m radieprovytan baserat på markanvändning eller marktyp vilket gjordes i NILS basininventering. I NILS fjällinventering delas istället en provyta i fält bara om olika annex 1-naturtyp förekommer i samma provyta (definierade i Gardfjell och Hagner 2019). Delningen sker efter annex 1-naturtypernas gränser inom provytan. I en detaljerad utvärdering av data från NILS basininventering insåg vi att bedömningsvariabler som beskriver täckning av ris eller graminider har en betydligt större personvariation på delytenivå än på småprovytenivå. Därför beslutades att täckning för fältskikts- och bottenskiktsvariabler inte längre bedöms på delytenivå utan i direkt anslutning till småprovytorna, i en cirkel med radie av 0.56 m.



Figur 2: A - Delning av en provyta och bedömningspolygon: Delning sker efter annex 1-naturtyper, i bedömningspolygonen (0,1 ha) samlas in variabler som kan användas för att bedöma statusen av naturtypen, B – läge av de tre olika små provytorna (spy). Spy1: radie = 0.28 m, spy2: radie = 0.56 m, spy3 radie = 5.64 m. Figurerna är från Hedenås m.fl. (2021b).

Om hela provytan eller delytan innehåller permanent vatten, permanent snö, glaciär eller exploaterad mark görs en s.k. minimalinventering. När man inte kan nå en provyta på ett enkelt sätt, t.ex. den ligger på en ö eller om själva området där provytan ligger är farligt att röra sig i, görs en s.k. avståndsinventering (t.ex.



provytan är plan men ligger på en avsats i en brant eller för nära ett brant område). Om inventeraren når provytan men delar av den inte kan beträdas, då görs istället en minimalinventering i dessa delytor. Vissa data samlas alltid in även vid minimal- och avståndsinventering, såsom foton på provytanivå, koordinater, markanvändning, marktäcke, fjälltyp, annex 1-naturtyp och vegetationstyp.

Nya variabler är bl.a. förekomst av renspillning, som registreras på delytanivå med tre olika kategorier (ingen renspillning, enskilda pellets, mer än 10 pellets). Från forskning vet vi att det är svårt att bedöma hur gamla de olika spillningspelletsarna är beroende på habitat och väder. Instruktionen till fältinventerare har varit att trampa ner inventerade pellets så att man vid nästa inventeringstillfälle på samma yta kan vara säker att befintlig pellets är mindre än fem år gammalt. En annan ny variabel är förekomst av skräp inom en delyta. All form av skräp (inkl. papper, cigarettfimpar, tälpinnar och eldstäder) ska dokumenteras i text och bild. Vi har, som i NILS lövskogs- och gräsmarksinventeringarna, lagt till s bedömning av markslag i variabelistan för att säkerställa potential för framtida samanalyser av data. Humus noteras i tre klasser: Torv, övrig humus och ej humus. För torv och övrig humus mäts djupet. För att bättre kunna beskriva förekomst av olika våtmarker infördes en variabel som beskriver förekomst av våtmarksvegetation i m<sup>2</sup> på delytanivå. Tre olika våtmarkstyper urskiljs: vitmossemyr, brunmossekärr och graminidkärr. Våtmark definierades i fältmanualen som mark där vatten under en stor del av året finns nära, i eller strax över markytan och/eller det finns  $\geq 50\%$  täckning av hydrofila arter (i botten- och fältskikt).

Liksom i NILS lövskogs- och gräsmarksinventeringarna samlar vi även i NILS fjällinventering in variabler i en sk. bedömningspolygon för att kunna leverera information om naturtypens status (data efterfrågat i rapporteringen för EUs art och habitatdirektiv). Inom bedömningspolygonen samlades följande variabler in: naturtypens storlek (fyra klasser:  $<100\text{ m}^2$ ,  $100-999\text{ m}^2$ ,  $0,1-0,25\text{ ha}$ ,  $> 0,25\text{ ha}$ ), krontäckning (fyra klasser:  $0\%$ ,  $>0-10\%$ ,  $>10-30\%$ ,  $>30\%$ ), busktäckning (fem klasser:  $0\%$ ,  $>0-10\%$ ,  $>10-30\%$ ,  $>30-50\%$ ,  $>50\%$ ), hydrologisk påverkan (tre klasser: Tydlig påverkan, Finns men påverkar ej, Opåverkad), förekomst av stigar och körspår (12 klasser, se manualen!), förekomst av grässvål (Ej aktuell, Kraftig grässvål, Delvis utvecklad grässvål, Svagt utvecklad grässvål) och betesintensitet (tre klasser: Låg eller ingen betesintensitet, Fläckvis hög betesintensitet, Hög betesintensitet).

Eftersom artdata är något som ofta efterfrågas och som krävs för bedömningar av status inom många annex 1-naturtyper så har vi även utvecklat och utökat vår artinventering av kärlväxter jämfört med tidigare inventeringar. Registrering av artförekomst i fält- och botten-skiktet sker på två olika skalnivåer, i tre cirkulära småprovytor av olika storlek ( $0,25\text{ m}^2$ ,  $1\text{ m}^2$ , och  $100\text{ m}^2$ ; Ekström m fl. 2020, Ståhl

m.fl. 2020) samt inom bedömningspolygonen (Figur 2). Dessutom samlar vi in grundläggande data på buskar och träd inom provytan. Själva artlistan har, jämfört med NILS basinventering, blivit anpassad mer mot fjällmiljöer och omfattar 430 arter. I den här rapporten redovisas förekomsten av arter i fält- och bottenskiktet i respektive annex 1-naturtyp. Vi har matchat artrträff med listan över typiska arter för de enskilda annex 1-naturtyper (listat i t.ex. Gran 2010) och beräknat antal typiska arter i bedömningspolygonen. Dessutom beräknades medelvärdet av ekologiska indikatorvärdet (enligt Ellenberg m.fl. 1992) för respektive annex 1-naturtyp baserat på listan över ekologiska indikatorvärden för Sverige (Tyler m.fl. 2021). Vi är dock medvetna om att det finns brister i denna analys (t.ex. Kowarik och Seidling 1989); likaså finns det brister i själva indikatorvärdena (Tyler m.fl. 2021).

Under NILS fjällinventering 2021 arbetade sex lag med två inventerare i varje lag, med ett beting av 7-8 trakter per lag. Nya insamlingsapplikationer för fältdata baserad på [ESRI's Survey123](#) skapades och implementerades för den mobiltelefon som alla fältlag utrustats med. Innan fjäll-fältsäsongen påbörjades samlades alla lag i Hemavan för en kurs där de olika fältinventeringsmomenten gick igenom. Kursen varade i tre och en halv dag.

### 3.4. Arealskattningar för tvåfasdesign

En detaljerad beskrivning av beräkningsunderlaget förbereds just nu för vetenskaplig publicering (Grafström i prep.), en preliminär beskrivning finns som bilaga i Hedenås m.fl. (2021b). Här sammanfattar vi bara kort de viktigaste stegen för att kunna göra arealskattningar utifrån insamlade fältdata.

Skattningen görs först för varje trakt  $x$  separat ( $\hat{Y}(x)$ ) genom att använda information om klassindelningen från fas 2 i kombination med fältdata:

$$\hat{Y}(x) = \frac{1}{a_T} \sum_{i \in S(x)} \frac{a_k(i)}{\pi_i}$$

där  $a_k(i)$  är arealen av den valda provytan  $i$  inom fältklass  $k$ ,  $a_T$  är den sammanlagda arealen av en trakts 1600 provytor,  $\pi_i$  är sannolikheten att provyta  $i$  inkluderas inom urvalsklassen i trakten och  $S$  är alla valda trakter. Fjällinventeringens urvalsram är den alpina geografiska regionen ( $a_F$ ) och inom den inventerade vi 46 trakter ( $n$ ). Samplingsintensiteten är  $\pi(x) = n/a_F$  och skattningen av den totala arealen för en fältklass  $\hat{Y}$ :

$$\hat{Y} = \sum_{x \in S} \frac{\hat{Y}(x)}{\pi(x)} = \frac{a_F}{n} \sum_{x \in S} \hat{Y}(x)$$

Med skattningen av den totala variansen  $\hat{V}$ :

$$\hat{V}_{iid}(\hat{Y}) = a_F^2 \frac{S_Y^2}{n}$$

och

$$S_Y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in S} \left( \hat{Y}(x) - \frac{1}{n} \sum_{x \in S} \hat{Y}(x) \right)^2$$

