

Uppföljning av utredningen: Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning



Foto: Sture Sundqvist, NILS-programmet (körspår Hemavan).

Pernilla Christensen och Sture Sundquist

Arbetsrapport 185

**Uppföljning av utredningen: Skador på mark och
vegetation i de svenska fjällen till följd av
barmarkskörning**

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Bakgrund och övergripande syfte	4
Inledning.....	5
Studieområde NILS - Nationell Inventering av Landskapet i Sverige.....	5
1. Slutsatser från den tidigare utredningen “Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning.....	8
2.....	11
Omfattningen och karaktären av skador på mark.....	11
Slutsatser:	17
Referenser:	19
Appendix 1.....	20
Beräkningar - Linjeobjekt	20
Beräkningar - provytor	22
Referenser:	24

Sammanfattning

Den totala arealen fjäll dvs. fjällbarrskog (övergångszonen mellan skogsmark och fjäll med ≤ 10 m medelhöjd på barrträden), fjällbjörkskog och mark ovan skogsgränsen (ovan fjällbjörkskogen) är i denna studie uppskattad till ca 1404 km² inom NILS-strata 10, varav ca 91 % utgörs av fastmark. De dominerande Natura 2000 biotoperna är fjäll- och borealhed (32 %) och nordisk fjällbjörkskog (26 %).

En sammanställning av fältinventerade data från NILS stratum 10 visar att de finns ca 1 km stigar, körspår eller leder, > 2 dm i bredd, per km² dvs. spår med en sammansättning avvikande från omgivningen pga. tramp eller fordonskörning. Var åttonde av dess stigar, körspår eller leder är påverkade av terränghjulingar.

En tidigare genomförd enkätundersökning (Allard et al. 2004) antyder att det finns större områden med skador från terrängkörning än vad som hittades i denna studie. Detta kan bero på (1) att terrängkörningen inte orsakat större skador i fjällen och enkätundersökningen överskattat påverkansgraden eller (2) att enkätundersökningen som metod framförallt förmedlar information om lokala störningar och inte ger en bild av påverkansgraden i fjällen som helhet eller (3) att antalet NILS-tytor i fjällen måste utvidgas för att terrängkörningen skall fångas upp i högre utsträckning i fältinventeringen.

Bakgrund och övergripande syfte

I regeringens miljömålsarbete sker vart fjärde år en fördjupad utvärdering av de nationella miljömålen. Naturvårdsverket har till uppgift att lämna underlag till den fördjupade utvärderingen av miljömålet genom att lämna förslag till nya reviderade delmål och behov av åtgärder för att målen skall uppnås. Underlaget till den fördjupade utvärderingen skall samordnas med kontrollstation 2008 för klimatmålet och lämnas till regeringen senast den 1 april 2008.

Miljömålet, en *Storslagen fjällmiljö*, innefattar 4 delmål och som en del av den fördjupade utvärdering av de nationella miljömålen utgör denna studie ett underlag för utvärderingen av delmål 1 – att skador på mark och vegetation orsakade av mänsklig verksamhet skall vara försumbara senast år 2010 (Naturvårdsverket 2003).

Utvärderingen i denna studie baseras på data insamlade inom ramen för miljöövervakningsprogrammet NILS (Nationell Inventering av Landskapet i Sverige). I denna studie fokuserar NILS på frågor kopplade till markslitage, körskador och täckningsgraden av olika vegetationstyper. Utöver detta har NILS även i uppdrag att sammanställa slutsatser från tidigare utredningsuppdrag, "Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning" (Allard et al. 2004).

Inledning

Körning med motordrivet fordon i terräng regleras framförallt i terrängkörningslagen (TKL) och terrängkörningsförordningen (TKF). All körning i terrängen med motordrivet fordon är med vissa få undantag (exv. underhåll och arbete med renskötsel, statliga och kommunala tjänsteärenden, hämtning av fält byte vid jakt, sjukvårdare och fjällräddning) förbjuden vilket regleras i TKF (Naturvårdsverket 2005). Antalet terränghjulingar har ökat mycket snabbt i Sverige, från att 1986 ha varit ca 500 st. (Renman 1989) till att 1997 uppgå till ca 21 230 st. (Naturvårdsverket 1998).

Fjäll och bergsmiljöer är i regel känsligare för störningar än mer låglänta områden då en högre altitud ger en kortare vegetationssäsong och långsammare jordmånsprocesser vilket i sin tur resulterar i att vegetationen ofta har låg produktivitet och låg resiliens (återhämningsförmåga) (Renman 1989). Vegetationstyper i fjällen med hög slitagekänslighet är framförallt de blötaste vegetationstyperna, myrar och kärr, samt de torraste, skarp rished, torr rished och torrt kärr (Renman 1989, Allard 2003). På individnivå verkar vedartade växter och örter ta mest skada av mekaniskt slitage. Även arter av *Sphagnum* är känsliga medan graminider är relativt toleranta (Kjellin 1975, Ingelög et al. 1977). Hur stor skadan blir efter terrängfordon har visat sig vara en samverkan mellan totalvikt och medelmarktryck från fordonet. Spårdjupet efter fordon ökar vid stigande antal överfarter och högre totalvikt (Nordfjell 1992). Tjälad mark har visat sig vara mer tålig mot terrängkörning än otjälad mark (Kjellin 1975).

I fjällen idag är det framförallt terrängfordon såsom skotrar, snövesslor, 4-hjulingar, tvåhjulingar och ett ökande turismtryck i form av fotvandring tillsammans med betestryck från renar som inverkar på marktäckning och vegetation (Allard et al. 2004). Trots att det är väl känt och undersökt att tryck- och erosionsskador uppstår på underliggande mark när fordon körs sommartid i fjällterräng (se bl.a. Kjellin 1975, Renman 1989, Allard 2003) finns det få undersökningar som tar upp både omfattningen och karaktären av skador på mark och vegetation som direkt följd av terrängkörning på barmark i fjällen.