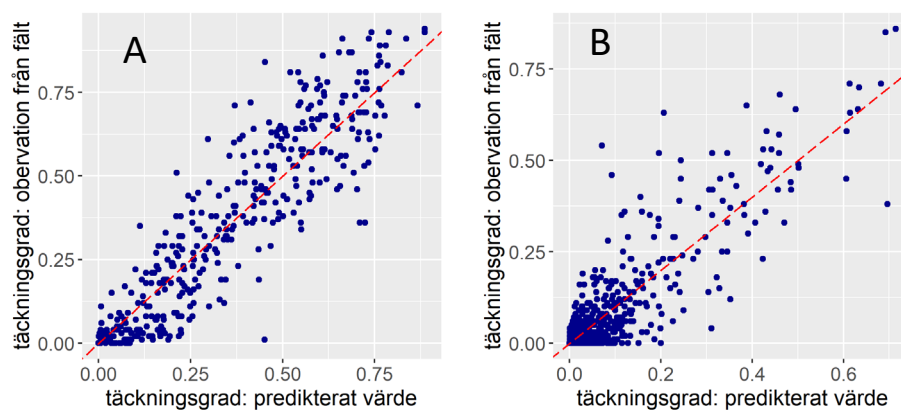
Vad  $S^2$  är variansskattning mellan trakter. För att kunna kontrollera om NILS fjällinventering kan uppnå kravet som formulerats av Jakobson (2010) angående upptäckbara förändringar för annex 1-naturtyper, beräknade vi med hjälp av det skattade medelfelet för fem års inventering den förväntade förändringen vi skulle kunna upptäcka, enligt metoden i Christensen m.fl. (2014). En förutsättning för beräkningen är att ett antagande görs för korrelationen mellan enskilda provytor inom samma annex 1-naturtyp över en längre inventeringsperiod. Dessa korrelationer togs fram baserat på NILS basinventering åren 2008-2012 och 2014-2019, och resultatet användes som antaganden i beräkningen.

## 4. Resultat

Resultatet redovisas i fyra olika avsnitt. Först presenterar vi vegetationsmodeller och resulterande urval av provytor i avsnitt 4.1. I avsnitt 4.2 redovisar vi hur fältarbetet har gått under sommaren 2021 och i avsnitt 4.3 hur modellprediktionen och insamlade fältdata stämmer överens. I det sista avsnittet, 4.4, redovisar vi arealskattningar. Resultat kan komma att förändras eftersom rättningar av fältdata fortfarande görs i databasen.

### 4.1. Modeller och urval för fältbesök

Resulterande modeller för de olika vegetationstäckningarna finns beskriva i Tabell 2. Modellen för ristäckning har högst förklaringsgrad. Modellerna för grästäckning, videbuskmarker är betydligt sämre. Även om variansen i busktäckning som förklaras av modellen relativt bra (75 %, Tabell 2) så kan man i Figur 3 B se att värdena är av en mer teoretisk karaktär i och med att sambandet mellan fältdata och modellens prediktion visar en relativt stor spridning.



Figur 3. Modellvalideringen – värden från fältinventeringsdata (NILS basinventering 2016-2020 samt Fjäll extra) i relation till predikterade värden från modellen. A. Modell för täckning av ris – fältdata täcker hela gradienten väl från 0 till 80 %, och modellen kan prediktera detta på ett bra sätt (förklarande varians = 80 %, Tabell2). B. Modell för busktäckning - väldigt få fältobservationer med hög täckningsgrad gör det svårt för modellen att anpassa prediktionen (förklarande varians = 75 %, Tabell2). Utöver kan buskmarker domineras av olika vide med olika färg signal.

Tabell 2: Modellsammanfattning – i parentes: första värdet – antal skattade frihetsgrader, andra värdet – F-värde (när quasibinomial fördelning antas) eller Chis-värde (när binomial fördelning antas), n = antal ingående data varierar p grund av att data saknas för en del variabler pga. moln.

	buskar	ris	gräs	våtmark	snöleiga	substratmark
<i>data typ</i>	täckning	täckning	täckning	förekomst/ icke förekomst	förekomst/ icke förekomst	förekomst/ icke förekomst
<i>family attribut</i>	quasibinomial	quasibinomial	quasibinomial	binomial	binomial	binomial
<i>intercept</i>	-4.5983	-1.10011	-2.64487	-251.7	-8.242	-8.51
<i>variabler</i>	s(wetness) (2.12, 6.64) s(slope) (8.2, 3.22) s(aspect) (5.89, 3.9) s(altitude) (5.48, 2.63) s(B3) (1, 56.91) s(B4) (2.58, 4.03) s(B5) (2.2, 53.19) s(B6) (2.99, 3.09) s(B8) (7.4, 2.74) s(B8A) (7.82, 2.12)	s(wetness) (6.83, 5.81) s(aspect) (7.24, 3.53) s(altitude) (6.09, 5.74) s(B4.mean) (7.72, 3.37) s(B5.mean) (1, 5.82) s(B6.mean) (1, 28.39) s(B8A.mean) (8.9, 7.1) s(ndvi.mean) (7.04, 2.6) s(B3.range) (9, 3.55) s(B6.range) (6.59, 5.03) s(B8.range) (7.03, 3.51) s(B8A.range) (7.27, 4.49) s(B9.range) (7.43, 2.66) s(B3.max) (5.47, 4.12) s(B4.max) (1, 5.9) s(B5.max) (1, 6.69) s(B8A.max) (1, 3.91) s(B9.max) (5.21, 2.18) s(ndvi.sd) (9, 3.35) s(B9.sd) (8.41, 3.88)	s(wetness) (8.86, 5.91) s(slope) (1, 8.49) s(aspect) (4.52, 2.56) s(altitude) (6.28, 7.04) s(B3.mean) (6.58, 3.63) s(B4.mean) (8.28, 4.36) s(B5.mean) (8.08, 6.93) s(B6.mean) (8.43, 4.07) s(B8.mean) (5.35, 3.82) s(B8A.mean) (8.67, 4.37) s(B4.range) (1, 7.82) s(B5.range) (1.6, 13.51) s(B6.range) (9, 3.2) s(B8.range) (2.67, 9.39) s(B8A.range) (7.17, 4.21) s(ndvi.range) (8.69, 4.84) s(B9.range) (8.39, 3.13) s(B5.max) (7.25, 4.09) s(B6.max) (7.95, 2.35) s(B8.max) (5.62, 4.07) s(ndvi.max) (1, 4.84) s(B9.max) (6.54, 3.32)	s(wetness) (1, 8.35) s(B4.mean) (7, 27.52) s(B5.mean) (6.77, 26.22) s(B6.mean) (1, 35.02) s(B8.mean) (7.92, 26.42) s(B8A.mean) (9, 46.36) s(ndvi.mean) (4.47, 16.98) s(B5.range) (9, 21.56) s(B8A.range) (1, 10.41) s(B8A.range) (7.74, 18.33) s(B9.range) (1, 23.11) s(B4.max) (9, 25.07) s(ndvi.max) (8.32, 25.13) s(B9.max) (1, 15.66)	s(wetness) (1.66, 7.16) s(slope) (1.93, 9.66) s(aspect) (2.17, 8.57) s(snowcover) (1.95, 10.37) s(B5.mean) (2, 17.08) s(B6.mean) (1, 3.91) s(ndvi.mean) (1.97, 10.59) s(B9.mean) (1.89, 8.85)	s(wetness) (1.68, 14.26) s(slope) (1.95, 11.36) s(aspect) (2.01, 8.51) s(snowcover) (2, 17.95) s(B5.mean) (1, 9.21) s(B6.mean) (1, 4.35) s(B8.mean) (2, 10.45) s(B9.mean) (1.85, 10.88) s(B8.range) (1, 6.24) s(B8A.range) (2, 6.49) s(ndvi.max) (1.93, 10.46)
<i>r<sup>2</sup></i>	0.716	0.77	0.81	0.644	0.406	0.488
<i>förklarad varians</i>	75.80%	80.90%	81.40%	71.10%	52.40%	58.30%
<i>antal förekomst</i>	-	-	-	139	52	70
<i>n</i>	582	468	505	1477	1127	1178

I alla modeller är höjd över havet (altitude), marklutning (slope), markfuktighet (wetness) och lutningsriktning (aspect) viktiga variabler. Skillnaden mellan modellerna är främst vilka satellitband som används. Variationen i spektral information över säsong inom och mellan de olika banden (.range) är viktig för alla modeller förutom för busk-och snölegemodellerna. Båda dessa har ett sämre dataunderlag. Busktäckning är en blandning av olika buskar (framförallt dvärgbjörk, olika videarter och en) vilka sinsemellan uppvisar betydliga skillnader i spektrala signaler. Vilket avspeglar sig i den stora spridningen som man ser i Figur 3 B.

Matchningen mellan vegetationskartan och stickprovstäthet 4 gav 41 trakter som innehöll kalfjäll. Flygbildsinventeringen visade att ytterligare fem trakter potentiellt innehåller kalfjäll, vilket gjorde att det totalt ingick 46 trakter i fältinventeringen. Baserat på urvalsproceduren beskriven i avsnitt 3.1 valdes totalt 530 provytor i de 46 trakterna, dvs. ett medel på 11 provytor per trakt (minimum antal provytor = 6, maxantal = 12). Av de 530 utvalda provytorerna predikterade modellerna att 47 stycken skulle innehålla substratmarker, 186 innehålla vegetation dominerad av ris, och 310 provytor skulle innehålla vegetation inom den ”gröna” gruppen.

## 4.2. Insamlade data under fältsäsong 2021

Det gick att samla in data i alla de 530 utvalda provytorerna. Tolv av provytorerna resektive delytorerna inventerades på avstånd (se 3.3). Av de 530 provytorerna hamnade 417 på kalfjäll, 92 i fjällbjörk- respektive fjällbarrskog, och 21 klassades

som ”ej aktuellt”. 83 provytor blev delade i fält pga. att de innehöll mer än en naturtyp. Totalt blev det 619 delytor (odelad provyta räknas som en delyta), där 19 delytor helt hamnade i vatten. Bara en av de utvalda provytorerna hamnade helt i vatten (i en göl). Resultaten som presenteras i den här rapporten baseras på data från databasen “fjall2021” 2021-12-02.

Eftersom inventeringens huvudsyfte riktar sig mot kalvfjäll så fokusera vi i följande resultat bara på provytor som hamnade helt eller delvis *på kalvfjället*:

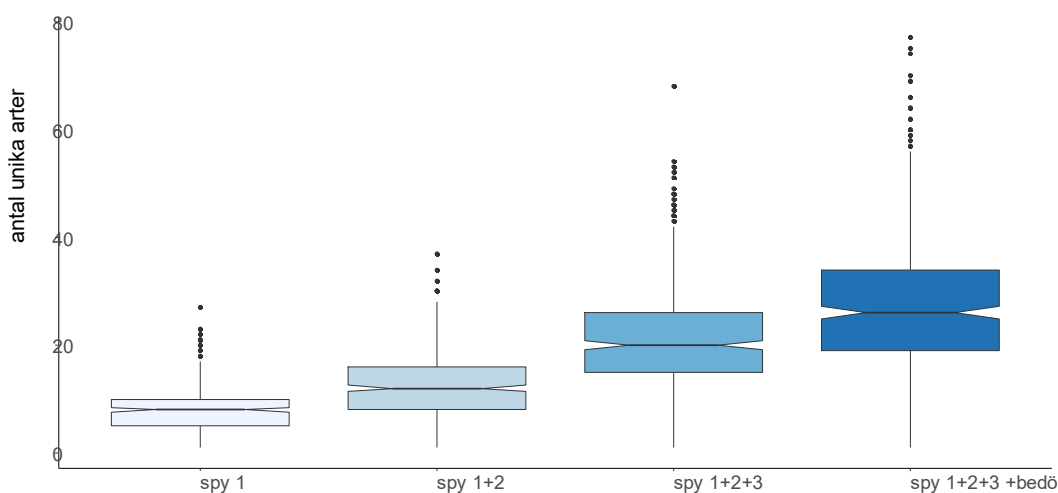
- I 82 % av provytorerna fanns ingen form av markanvändning, och 17 % i reservat.
- I 11 % provytor på kalvfjäll fanns markstörningar pga. tramp av ren, i två provytor tramp av människor och i en provyta fordonsspår. I 61 % fanns inga synliga tecken på markstörning, i 26 % av alla provytor fanns påverkan av vatten, snö eller vind (för tre fanns ingen information insamlad).
- Renspillning fanns i 42 % av alla provytor på kalvfjäll (7 % med enskild pellets och 35 % med mer än 10 pellets per provyta), 58 % av alla provytor hade ingen renspillning.
- I 68 % av alla provytor förekommer buskar, medelvärde täckningsgrad buskar för provytor med förekomst var 15 % (sd = 23 %)
- I 1 % av provytorerna registrerades översilning.
- I 26 % av alla provytor registrerades förekomst av våtmarksvegetation (definition: 50 % hydrofila arter på en fraktion av delytan som är minst 1 m<sup>2</sup> stor.) I provytor med våtmarksvegetation förekom vitmossemyr i medel med en areal av 69.3 m<sup>2</sup> (sd = 85 m<sup>2</sup>), brunmossekärr i medel med en areal av 70,1 m<sup>2</sup> (sd = 87 m<sup>2</sup>), och graminidkärr i medel med en areal av 87 m<sup>2</sup> (sd=89 m<sup>2</sup>).
- Medeldjup på alla mätpunkter med torv är 32 cm, för övrig humus 4.9 cm och för ej humus 0.05 cm.
- Träff av vegetationstyper och annex 1-naturtyper visas i tabell 4 och 6.

Statusvariabler för annex 1-naturtyper samlades in i bedömningspolygonen som omger respektive provyta. Statusvariablerna används för att klassificera annex 1-naturtyperna.

- I 61 % av alla bedömningspolygoner på kalvfjället fanns inga synliga spår av stigar, tramp (varken djur eller människor) eller fordon. I 22 % av bedömningspolygonerna fanns tramp av ren, i 7 % fanns spår av mänsklig tramp, i 2 % spår av fyrhjuling och i 2 % av andra djur än av ren. I en bedömningspolygon fanns spår av en motorcykel.
- 32 % av bedömningspolygonerna som klassades som alpina videbuskmarker (4080) hade en areal mellan 0.1 och 0.25 ha, 68 % hade en areal större än 0.25 ha.

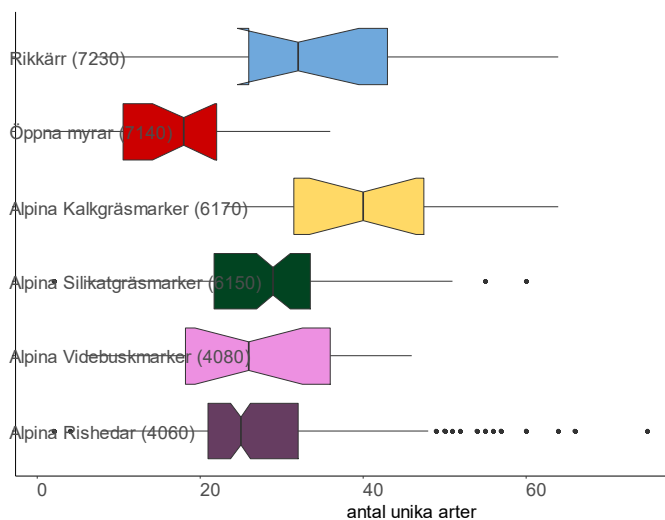
- 27 % av bedömningspolygonerna som klassades som alpina silikatgräsmarker (6170) hade en areal mellan 0.1 och 0.25 ha, 73 % hade en areal större än 0.25 ha.
- 4 % av bedömningspolygonerna som klassades som alpin rished (4060) hade en areal mellan 0.1 och 0.25 ha, 96 % hade en areal större än 0.25 ha.

Fält- och bottenskiKtsarter registrerades på fyra olika nivåer – i de tre olikstora småprovytorna och inom bedömningspolygonen (Figur 2). För att beräkna antal hittade arter per delyta eller bedömningspolygon så jämfördes vilka småprovytor som tillhörde respektive delyta eller bedömningspolygon och därefter bestämdes antal unika arter utifrån alla insamlade arter (Figur 4). Totalt hittades 194 unika arter, i genomsnitt 28 artrträffar per delyta + bedömningspolygon.



Figur 4: Kumulativ träff av unika arter per delyta respektive bedömningspolygon. Gördeln = medianvärde, box = 50% av data mängd (småprovytorna), whiskers = 95% av datamängd (gäller även för följande figurer)

I tabell 3 listas de 15 vanligaste arter (fält- och bottenskiKtsarter) som hittades inom olika annex 1-naturtyper. De vanligaste arterna inom alpina rishedar (4060) är kråkbär (förekommer i 94 % av alla små provytor/bedömningspolygoner som klassades som 4060), följd av renlavar, lingon och blåbär.