I denna studie kommer vi därför att:

1. Summera och diskutera slutsatser från den tidigare utredningen ”Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning” (Allard et al. 2004).
2. Undersöka både omfattningen och karaktären av skador på mark med hjälp av täckningsgrader för olika vegetationstyper, mängden transportleder och körspår och graden av påverkan och slitage i fjällen under perioden 2003-2006.

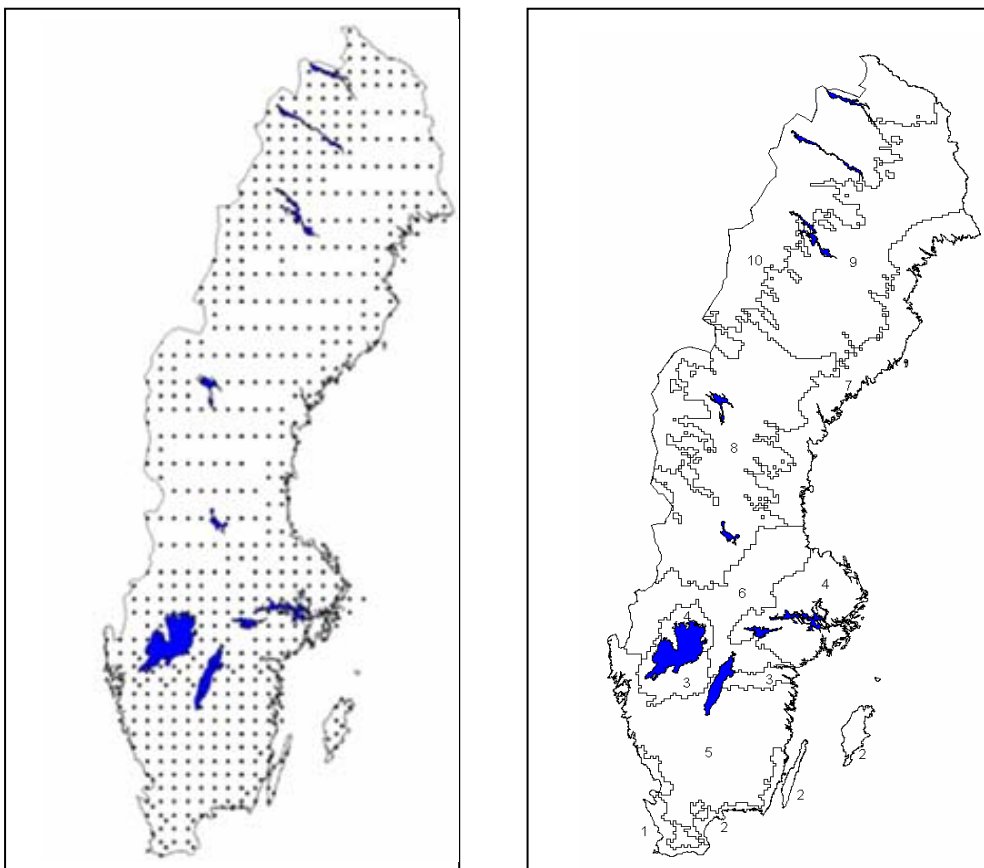
Studieområde NILS - Nationell Inventering av Landskapet i Sverige

Miljöövervakningsprogrammet Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) startade under 2003 och syftar till att följa förändringar i det svenska landskapet och hur dessa förändringar påverkar förutsättningarna för att kunna bevara den biologiska mångfalden. NILS omfattar alla landmiljöer, såväl jordbruksmark som skogsmark, våtmarker, stränder, fjäll och bebyggda miljöer. Totalt ingår 631 permanenta 5 x 5 km landskapsrutor (ca 120 rutor

inventeras varje år) i det stickprov som kommer att följas inom programmet med ett 5-årigt intervall, och med samma grunddesign i alla naturtyper (se Figur 1 som visar stickprovets omfattning och stratumindelning). Stickproven i NILS är stratifierade och i norra Sverige särskiljs fjällen och de fjällnära skogarna i ett eget stratum (nr 10) utifrån Naturskyddsföreningens naturvårdsgräns.

Inledningsvis bör man ha i åtanke att NILS är i sin första fas vilket innebär att de data som använts i denna studie inte är kvalitetsgranskade, dvs. felsökta och korrigerade, vilket kan medföra en viss osäkerhet för beräkningarna och resultaten i denna studie. Fortsättningsvis, med den metodik som NILS följer, dvs. med återbesök av rutorna vart 5 år, kommer terrängkörningen i fjällen att kunna följas upp över tiden och mer data som minskar osäkerheten i skattningarna kommer att samlas in.

I denna studie baseras skattningarna av de olika vegetationstyperna, mängden transportleder och körspår samt graden av påverkan och slitage på marken på stickprov från stratum 10 under 2003-2006. Stickproven i stratum 10 utgör från 2003 till 2006 av 116 st landskapsrutor varav 84 ligger i rena fjällmiljöer, dvs. fjällbarrskog, fjällbjörkskog och ovan skogsgränsen. Totalt i strata 10 under en 5-års period dvs. 2003-2007 finns 145 landskapsrutor.



Figur 1. Skiss av det 5-åriga utlägget inom NILS-programmet, 631 stickprovsområden indelade i 10 stratum. Denna studie har utförts i stratum 10.

I varje landskapsruta ligger en 1 x 1 km ruta med 12 systematiskt utplacerade provytor i vilka en noggrann beskrivning av marktäcke, markanvändning, åtgärder, mark och vegetation mäts.

Mellan provytorna genomförs även en linjekorsningsinventering av linjära objekt såsom exv. diken, vägar, hägnader, skogskanter, fordonsspår och stigar. I linjeinventeringen får man ett stickprov av ett antal typer av linejobjekt som totalt sett täcker en relativt liten yta, och som inte fångas upp på ett bra sätt i de fasta provytorna. Linjeobjekten registreras då de passeras.