Figur 5: Antal unika arter i fält- och botten-skiktet per bedömningspolygon (inkl. ingående småprovytor) inom de sex vanligaste annex 1-naturtyperna.

För alla annex 1-naturtyper finns indikatorarter definierade som används för att beskriva naturtypens status. Matchning av hittade arter i fält med indikatorlistan ger en indikation om naturtypens kvalitet. T.ex. för alpina risheder (4060) är följande arter indikatorer: renlav, masklav, fjälltagellav, upprätt tagellav, krypljung, saffranslav och fjällsippa. I genomsnitt fanns 2.28 indikatorarter per delyta som klassats som alpin rished (4060). I 29 % av alla provytor fanns bara en indikatorart och 36 % av provytorerna hade mer än 2 indikatorarter. I alpina silikatgräsmarker (6150) hittades i genomsnitt bara 1.25 (max 3) indikatorarter, medan i öppen myr (7140) fanns i genomsnitt 1.58 indikatorarter (53 % av provytorerna hade bara en indikatorart). I medeltal hittades flest indikatorarter per delyta i rikkärr (7230) med i genomsnitt 4.33 indikatorarter (92 % av alla provytor hade mer än 3 indikatorarter).

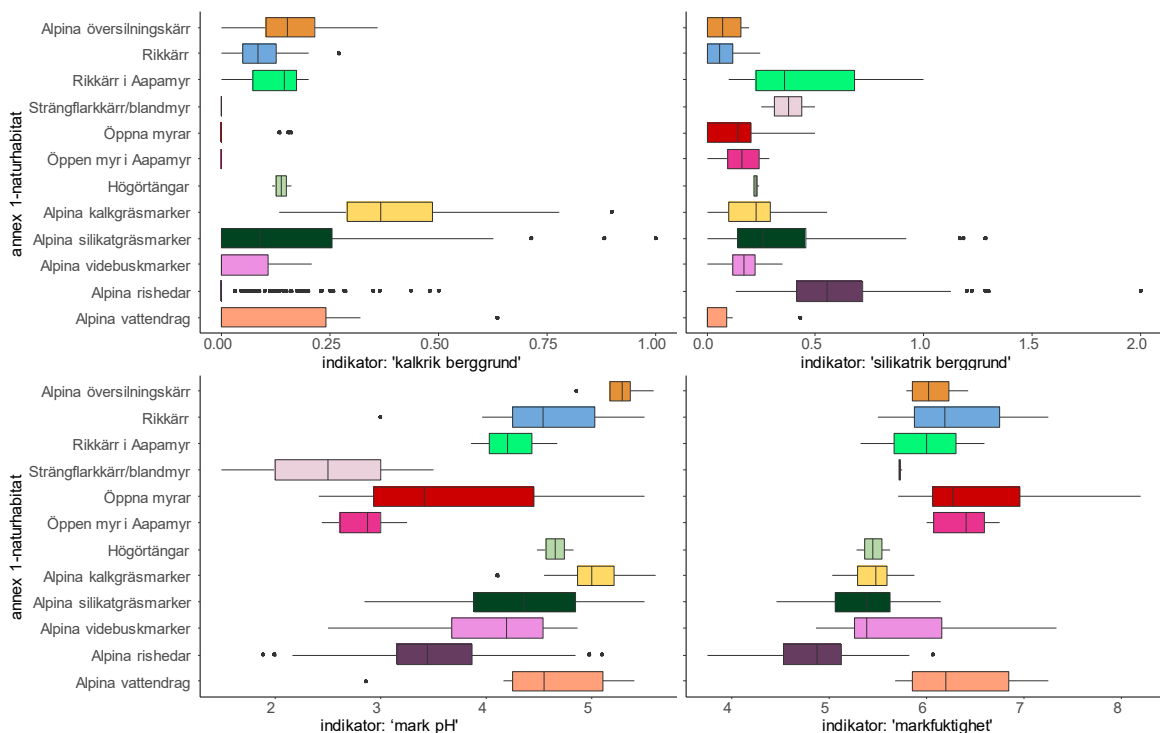
Tabell 3: Frekvens av de 15 vanligaste arter (exklusive buskar) som hittades i sex olika annex 1-naturtyper. Frekvensen beräknas med antal art träff per bedömningspolygon delat med totala antal delyta med habitatträff.

Alpina rishedar (4060)	Alpina videbuskmarker (4080)	Alpina silikatgräsmarker (6150)	Alpina kalkgräsmarker (6170)	Öppna myrar (7140)	Rikkärr (7230)
Kräkbär (0.94)	Skogstjärna (0.68)	Dvärg-/polarvide (0.84)	Dvärg-/polarvide (1)	Ångsull (0.78)	Piprensarmossa (0.85)
Renlav (0.93)	Gullris (0.63)	Gulgröna kartlavar (0.84)	Ormrot (0.87)	Flask-/blåsstarr (0.67)	Späd skorpionmossa (0.85)
Lingon (0.87)	Krustätel (0.58)	Renlav (0.78)	Fjällglim (0.8)	Kräkbär (0.59)	Tuffmossor (0.85)
Blåbär (0.82)	Blåbär (0.53)	Styvstarr (0.74)	Maskrosor (0.8)	Kräkklöver (0.56)	Vitmossor små röda (0.85)
Krustätel (0.79)	Lingon (0.53)	Påskrislavar (0.72)	Påskrislavar (0.8)	Rosling (0.52)	Ormrot (0.77)
Gulgröna kartlavar (0.76)	Vanlig smörblomma (0.53)	Navellavar (0.68)	Fjällgröe (0.73)	Hjortron (0.48)	Tuvsäv (0.77)
Klynnetåg (0.74)	Ångssyra (0.47)	Ormrot (0.68)	Islandslavar, bruna (0.73)	Odon (0.48)	Kräkklöver (0.69)
Odon (0.74)	Midsommarblomster (0.47)	Islandslavar, bruna (0.67)	Purpurbräcka (0.73)	Tuvsäv (0.44)	Röd skorpionmossa (0.69)
Styvstarr (0.74)	Ormrot (0.47)	Kräkbär (0.58)	Renlav (0.73)	Vitmossor små röda (0.41)	Ångsull (0.62)
Lappljung (0.68)	Tuvtätel (0.47)	Vårbrodd agg. (0.58)	Träd-/smalträken (0.73)	Renlav (0.37)	Fjällskära (0.62)
Islandslavar, bruna (0.66)	Väggmossa (0.47)	Dvärgfingerört (0.57)	Fjällfibblor (0.67)	Björnvitmossa (0.33)	Flask-/blåsstarr (0.62)
Påskrislavar (0.66)	Vårbrodd agg. (0.47)	Fjällnoppa (0.56)	Gulgröna kartlavar (0.67)	Ormrot (0.33)	Gyllenmossa (0.62)
Gullris (0.65)	Brudborste (0.42)	plummer (inkl. ssp. groddlummer) (0)	Kattfötter (0.67)	Tuvull (0.33)	Kräkbär (0.62)
Navellavar (0.58)	Fjällskära (0.42)	Maskrosor (0.51)	Mossljung (0.67)	Lingon (0.3)	Myruddmossa (0.62)
Snölav (0.58)	Fjällviol (0.42)	Mossljung (0.49)	Styvstarr (0.67)	Piprensarmossa (0.3)	Slätterblomma (0.62)

Ett annat användningsområde är att matcha artsammansättning med indikatorvärdena (Tyler m.fl. 2021) för att härleda markens kvalitet. I figur 6 visas utfallet för medelvärdet för fyra olika indikatorer – kalkrik berggrund, silikatrik



berggrund, markfuktighet och ph- per bedömningspolygon grupperat efter annex 1-naturtyper. Beräknade indikatorvärden för kalkrik berggrund är högst för alpina kalkgräsmarker (6170) jämfört med alla andra naturtyper (Figur 6, A). Däremot sticker indikatorvärdet för silikatrik berggrund inte ut särskilt mycket för alpina silikatgräsmarker (6150) förutom för några få bedömningspolygoner (Figur 6, B). Högsta indikatorvärdet för silikatrik berggrund finns för alpin rished (4060) och öppna myrar i aapamyror (7298). För en del naturtyper är antal träffar relativt låg (Tabell 6, t.ex. strängflarkkärr 7143, en undertyp av öppen myr 7140) och beräknade indexvärden därmed osäkra (pH index, Figur 6 C). Indexvärdet för markfuktighet (Figur 6, D) är minst för rishedar, högst för alla myr naturtyper och alpina vattendrag (3220) och har moderata värden för gräsmarkstyperna.



Figur 6: Fyra olika ekologiska indikatorvärden enligt Tyler m.fl. 2021: Medelvärde över indikatorvärde av alla unika arter inom 0,1 ha av respektive annex 1-naturtyp. Medelvärde skapades enligt Ellenberg m.fl 1992. För habitatkoder se Tabell 6.

### 4.3 Jämförelse mellan urvalsklasser och data från fältinventering

För att utvärdera modellen som använts i urvalsprocessen måste man utgå från provytanivån och kan därmed inte använda annex-1 naturtypsklassningen (då den inte bedömts på provytanivå utan i bedömningspolygonen). Av de provytor som

klassades som risdominerad (klass C) visade 69% en dominans av risvegetation (ristäckning) i fält. Bara 54 % av provytorna inom klass C blev klassade som vegetationstyp rished i fält, t.ex blev 20 % klassad som fjällbjörkskog (fast fältskiktet dominerades mest av ris). 11 % av provytorna inom klass C blev klassade i fält som gräsmark. I klass D ("gröna gruppen") var 66 % av provytorna som klassades av modellen som gräsdominerade även i fält dominerade av gräs (summan av bredbladiga + smalbladiga + starr). Ett problem verkar vara rismarkerna med en hög andel renlav (*Cladonia* spp.). Modellerna identifierade dessa ytor som gräsdominerade men i fält blev de helt rätt klassade som rishedar (efter kontroll mod fältfoton). Ett annat typiskt fall är att ytan klassades av modellen som gräsdominerad, i fält dominerade gräs över ristäckning men ytan blev klassad i fält som rished. Största problemet med felklassningen visade ytor som predikterades att domineras av vide. Här blev 50 % felklassade, de flesta hamnade inom fjällbjörkskogen, helt eller delvis täckt av fjällbjörk. Några exempel på felklassningen visas i figur 6: Exempel A, C och E kan bero på att GPS noggrannheten mellan satellit, karta och fältutrustning var för låg och att förskjutningar med några meter ledde till olika klassningar. Provytan i exempel B (Figur 7) ser i fotot från sidan gräsdominerad ut, men om man tittar på foton av småprovytorna i den så ser man att risvegetationen dominerar. Kanske var signalen till satelliten starkare från gräset än från riset, en effekt som i så fall förmodligen förekommer även för flygbilder. Exempel D tyder på att signalen från mossor har blivit fel tolkad i modellen, liksom i exempel F, en fjällbjörkskog några år efter ett fjällmätarangrepp som i modellen klassades till videbuskmark.



Figur 7: A – modellerat som myr, fältklassat som rished, B – modellerat som gräs, fältklassat som rished, C – modellerat som myr, fältklassat som rished, D – modellerat som gräs, fältklassat som snöleka, E – modellerat som myr, fältklassat som rished, F - modellerat som videbuskmark, fältklassat som fjällbjörkskog.

## 4.4. Arealskattningar för utvalda variabler

Skattningsfunktionerna som togs fram för NILS lövskogs- och gräsmarksinventeringen kunde även användas för NILS fjällinventering. Några smärre justeringar behövdes vad gäller antal ingående provytor i fas 2 och små modifieringar för att kunna beräkna annat än annex 1-naturtyps arealer. Resultatet visas i tre olika tabeller, den ena för mer generella skattningar (Tabell 4) den andra riktad mot störningar (Tabell 5) och den tredje redovisar skattningar för annex-1 naturtyper och undertyper (Tabell 6). För de skattningar som vi presentera här gäller samma som för resultatet under 4.2: Data som presenteras i den här rapporten togs fram från databasen “fjall2021” 2021-12-02. Rättningen av data i databasen är fortfarande inte avslutad och kan påverka resultatet som redovisas här i framtiden.

Genom de nya variabler som infördes inför 2021 säsongen (avsnitt 3.3) kan vi enkelt skatta arealer för olika typer av risheder, myrar och andra vegetationstyper som snölega och substratmark (Tabell 4). Det förväntade relativa medelfelet efter en 5-årig inventeringsperiod ligger under 22 % för alla skattningar (Tabell 4, sista kolumnen). Summan av antal provytor för vitmossemyr (torv <30 cm) och vitmossemyr (torv >30 cm) är mindre än summan för alla provytor som har vitmossemyr registrerat. Anledningen för detta är att det saknas torvmätningar från 16 deltytor med vitmossemyr. Om det är ett fel i vår fältinsamlingsmetodik eller om inventerare har glömt att fylla i dessa värden måste utredas till nästa säsong.

Tabell 4. Skattningar för olika vegetationstyper på kalvfjäll

	antal deltytor med träff	antal trakter med träff	skattad areal [ha]	skattad relativt medelfel	förväntat relativt medelfel*
kalvfjäll (terrester)	456	43	3214000	0.1	0.04
våtmarksvegetation	123	32	181600	0.25	0.11
vitmossemyr	71	20	50200	0.35	0.15
torvdjup >30 cm	28	12	22800	0.47	0.21
torvdjup < 30 cm	27	14	25700	0.51	0.22
brunmossekärr	50	17	45400	0.48	0.21
graminidkärr	58	17	73900	0.33	0.15
rishedvegetation	195	37	1662100	0.15	0.07
skarprished	111	31	230700	0.28	0.13
torrished	169	35	891700	0.18	0.08
friskrished	119	30	510400	0.22	0.1
fuktigrished	28	15	29200	0.38	0.17
snölega	42	14	301600	0.37	0.16
substratmark	43	12	285500	0.36	0.16

Även de nya variablerna förekomst av skräp eller förekomst av renspillning kan vi göra skattningar för. På 1 % av kalvfjällets areal förekom skräp inom en 10 m radie. I 48 % av kalvfjällets yta fanns renspillning inom en radie av 10 meter (Tabell 5). För variablerna förekomst av spång och förekomst av stigar kan vi just nu inte leverera data då rättningssarbetet på dessa två variabler fortfarande pågår.

Tabell 5: Skattningar för olika påverkan av kalfjällen

	antal deltytor med träff	antal trakter med träff	skattad areal [ha]	andel av kalfjällsarealen	skattad relativt medelfel	förväntat relativt medelfel*
kalfjäll (terrester)	456	43	3214027		0.1	0.04
areal med förekomst av skräp *	2	2	33256	0.01	0.72	0.32
areal med förekomst av renspillning *	179	35	1555472	0.48	0.15	0.07
areal med förekomst av mänsligt tramp *	24	3	203311	0.06	0.66	0.29

\*i radie med 10 meter

I tabell 6 redovisas areal skattningar för annex 1-naturtyper och undertyper (Gardfjell och Hagner 2019). För de undertyper där habitatkoderna inte slutar på ”0” – finns inga tydliga krav för artikel 17-rapporteringen och dessa kommer därför att ingå i närliggande huvudtypen (t.ex. 7143 kommer att inkluderas i 7140 (Öppna myrar) för artikel 17 leveransen till EU). För de flesta annex 1-naturtyper har vi förbättrat träffbilden så att vi kommer att uppfylla målet som formulerats av Jacobson 2010 (Tabell 6, sista kolumnen). För alpina högörtängar, alpina lågörtäng (ingen träff) och alpina översilningskärr uppfyller vi dock inte målet. Insamlade data för alpina rishedar är med n = 201 högt och den upptäckbara förändringen ligger långt under målet formulerat av Jacobson 2010.