För provytorna bedöms täckningsgrader och för linjeobjekten bedöms längden linjära objekt för stickprovet. Täckningsgrader och längder skalas sedan upp för att gälla för hela stratumet. På detta sätt kan mängden och längden av olika objekt uppskattas i exv. ett helt stratum eller i hela Sverige utifrån stickprovet.

1. Slutsatser från den tidigare utredningen ”Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning”

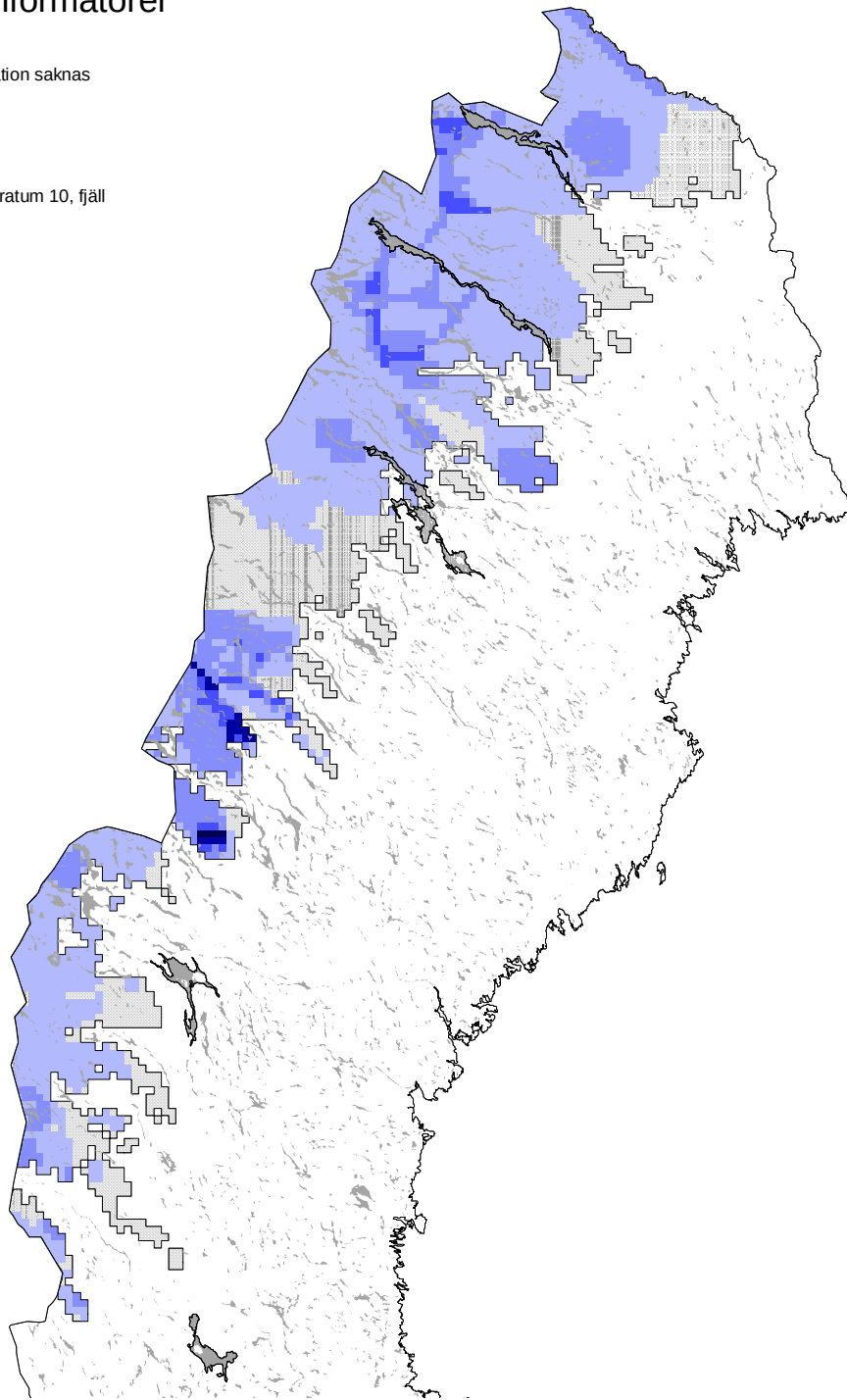
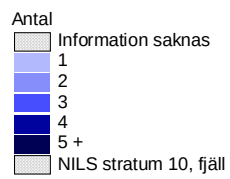
Syftet med den tidigare utredningen ”Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning” var att göra en översiktlig sammanställning över omfattningen av körspår i terräng i fjällen och fjällnära skogar. Utredningen baserades på tre olika metoder: tolkning av flygbilder i IR-färg, enkätundersökningar samt en fältinventering. Vid fältinventeringen användes stickprovet för stratum 10 under 2003, dvs. 28 rutor á 1 x 1 km. Ett delmoment i utredningen var även att ta fram och prova en metodik för att flygbildstolka linjeobjekt (se tidigare utredning för material och metoder).

Slutsatser från utredningen ”Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning” (Allard et al. 2004):

1. Utredningen visade att NILS-programmets fältinventering fångar förekomsten av körspår och skador som följd av dessa. Körspår verkar förekomma över större delen av fjällkedjan och 4-hjulingarna överväger. De flesta terrängkörningsspåren finns utmed befintliga leder eller vandringsstigar.
2. Flygbildstolkning tar bara en bråkdel av den tid det skulle ha krävts för att markinventera samma område. Med hjälp av flygbildstolkning var det möjligt att se och registrera de flesta linjära elementen i terrängen. Vid fältbesök var dessa linjära element dock inte lika lätta att identifiera vilket innebär att fältinventeringar av körskador kan underskatta graden av körskador i terrängen då det är svårt att se gamla körskador i fält. Med flygbildstolkningen är det möjligt att upptäcka äldre skador som inte är lika tydliga i fält. Ännu är dock inte metodiken klar för att identifiera orsaken bakom de funna objekten till skillnad från under fältinventeringen. Slutsatsen är dock att tolkning från flygbilder är en viktig metodik och ett komplement till fältinventeringar för att kunna upptäcka körspår. Det krävs dock metodutveckling för att säkerställa kvalitén på tolkningarna.
3. Enligt svaren från enkäten är vissa områden i fjällkedjan mer drabbade än andra av körskador (se bland annat Figur 2A och 2B). Det är dock svårt att direkt kvantifiera skadorna via enkätsvaren, då svaren är väl generella för det.

Terrängkörningsskador, enkätstudie

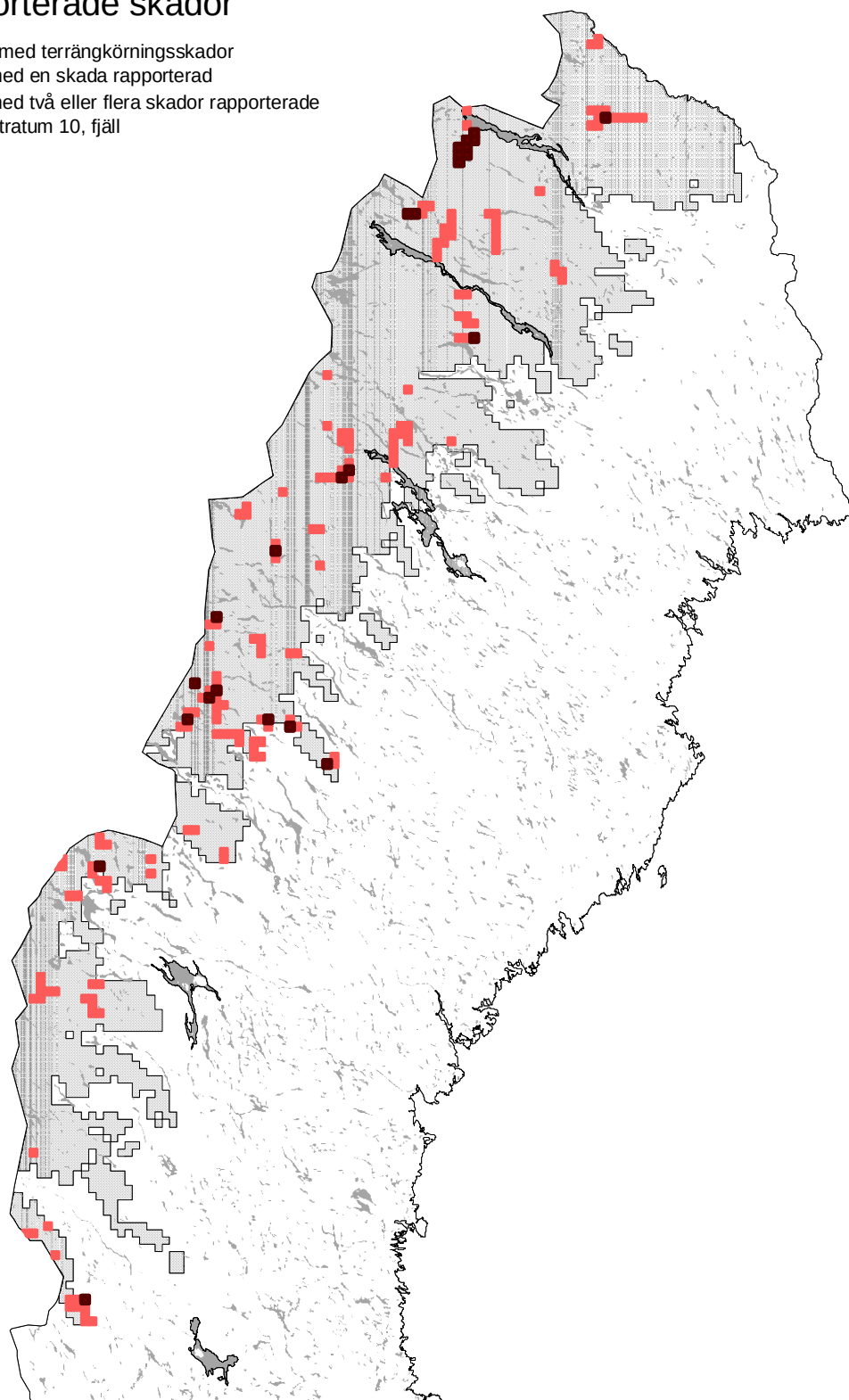
Antal informatörer



Figur 2A. Sammanställning av områden de svarande har besökt och därmed har potentiell kännedom om förekomst av körspår (figur från Allard et al. 2004)

Terrängkörningsskador, enkätstudie Inrapporterade skador

5x5km rutor med terrängkörningsskador
Ruta med en skada rapporterad
Ruta med två eller flera skador rapporterade
NILS stratum 10, fjäll



Figur 2B. Sammanställning av observerade körspår. Enbart svar med konkreta angivelser av lokalisering är med på bilden, diffusa lokaliseringar har valts bort (figur från Allard et al. 2004).

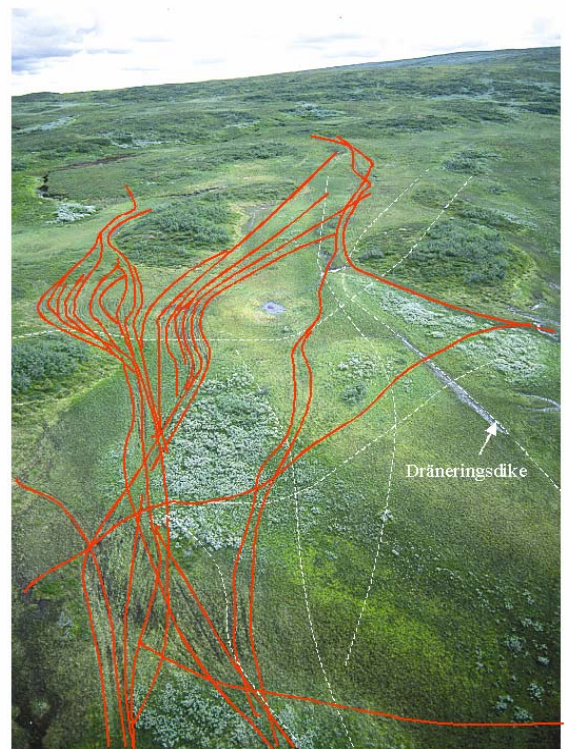
2. Omfattningen och karaktären av skador på mark.