Tabell 6: Areal skattningar för annex 1-naturtyper på kalfjäll baserat på 2021 insamlade data. Grå = naturtyp som vi inte förvänta oss att leverera data med vårt stickprov, blå = undertyper kan rapporteras tillsammans med sina respektive huvudtyper, \* det förväntade relativa medelfelet efter 5 års inventering beräknades genom att dividera skattat medelfel med roten av 5. Grön = detekterbar förändring uppfyller kravet enligt Jakobson 2010, orange = på gränsen att uppfylla kravet, röd = vi missar kravet av Jakobson 2010. (Habitatkod enligt Gardfjell och Hagner 2019)

Annex 1 naturtyp	habitat- kod	antal provytor med träff	antal trakter med träff	skattad areal [ha]	skattad relativt medelfel	förväntat relativt medelfel*	ambitionsnivå (Jacobson 2010 <sup>1</sup> )	korrelation NILSbas drev2-drev3	uptäckbara förändringar efter 5 år
Större vattendrag	3210	3	2	900	0.70	0.32	låg (40-100%)	-	-
Alpina vattendrag	3220	19	14	59100	0.34	0.15	låg (40-100%)	0.92	15%
Alpina rishedar	4060	201	37	1958900	0.15	0.07	låg (40-100%)	0.98	4%
Alpina videbuskmarker	4080	22	12	103500	0.47	0.21	medelhög (22-34%)	0.91	22%
Alpina silikatgräsmarker	6150	82	21	349900	0.27	0.12	medelhög (22-34%)	0.94	10%
Alpina kalkgräsmarker	6170	15	7	110900	0.45	0.20	medelhög (22-34%)	0.94	18%
Högörtängar	6430	2	2	10500	0.73	0.32	medelhög (22-34%)	0.71	62%
Svämängar	6450	1	1	55	1.00	0.45	medelhög (22-34%)	-	-
Öppna myrar	7140	34	14	79300	0.36	0.16	medelhög (22-34%)	0.96	11%
Strängflarkärr/blandmyr	7143	2	1	13000	1.00	0.45	medelhög (22-34%)	-	-
Källkärr	7162	2	1	1200	1.00	0.45	medelhög (22-34%)	-	-
Rikkärr	7230	18	8	54400	0.51	0.23	hög (10-16%)	0.93	22%
Alpina översilningskärr	7240	4	2	16700	0.89	0.40	medelhög (22-34%)	0.88	48%
Rikkärr i Aapamy	7296	3	1	3600	1.00	0.45	medelhög (22-34%)	-	-
Öppen myr i Aapamy	7298	7	2	11600	0.76	0.34	medelhög (22-34%)	-	-
Silikatrasmarker	8110	2	2	34000	0.81	0.36	medelhög (22-34%)	0.80	56%
Kalkrasmarker	8220	1	1	5300	1.00	0.45	låg (40-100%)	0.58	100%
Fjällbjörkskog	9040	76	12	310500	0.31	0.14	låg (40-100%)	0.97	8%

<sup>1</sup> anpassat enligt Hedenäs m.fl. 2021 till en 5 års period inkl. "ränta på ränta effekten"

## 5. Diskussion

En styrka med tvåfas-stickprovsdesignen som beskrivs i Adler m.fl (2020) är att det är möjligt att, med hjälp av fjärranalys, kunna exkludera provytor från att fältbesökas om de inte innehåller någon av de naturtyper som ingår i inventeringen. Utöver går det att styra antalet provytor som fältbesöks, utifrån klasser bestämda vid fjärranalys, mot de naturtyper som ingår i inventeringen. Det går dessutom att vikta så att vissa mindre vanliga naturtyper väljs ut för fältbesök i större utsträckning än vad de förekommer i klassningen. I till exempel lövskogsinventeringen är det av stor vikt att vi inte behöver besöka provytor i fält där vi är 100 % säkra på att det inte finns lövskog. Sedan styrs urvalet av provytor för fältbesök också, så att t.ex. mindre vanliga äldre ädellövskogar får fler fältbesök än yngre vanliga triviallövskogar jämfört mot vad som skulle vara proportionerligt (Ranlund 2021, Hedenås m.fl. 2022). I fjällen vill vi i grunden samla in data för alla vegetations- och naturtyper utan att utesluta några. Då blir den viktigaste vinsten med den andra fasen i stickprovsdesignen möjligheten att styra urvalet av provytor för fältbesök mellan olika fjärranalysklasser. Eftersom en enda annex 1-naturtyp, i princip, dominerar det svenska kalfjället (alpin rished, ca. 62 % av kalfjällets areal) så styr vi urvalet av provytor så att vi samlar in tillräckligt med data från fält även för andra annex 1-naturtyper. Det gör att vi kan följa förändringar i fler annex 1-naturtyper och samtidigt hålla oss inom en ekonomiskt rimlig ram. Många av annex 1-naturtyperna på kalfjället täcker en mycket liten yta där de förekommer. För att fånga annex 1-naturtyper som endast täcker någon eller några procent av kalfjällsarealen, i små objekt, så har vi ökat antalet potentiella provytor i en trakt i fas två betydligt jämfört med NILS gräsmarks- och lövskogsinventeringar (1600 provytor per trakt jämfört med 196 provytor). I ett så stort antal provytor blir det ineffektivt att flygbildsinventera. Istället använder vi modeller för att prediktera den dominerande vegetationstypen i en provyta. Det är en lösning som testades redan inom MOTH-projektet och sedan har utvecklats i samarbete med Norrbottens länsstyrelse.

Använder man sig av en modell som har en viss osäkerhet för att klassa en provyta så är det från början givet att den inte kan vara rätt till 100 %. Figur 3 visar tydligt att modellerna i princip fungerar men de kan inte nå den noggrannhet som skulle behövas för att kunna skilja mellan klass c (rished) och klass d ("gröna gruppen") och få det att fungera till 100 %. Även vid användningen av enkla

traditionella index som NDVI så finns det utmaningar:. Att klassa huruvida en satellitpixel ligger på en yta med vatten eller inte är i teorin en lätt övning med hjälp av exv. NDVI-data. Även i praktiken går det bra så länge satellitpixeln ligger med 100 % av sin areal över antingen en vattenyta eller landyta. Om en satellitpixel däremot ligger över en strandzon med både vatten och land så är det svårt att klassa den. Färginformationen från en pixel med t.ex. 34 % vatten och 66 % land tyder vare sig på vatten eller land. Det betyder att det inte finns två separata klasser ”land” och ”vatten”, det som finns är en gradient mellan 100 % vatten (0 % land) och 0 % vatten (100 % land). Samma fenomen gäller förstås ifall en satellitpixel innehåller andra överlappande fenomen, eller om själva fenomenet varierar mycket (t.ex. gradient mellan risdominerat och gräsdominerat yta). Våtmarker på fjällen kan t.ex. domineras spektralt av ris eller gräs som skuggar färginformation från underliggande hydrofila mossor, vilket försvårar klassningen. En klassning som dessutom försvåras av att förekomsten av vatten dessutom kan variera mycket under säsongen. Likaså är det optimistiskt att förvänta sig att kunna skilja en gräshed med 100 % säkerhet från en gräsdominerad myr. Bilden B i Figur 6 är ett exempel där en mindre utbredd vegetationsgrupp, gräs, spektralt övertrumfades den mest utbredda vegetationsgruppen, ris, i satellitbildsinformationen.

I praktiken betyder detta att vi inte kan förvänta oss att modellerna som används för att skapa de fyra urvalsklasser är 100 % rätt. Speciellt om de predikterade värdena för t.ex. ris- och grästäckning är jämnstora så att modellens prediktionsfel blir större än den predikterade skillnaden i täckningsgrad mellan klasserna så kan vi inte veta vilken av de två klasser (ris eller gräs) som dominerar. Syftet från början med de fyra klasserna har varit att styra stickprovet från att vara dominerat av rished till ett stickprov som har en ökad sannolikhet att träffa mindre vanliga naturtyper som domineras av gräs-, våt- och videbuskmarker samt snölegor. På grund av problematiken som beskrevs ovan, kan man inte anta att klassningen fungerar till 100 % vilket gör att vi inte kan utesluta att gräsmarker kommer att förekomma i ”risklassen” C och rismarker i den ”gröna klassen” D.

Ett sätt att utvärdera hur styrningen av fältinventeringen fungerade är att jämföra de relativa antalen träffar (bedömningspolygoner) för annex 1-naturtyperna på kalfjället med NILS basinventeringen. I NILS basinventering hamnade t.ex. 2 % av alla provytor i alpina videbuskmarker (4080) medan det i den nya NILS fjällinventering ökade till det dubbla dvs. 4 % av de fältinventerade provytorna. Om vi enbart hade ökat stickprovet hade vi förväntat oss att det relativa antalet fältträffar hade varit detsamma dvs. 2 %. Nu visar vi istället i den här inventeringen att det går att styra de provytor som fältbesöks så att de mindre vanliga naturtyperna som exv. videbuskmarker beöks i större proportion än deras areala förekomst. Relationen mellan den skattade arealen för kalfjäll (3 214 000 ha) och den skattade arealen för alpina videbuskmarker (4080) 103 500 ha är 3 %. Att andelen provytor med fältbesök för alpina videbuskmarker (4080) har ökat till 4 % är därmed en

kombination av det balanserade stickprovsurvalet i kombination med styrningen av provyteurval för fältbesök som skedde i fas två av designen. Vi behöver dock göra mer djupgående analyser för att bättre kunna utvärdera effekterna av den nya balanserade tvåfas designen. Resultaten från det första året tyder på att den nya stickprovsdesignen, och det tätare stickprov som den möjliggör gör att NILS fjällinventering kommer att kunna uppfylla Naturvårdsverkets krav för de flesta alpina annex 1-naturtyper redan efter en fem års inventeringsperiod (jmf. Jakobson 2010, Tabell 6).