Med en alltjämt ökande försäljning av terrängfordon och högre tryck i utnyttjandet av fjällen är det av stor vikt att följa upp hur detta påverkar marktäck, vegetation, avrinning och erosion. Inom NILS-programmet finns unika förutsättningar att följa förändringar i landskapet över tiden. Skattningarna från NILS utgör därför ett bra underlag för framtida åtgärds- och skötselplaner i fjällen för att på sikt kunna följa upp delmiljömålet dvs. att skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning minimeras.

NILS skattningar av barmarkskörning i fjällen visar att det totalt finns ca 1 km stigar, körspår eller leder, > 2 dm i bredd, per km² dvs. spår med en avvikande sammansättning än omgivningen pga. tramp eller fordon. Vart åttonde av dessa stigar, körspår eller leder är påverkade av terränghjulingar. Av spåren totalt efter fordon (bandfordon och terränghjulingar) återfinns de flesta spåren i terrängen (73 %) snarare än på stigar och leder. När en led eller stig, formell eller informell, ”körs sönder” blir leden eller stigen svår att använda vilket kan resultera i ett flertal stickspår i den kringliggande terrängen (se Figur 3A och B).



Foto: Jämtlands länsstyrelse



Figur 3A och B. A) Fotografi från Hotagens naturreservat taget från helikopter av Jämtlands länsstyrelse år 2002. Ett flertal spår går över bilden. B) Samma bild med linjer inlagda utefter körspåren. Utefter vita streckade linjer löper ett flertal smala spår från 2-hjuliga motorcyklar medan de röda strecken visar på spår från 4- eller 6-hjuliga fordon (bild från Allard et al. 2004).

Spår efter fyrhjulingar, motorcyklar och cyklar återfinns i högre grad än efter bandfordon (Tabell 1) vilket indikerar att (1) bandfordon är skonsammare mot underlaget (gäller framförallt vid körning i våtmarker) då trycket fördelas mer jämt än vid körning med terränghjulingar (se Nordfjell 1992, Eliasson och Wästerlund 2003) eller (2) att bandfordon används i mindre utsträckning än terränghjulingar (Tabell 1).

Tabell 1. Skattad längd per arealenhet (m/km²) och skattad totallängd (km) av olika linjeobjekt i fjällområdena i strata 10 baserat på 2003-2006 års data.

Linjeobjekt	Skattad längd (m/km ²)	Skattad totallängd (km)
Huvudtyp		
Stig/körspår/led	1026	52099
Mindre stig fjällen	2051	104197
Brukningsväg	49	2481
Anlagd väg	98	4962
Anlagd gång/cykelväg	24	1240
Järnväg	8	413
Spår av fordon på stig		
Cykel/motorcykel på stig	8	413
Fyrhjuling på stig	8	413
Enkelbandat fordon på stig	0	0
Dubbelbandat fordon på stig	16	827
Spår av fordon i terräng		
Cykel/motorcykel i terräng	24	1240
Fyrhjuling i terräng	41	2067
Enkelbandat fordon i terräng	24	1240
Dubbelbandat fordon i terräng	8	413
Totalt fordon på stig		
Spår av terränghjulingar tot. på stig	33	1654
Spår av bandfordon tot. på stig	16	826
Totalt fordon i terräng		
Spår av terränghjulingar tot. i terräng	98	4962
Spår av bandfordon tot i terräng	33	1654
Annan påverkan		
Mänsklig påverkan	448	22741
Påverkan av ren	431	21914

Fjäll- och bergsmiljöer har låg produktivitet och låg återhämtningsförmåga vilket gör dem känsligare för störningar av olika slag (Renman 1989). Den skattade totala arealen fjäll dvs. fjällbarrskog (övergångszonen mellan skogsmark och fjäll med ≤10 m medelhöjd på barrträden), fjällbjörkskog och ovan skogsgränsen (all mark ovan fjällbjörkskogen) är ca 1404 km² i strata 10. Fjällen består till ca 91 % av fastmark och dominerande bland Natura 2000 biotoperna är fjäll- och borealhed och nordisk fjällbjörkskog. 87 % av fjällarealen har ingen synbar markanvändningen och kan i det avseendet betecknas som relativt orörd/ostörd (Tabell 2).

Tabell 2. Skattning av arean av total fjällarea (1404 km²) av olika variabler i fjällen strata 10 baserat på 2003-2006 års data samt skattning av total area av olika variabler i fjällen baserat på 2003-2006 års data.

Variabler	Area av total fjällareal (%)	Skattad area (km ²)
Markanvändning		
Ingen synbar markanvändning	87.1	1221.8
Djurhållning på naturlig mark	0	0
Rekreation	1.4	19.1
Potentiellt skogsbruk inga avverkningsspår	9.8	137.8
Skogsbruk	0.4	5.11
Hygge	0	0
Rekreation + skogsbruk	0.2	2.3
Markskikt		
Torvmark geol. (30-50 cm humus)	4.6	65.0
Torvmark biol. (≥ 50.5 cm humus)	3.7	52.3
Fastmark, (0-30 cm humus)	90.7	1272.8
Fältskikt		
Renlav	2.4	34.3
Vitmossa	8.5	119.3
Natura 2000-biotoper		
Palsmyr	0.6	8.0
Högörtäng	0.2	2.1
Nordisk fjällbjörkskog	26.1	366.6
Subarktisk videbuskmark	3.2	44.8
Fjällhed och boreal hed	32.3	453.0
Annan typ	23.0	323.2