Det förväntade relativa medelfelet för alpina rishedars (4060) arealskattning är betydligt lägre än det krav som Naturvårdsverket stipulerat (Tabell 6). Det betyder att styrningen av antalet provytor som fältinventeras per urvalsklass och trakt skulle kunna göras så att färre rishedar fältbesöks, för att effektivisera inventeringen. Med den befintliga designen betyder det att vi kan reducera antalet provytor som vi fältbesöker för klass C i varje trakt till två istället för fyra, för att istället välja ett högre antal provytor för fältbesök i klass D ("gröna klassen"). Om vi ökar antal fältbesökta provytor i klass D så kan vi lägga till en balanseringsvariabel till de befintliga (t.ex. lutning) eller testa att införa underklasser, för att ytterligare sprida de provytor som väljs för fältbesök inom klassen. Även om vi kan minska urvalet av provytor ur klass C, så kommer det fortfarande att bli "bifångst" av rished inom de provytor som väljs från klass D, så att helt reducera träffarna av rished är inte att förvänta.

Data insamlat i fjällinventeringen 2021 bidrar till bättre underlag för att bygga modeller som används för att klassa och göra ett urval av provytor till 2022 års fältsäsong. Det är ett system som gör att fjällinventeringen för varje år kan bli bättre, utifrån de mål som sätts upp för den. Inför 2022 finns ett par problemområden kvar att arbeta med. Även om vi nu har ökat antalet kända provytor dominerade av videbuskar så återstår svårigheten att matcha ytor med olika storlek (satellitpixel i relation till 10 m provytor och bedömningspolygoner). En ansats att lösa problemet kan vara att använda ortofoton tagna av drönare inom fjällinventeringen. Då kan man bättre matcha täckningsgrader av exv. buskar i fält med ortofotodata från drönare vilket i sin tur matchas med satellitdata. Detta har testats under 2021 inom ramen av ett FOMA-projekt finansierat av SLU. Drönardata kan också vara lösningen på problemet med att det förekommer fel matchningen mellan satellitbilder och fältdata pga. fel i positionering (Figur 4, bild C och E). Bättre GPS-sensor i fält skulle förbättra mätningarna, men befintliga ODK-GPS apparater kostar fortfarande för mycket, kring 60 000 kr per styck. En lösning som vi testade under 2021 var att använda ortofoton från drönare och matcha dessa mot satellitpixlar. Resultatet av det testet kommer att redovisas i en separat rapport.

Fjällinventeringen syftar till att inventera hela kalfjället. För att vi ska vara säkra på att vi gör det behöver vi även inventera angränsande marker, vilket främst innebär skog och våtmark som gränsar till kalfjäll. Under 2021 så hade vi en

säkerhetsmarginal sk. överklassning så att lite väl många provytor hamnade i skog (92 av totalt 530 provytor, dvs. 17 %). Denna överklassning berodde på att provytor bedömdes som skog om antingen vegetations- eller NMD-kartan indikerade skog. Vi skulle dock kunna minska överklassningen om vi istället använder LIDAR-data direkt och identifierar träd över 2,5 m (t.ex. med lidR packet, Roussel m.fl. 2020). För att undvika problemet med större block på högfjället (som finns i NMDs tilläggs-skikt fjällbjörkskog: Stora enskilda block identifieras i detta som träd och därför finns enligt NMD fjällbjörk långt uppe på blockmarker på kalvfjället) kan man kombinera LIDAR data med NDVI data.

Inför säsongen 2021 introducerade vi nya fältvariabler som t.ex. skräp och rensplinning samt reviderade andra som t.ex. myrvegetation till fjällinventeringen för vilka vi nu fått in data och kan leverera intressanta resultat. Vi kommer att diskutera dessa resultat med olika aktörer inför nästa fältsäsong. Vi hittade bara två provytor som innehålla skräp vilket säger något om fjällen i sin helhet, men ingenting om eventuella lokala problem i närheten av fjällstugor eller högt frekventerade vandringsleder. Liknande gäller för betestryck av ren. Skulle man inventera effekten av turister eller rennäring så måste man redan i urvalet av stickprovet inkludera information om det finns fjällstugor eller vandringsleder (respektive rengården, renvaktarstugor) i urvalsramen för att kunna väja bort alla trakter utan påverkan direkt. En lokal förtätning av trakter kring turistanläggningar behövs för att kunna svara på mer lokala frågor om nerskräpning i fjällen.

Vi har kunnat öka antal träffar för de flesta arter i inventeringens artlista eftersom vi utökat den areal som vi eftersöker arter i. Vi kan visa att antalet registreringar av indikatorarter för de olika annex 1-naturtyperna har ökat och i kombination med de nya statusvariablerna har vi skapat ett bra dataunderlag för att beskriva naturtypernas kvalitet inför nästa artikel 17 EU rapportering. Vi kommer fortsätta att diskutera förbättringar med olika avnämare (bl.a. Artdatabanken) inför fältsäsongen 2022.

Utöver skattningar baserade på artdata kan vi beräkna populationstätheten (förekomst per m<sup>2</sup>) för arterna i olika vegetationstyper eller annex 1-naturtyper enligt Ståhl m fl. (2020) eller mer avancerat enligt Ekström m fl. (2020). Som vi visade i figur 6 så är det också lätt att matcha information om artträff även med de ekologiska indikatorvärdena framtagen av Tyler m.fl. (2020). Resultat som speglas i Figur 6 ser rimligt ut i relation till annex 1-naturtyperna men det finns en stor variation mellan enskilda bedömningspolygoner (längd av boxen inkl. whiskers). Vi behöver utvärdera om även de ekologiska indikatorerna kan användas vid bedömningen av naturtypernas kvalitet. Indikatorvärden är inte metriska värden. Ur en matematisk synvinkel är det därför inte korrekt att summera eller dela sådana värden. Att beräkna indexvärden för t.ex. mark pH (Figur 6, C) genom att använda medelvärden är helt enkelt fel. Men eftersom det är ett standardförfarande inom



ekologi (Ellenberg m.fl. 1992) så presenterar vi ett exempel på hur det kan användas med data från fjällinventeringen.

Under 2021 genomfördes stora förändringar i NILS fjällinventering, i likhet med vad som gjordes inom NILS gräsmarks- och lövskogsinventeringar under 2020. Implementeringen av den nya stickprovsdesignen har gått bra. Dataunderlaget för Sveriges kommande Artikel 17-rapportering vad gäller alpina annex 1-naturtyper kommer nu att bli betydligt bättre. Fjällinventeringen samlar även viktiga data för olika vegetationstyper (t.ex. snölegor substratmarker, undergrupper av rishedar) med en hög noggrannhet samt andra variabler som kan beskriva hur fjällen används av människor, t.ex. i och med rennäringen (som ingår t.ex. i miljömålsrapporteringen). Den nya fjällinventeringen är flexibel så att vi för varje år kan förbättra och effektivisera den utifrån de data vi samlar in och eventuella förändringar vad gäller behov av data.