Olika områden/biotoper i fjällen är olika känsliga och känsligast för terrängkörning är de blötaste områdena, myrar och kärr, och de torraste områdena, skarp rished, torr rished och torrt kärr (Renman 1989). I denna studie återfinns de känsligare områdena i fjällen framförallt inom biotoperna fjällhed och boreal hed som utgör 32 % av total fjällarea och inom palsmyrar och torvmarker alternativt områden med vitmossa vilka utgör ca 8 % av total fjällarea (Tabell 2). Från den tidigare genomförda enkäten vet vi att många av de körspår som syns och har inverkat mest på sin omgivning går genom våtmarker (Allard et al. 2004). Spår i våtmarker kan där de ligger i backe bli dräneringsdiken med ökad avrinning och uttorkning av våtmarken som följd (se Figur 3A och B). Återbesök av en av de ytor som besöktes i fält under 2003 visar dock att återhämtningen från körskador vid återbesök sommaren 2007 var stor. Spårskadan som var efter fyrhjuling hade läkt och spåret var nästintill osynligt efter 4 år (Figur 4A och B).



Foto: NILS lag 70

Figur 4A och 4B. A) Körspår i nordligaste Norrland, 50 km nord nordost från Kiruna. Foto taget sommaren 2003. B) Återbesök av samma körspår. Foto taget sommaren 2007.

Att återhämtningen är relativt snabb i våtmarker jämfört med i torrare områden har även observerats i andra studier (Kjellin 1977, Renman 1989). I en lite torrare biotop längs en skoterled dokumenterades körskador efter skoter vid ett fältbesök sommaren 2007. Här fanns uppenbara slitskador efter skoter där vegetationen helt skavts bort (Figur 5). Då detta inte var ett återbesök vet vi inte graden av återhämtning i denna biotop. Fortsatta studier över vilken påverkan körskador har på enskilda miljöer och graden av återhämtning över tiden behövs.



Foto: Sture Sundqvist NILS-programmet (skoterled Kittelfjäll)

Figur 5. Skoterled över torrare mark med uppenbara slitskador från skoter.

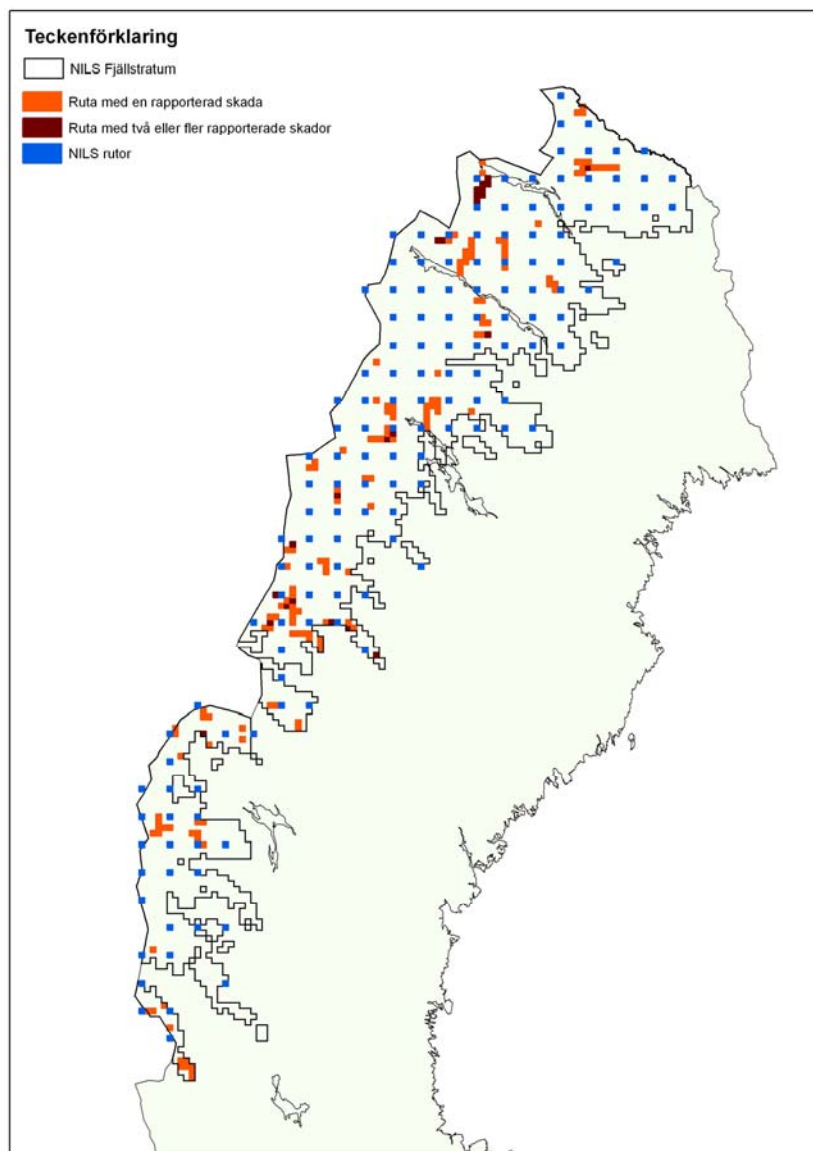
I denna studie presenteras resultatet från linjeobjekten samt beskrivande data från provytorna var för sig (Tabell 1 och Tabell 2). För att kunna utreda graden av störning och återhämtningen över tiden i olika biotoper krävs dock en mer djupgående studie där fältdata från linjeinventeringen relateras till redan befintlig vegetationsinformation (vegetationskartan alternativt NILS ordinarie polygontolkning). Denna koppling skulle då visa i vilken vegetationstyp terrängkörningen till störst del sker och kunna utgöra underlag för vidare information och utbildning till både allmänheten och de med tillstånd att köra terrängfordon om vad som gäller i Terrängkörningslagen (TKL) samt var, när och hur man kan och får köra för att på sikt kunna minimera skadorna i terrängen. Hopkopplingen av linjeobjekten och vegetationsinformationen skulle även kunna utgöra underlag för att kunna arbeta vidare med några av de åtgärdsförslag som bl.a. Naturvårdsverket (1998) och Länsstyrelsen i Norrbottens län (Edin 2007) föreslagit: terrängkörningsplaner och att vissa områden bör vara helt fredade från terrängkörning. Ytterligare en lösning för att minska körskadorna skulle kunna vara att leder och andra passager som nyttjas flitigt leds över de mer slitstarka markerna. Känsliga områden kan även markförstärkas med så kallade geonät vilket ger en ökad bärighet (Wästerlund 2007). Markförstärkningsåtgärder skulle kunna bli ett värdefullt redskap då det har visat sig minska risken för att större områden körs sönder (se Figur 3A och B).

Den tidigare genomförda enkätundersökningen (Allard et al. 2004) antyder att det finns större koncentrerade områden med skador från terrängkörning. Skattningarna i denna studie visar inte på lika stora skador vilket kan bero på att

- (1) ...terrängkörningen inte orsakat större skador i fjällen och enkätundersökningen överskattat påverkansgraden av terrängkörning i vissa områden i fjällkedjan eller att
- (2) ...enkätundersökningen som metod framförallt förmedlar information om lokala störningar och inte ger en bild av påverkansgraden i fjällen som helhet vilket NILS fältinventering gör, eller att ...

(3) ...antalet NILS ytor i fjällen måste utvidgas för att terrängkörningen skall fångas upp i högre utsträckning i fältinventeringen.

Man bör vara medveten om att enkätundersökningen grundar sig på subjektiva bedömningar från enskilda individer. Undersökningen indikerade dock att det finns större områden skadade av terrängkörning, områden som möjligen faller utanför NILS provtagningsareal och därför inte kommer med i fältberäkningarna. Vid en kontroll mellan NILS rutornas placering i landskapet i jämförelse med de inrapporterade skadorna i den tidigare genomförda enkätundersökningen (Figur 6), så visade det sig att endast 6 av totalt 145 NILS rutor i stratum 10 låg inom de i enkäten inrapporterade skadeområdena.



Figur 6. NILS rutornas placering i landskapet i jämförelse med de inrapporterade skadorna i den tidigare genomförda enkätundersökningen.

Tre av dessa 6 rutor finns inte med i detta beräkningsunderlag då de inventeras under sommaren 2007 och därmed inte funnits med i databasen.

De noterade skadeområdena i enkätstudien är till skillnad från NILS ytorna aggregerade i landskapet. Enkätsvaren är utplottade på kartan (Figur 6) i 5 x 5 km rutor och utgör ca 5 % av

arealen i stratum 10 (Figur 2B och 6). Enkätsvaren indikerar körskador någonstans inom denna 5 x 5 km ruta. NILS ytorna (1 x 1 km) som ligger inom dessa skadeområden utgör ca 4 % av totalt antal NILS ytor i stratum 10 men behöver nödvändigtvis inte fånga upp körskadorna då det beror på var i den körskadade 5 x 5 km rutan som NILS ytan ligger (Figur 6). Det man bör ha i åtanke då man jämför enkätsvaren med skattningarna på detta sätt är att skattningarna är ett medelvärde över fjällregionen i stratum 10 och enkäten endast ger en bild av var de mest störda områdena finns. För att kunna fånga upp mängden terrängkörning behövs mer riktade studier mot skadeområdena och/eller möjligen en utvidgning av undersökningsarealen i de rena fjällmiljöerna, vilket skulle vara både tids- och kostnadskrävande. Ett annat alternativ är att detta utreds vidare med hjälp av flygbildstolkning.

Med flygbildstolkning kan de flesta linjära objekten upptäckas (Allard et al. 2004). Fler spår identifierades med flygbildstolkning än vid återkontroller i fält. Bland annat är spår efter skoter, till följd av uppfrysningseffekt, förvillande lika spåren efter terrängkörning. Slutsatsen blev att antingen var det svårt att se alla spår i fält eller också finns det risk för en överestimering av antalet spår med flygbildstolkningen som metod. Med en förfining av flygbildstolkningen som metodik skulle ett större stickprov av fjällområdet kunna flygbildstolkas i syfte att titta närmare på terrängkörningsskador och spår och möjligheten att identifiera större skadeområden skulle öka. I första hand måste då metodiken arbetas igenom och en kalibrering av flygbildstolkningen ske gentemot de spår som faktiskt identifierats i fält. En tidigare studie genomförd av Renman (1989) som undersökte bla slitage och återhämtning av olika körspår med olika körfrekvens skulle kunna användas för att svara på frågan: Hur gamla spår går att identifiera med flygbildstolkning och spelar körfrekvensen roll? I en kompletterande fältstudie skulle då och nu kunna jämföras i syfte att ”mäta” återhämtningen av de 20 år gamla spåren i Renmans studie. Möjligen behövs även kompletterande spår i olika vegetationstyper ”läggas ut” och inventeras, spår som sedan kan användas i kalibreringssyfte för flygbildstolkningen. Med denna studie skulle en metodik för flygbildstolkning av linjeobjekt säkerställas. Detta material skulle kunna utgöra en bra grund för framtida åtgärdsprogram och skötselplaner.

Slutsatser:

1. Skattningarna av insamlade data från fältinventeringen i stratum 10 visar på att fordonskörningar förekommer. Den tidigare genomförda enkätundersökningen (Allard et al. 2004) indikerade att det finns stora koncentrerade områden med körskador, ca 5 % av arealen i stratum 10, som till viss del fångas upp av NILS-rutorna då ca 4 % av NILS ytorna ligger innanför dessa skadeområden. Sammanställningen från NILS fältinventering är ett medelvärde och fångar upp körskador även utanför de angivna skadeområdena och ger därmed en mer heltäckande och tillförlitlig bild på påverkansgraden i fjällen än vad den tidigare enkätundersökningen gör.
2. Utvidgade studier, metodutveckling av flygbildstolkning, graden av återhämtning och koppling av fältdata från linjeinventeringen till vegetationsinformation föreslås för att säkerställa i vilken utsträckning fjällvärlden är påverkad av den alltjämt ökande förekomsten av terrängfordon. Utvidgade studier föreslås även för att kunna ringa in i vilka områden åtgärder behöver sättas in och vilka åtgärder som är bäst lämpade i dessa områden.
3. För att bättre fånga områden med körskador behövs någon form av utvidgad kartering. Karteringen kan t.ex. utvidgas till 5 x 5 km rutan där flygbildstolkning kan ge en

heltäckande kartering som i sin tur kan användas som underlag för riktad fältinventering. Man kan också tänka sig en förtätning av NILS stickprov styrd mot områden ovan trädgränsen i stratum 10. Andra alternativ kan vara samordning med Natura 2000 uppföljningen där man samordnar den med en utökad övervakning av körspår.