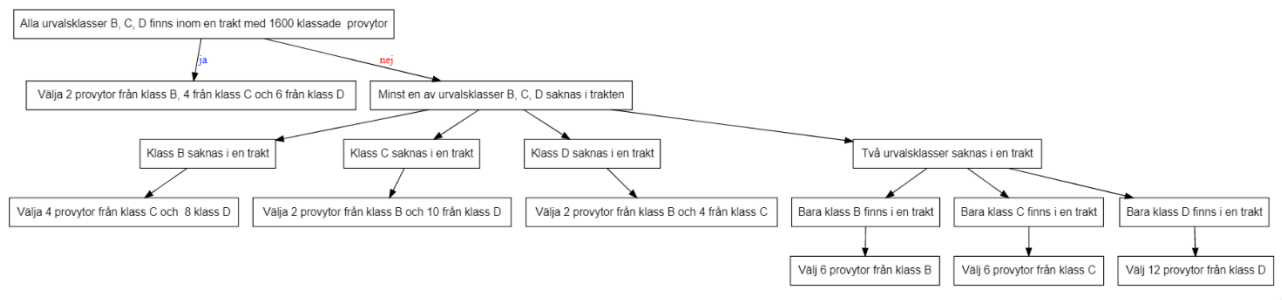
# Referenser

- Adler S, Christensen P, Gardfjell H, Grafström A, Hagner Å, Hedenås H, Ranlund Å 2020. Ny design för riktade naturtypsinventeringar inom NILS och THUF. Arbetsrapport 513. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå. <https://pub.epsilon.slu.se/17091/>
- Allard, A., Forsman, H., Hedenås, H., Nilsson, B., och Ranlund, Å. 2021. Nationell flygbildsinventering av gräsmarker och lövskogar med hjälp av ortofoton, NILS 2020. Arbetsrapport 529. Institution för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. <https://pub.epsilon.slu.se/28794/>
- Aybar C, Wu Q, Bautista L, Yali R, Barja A 2020. rgee: An R package for interacting with Google Earth Engine, Journal of Open Source Software URL <https://github.com/r-spatial/rgee/>.
- Bartsch A, Widhalm B, Leibmand M, Ermokhin K, Kumpula T, Skarin A, Wilcox EJ, Jones BM, Frost GV, Höfler A, Pointner G 2020. Feasibility of tundra vegetation height retrieval from Sentinel-1 and Sentinel-2 data. Remote Sensing of Environment 237, 1-19
- Bivand R, Keitt T, Rowlingson B 2021. rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library. R package version 1.5-23. <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Christensen P, Hedström Ringvall A 2013. Using statistical power analysis as a tool when designing a monitoring program: experience from a large-scale Swedish landscape monitoring program. Environ Monit Assess 185(9):7279-93. doi: 10.1007/s10661-013-3100-z
- Ekström M, Sandring S, Grafström A, Esseen P-A, Jonsson BG, Ståhl G 2020. Estimating density from presence/absence data in clustered populations. Methods in Ecology and Evolution. 11:390–402
- Ellenberg H, Weber HE, Düll R, Wirth V, Werner W, Paulißen D 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18, 2. Auflage
- Gao B 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment 58 (3), 257-266
- Gardfjell H, Hagner Å 2019. Instruktion för Habitatinventering i NILS och THUF, 2019. SLU, Umeå. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2019/habitatkompendium\\_nilsthuf\\_2019.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2019/habitatkompendium_nilsthuf_2019.pdf)
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, Moore R 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.
- Grafström A, Saarela S, Ene LT 2014. Efficient sampling strategies for forest inventories by spreading the sample in auxiliary space. Canadian Journal of Forest Research, 44(10), 1156-1164
- Grahn J 2020. Manual för uppföljning av fjäll och substratmiljöer i skyddade område. [Naturvårdsverket](#)
- Hastie and Tibshirani 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London pp. 335
- Hedenås H, Christensen P, Svensson J 2016. Changes in vegetation cover and composition in the Swedish mountain region. Environmental Monitoring and Assessment. 188:452
- Hedenås, H., Adler, S., Andersson, M., Gardfjell, H., Hagner, Å., Petterson, A., Johannessen, V., Press, A., Ranlund, Å. och Sjödin, M. 2021a. Fältinstruktionen för nationell inventering av gräsmarker och lövskog, år 2021. Avdelningen för landskapsanalys, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2022/nilsgraslovskogsinventeringfaltmanual2021\\_20210610a.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2022/nilsgraslovskogsinventeringfaltmanual2021_20210610a.pdf)
- Hedenås, H., Adler, S., Andersson, M., Gardfjell, H., Hagner, Å., Petterson, A., Johannessen, V., Press, A., Ranlund, Å. och Sjödin, M. 2021b. Fältinstruktionen för nationell inventering av fjällen. NILS år 2021. [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2022/nilsfjallinventeringfaltmanual2021\\_20210720.pdf](https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/nils/publikationer/2022/nilsfjallinventeringfaltmanual2021_20210720.pdf)
- Hedenås, H., Ranlund, Å., Hagner, Å., Lidén, M., Gardfjell, H., Christensen, P., Adler, S. 2022. Vad klarar vår nya stickprovsdesign? NILS gräsmarks- och lövskogsinventeringar 2020. Arbetsrapport 531. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå.

- Hijmans RJ 2021. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.4-13. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Hijmans RJ 2021. terra: Spatial Data Analysis. R package version 1.4-17. <https://rspatial.org/terra/>
- IKowarik I, Seidling W 1989. Zeigerwertberechnungen nach Ellenberg. Zu Problemen und Einschränkungen einer sinnvollen Methode. *Landschaft und Stadt*. 21, 132–143
- Jacobson C (red.) 2010. Principer för svensk biogeografisk uppföljning av naturtyper och arter, version 1.0, 2010-06-14, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Lamigueiro OP, Hijmans RJ 2021. rasterVis. R package version 0.51.0.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. (1989) *Generalized Linear Models*. 2nd Edition, Chapman and Hall, London. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-3242-6>
- Naimi B, Hamm Na, Groen TA, Skidmore AK, Toxopeus AG 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. *Ecography* (37) 191-203
- Pebesma E 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10 (1), 439-446
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ranlund, Å., Sjödin, M., Press, A., Gardfjell, H., Hedenås, H., Hagner, Å., Forsman, H., Christensen, P., Andersson, M. och Adler, S. 2021. Metodbeskrivning: 2020 års inventeringar av gräsmarker och lövskogar Arbetsrapport 530, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. <https://pub.epsilon.slu.se/29052/>
- Roussel JR, Auty D, Coops N C, Tompalski P, Goodbody TRH, Sánchez Meador A, Bourdon JF, De Boissieu F, Achim A 2020. lidR : An R package for analysis of Airborne Laser Scanning (ALS) data. *Remote Sensing of Environment*, 251 (August), 112061. <doi:10.1016/j.rse.2020.112061>.
- Salomonson VV, Appel I 2004. Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index. *Remote Sensing of Environment* 89 (3) 351-360
- Simpson G 2021. gratia: Graceful ggplot-Based Graphics and Other Functions for GAMs Fitted using mgcv. R package version 0.6.9400, <URL: <https://gavinsimpson.github.io/gratia/>>.
- SOU 2019:22, Sveriges miljöövervakning – dess uppgift och organisation för en god miljöförvaltning Del 1 & 2. [www.regeringen.se/4adabb/contentassets/f6e362b4a31941818c1b0e3220e13534/sveriges-miljoovervakning--dess-uppgift-och-organisation-for-en-god-miljoforvaltning-sou-201922](http://www.regeringen.se/4adabb/contentassets/f6e362b4a31941818c1b0e3220e13534/sveriges-miljoovervakning--dess-uppgift-och-organisation-for-en-god-miljoforvaltning-sou-201922)
- Sørensen R, Zinko U, Seibert J 2006. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations. *Hydrology and Earth System Sciences* 10, 101–112
- Stevens DL., Olsen A R 2004. Spatially balanced sampling of natural resources. *J. Amer. Statist. Assoc.* 99, 262–27
- Strimas-Mackey M 2021. smoothr: Smooth and Tidy Spatial Features. R package version 0.2.2. <https://CRAN.R-project.org/package=smoothr>
- Ståhl G, Allard A, Esseen PA, Glimskär A, Ringvall A, Svensson J, Sundquist S, Christensen P, Gallegos Torell Å, Högström M, Lagerqvist K, Marklund, L, Nilsson B, Inghe O 2011. National Inventory of Landscapes in Sweden (NILS) - scope, design, and experiences from establishing a multiscale biodiversity monitoring system. *Environmental Monitoring and Assessment* 173: 579-595
- Ståhl G, Ekström M, Dahlgren J, Esseen PA, Grafström A, Jonsson BG 2020. Presence–absence sampling for estimating plant density using survey data with variable plot size. *Methods Ecol Evol.* 2020;11:580–590
- Särndal CR, Swensson B, Wretman J 1992. *Model Assisted Survey Sampling*. Springer, New York, pp. 695
- Tyler T, Herbertsson L, Olofsson J, Olsson PA 2021. Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. *Ecological Indicators* 120, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106923>
- Wickham H 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K 2021. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wood SN 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1):3-36
- Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM 2009 *Mixed Effect models and Extensions in Ecology with R*, Springer, New York, pp 574

# Bilaga

## 1. Antal besökta fältprovtytor per urvalsklass och trakt – flödesschema



## 2 Klassningen av provtytor – flödesschema