4. Kunskapen från NILS inventeringarna i fjällen utgör ett bra underlag för att kunna upprätta terrängkörningsplaner i fjällen och för att kunna informera och utbilda allmänheten såväl som yrkesförare i hur skador från terrängkörningen skall minimeras. NILS är idag ett av de viktigaste mätinstrumenten av tillståndet i fjällen – ett mätinstrument som med viss metodutveckling kan bli ännu bättre.

Referenser:

- Allard, A., 2003: *Vegetation Changes in Mountainous Areas – A Monitoring Methodology Based on Aerial Photographs, High-Resolution Satellite Images, and Field Investigations*, [Doctoral thesis], Department of Physical Geography, Stockholm University, Dissertation Series, No. 27, 125 p.
- Allard, A., Löfgren, P. och Sundquist, S., 2004: *Skador på mark och vegetation till följd av barmarkskörning*. Arbetsrapport 126 2004.
- Edin, R., 2007: *Program för genomförande av åtgärder för att minska markskador på kalvfället till följd av barmarkskörning*. Länsstyrelsen i Norrbottens län, nr 4 2007.
- Eliasson, L. och Wästerlund, I. 2003. *Band skonar marken*. Tidningen skogsteknik vol 17 nr 4 14
- Ingelög, T., Olsson, M. T. och Kjellin, P., 1975: Snöskoterns och andra terrängmotorfordons inverkan på vegetationen, i *Motortrafik i terräng*, Statens naturvårdsverk, Stockholm, pp. 115-168.
- Kjellin, P., 1975: Snöskoterns och andra terrängmotorfordons inverkan på vegetationen, i *Motortrafik i terräng*, Statens naturvårdsverk, Stockholm, pp. 115-168.
- Kjellin, P., 1977: *Snöskoterns inverkan på vegetationen: skador och återhämtning*, Avdelning för landskapsvård, Naturvårdsverket, 1998: *Barmarkskörning på kalvfjäll*, Naturvårdsverket, Rapport 4845, 41 p.
- Naturvårdsverket, 2003: *Storlagen fjällmiljö – underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet*. Rapport 5322 okt 2003.
- Naturvårdsverket, 2005: *Terrängkörning – Handbok med allmänna råd till terrängkörningslagen och terrängkörningsförfordningen*. 2005:1, utgåva 1, Januari 2005.
- Nordfjell, T., 1992: *Körning på myrmark med små terrängfordon med olika markkontaktorgan*, Institutionen för skogsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Rapport nr 192, 57 p.
- Renman, G., 1989: *Barmarkskörning på fjällen. Effekter av körning med terränghjulingar på mark och vegetation*, Swedish Environmental Protection Agency, Report No. 3598, 55 p.
- Wästerlund, I., 2007. *Förstärkning ledstråk i fjällmiljö*, i slutrapport Miljöprojekt – Markförstärkningar, Interreg III A Sverige-Norge.

Appendix 1.

Beräkningar - Linjeobjekt

Linjekorsningsinventering (Line Intersect Sampling, LIS) är en effektiv och statistiskt robust metod för att uppskatta mängder olika typer av linjära objekt som t ex lågor, vägar och vattendrag (Matérn 1964, van Wagner 1968). Metoden har fått stor användning för att uppskatta mängden död ved i skogar (Warren & Olsen 1964, Ringvall & Ståhl 1999). Skattningar vid linjekorsningsinventering kan göras enligt olika principer. Med antagande om slumpvis valda riktningar av inventeringslinjerna (eller slumpmässigt orienterade linjeobjekt) kan totallängden av linjeobjekten (y), inom ett område med arealen A , beräknas med formeln:

$$(1) \quad y = \frac{A \times \pi \times m}{2 \times L}$$

där A är arean av det inventerade området, m är antalet observerade linjekorsningar och L den totala längden av linjerna som inventerats. Observera att det är viktigt att använda samma enheter i alla beräkningar. I denna rapport används meter (m).

Beräkningen av längden linjeobjekt har gjorts i följande steg:

- (i) För fjällen i stratum 10 skattades längden (m/km^2) samt den totala längden (km) av olika typer av linjeobjekt. Provtagningsprincipen är tvåstegsurval där vi först valt ut och inventerat n landskapsrutor av totalt N möjliga landskapsrutor inom stratumet som uppfyller kriterierna för att bli fältinventerade (tabell 6). Först beräknas längden av linjeobjekt inom varje landskapsruta (formel 2 nedan). När totallängden inom en landskapsruta beräknats summeras längden på varje landskapsruta på varje stratum (formel 3).

Tabell 6. Utlägget av landskapsrutor i NILS fördelade på Stratum

Stratum	N_h	n_h	N_h/n_h
1	288	11	26,182
2	611	29	21,069
3	547	27	20,259
4	1626	50	32,520
5	2536	79	32,101
6	1536	42	36,571
7	1965	48	40,938
8	3237	51	63,471
9	3163	52	60,827
10	3664	116	31,586
Summa	19173	505	

Förklaringar till symboler och de olika beräkningsstegen anges nedan.

i = NILS ruta (1-505 för år 2003-2006)

h = stratum (1-10, se Fig. 1)

n_h = totalt antal inventerade NILS-rutor (2003-2006)

N_h = totalt antal 25 km²-rutor inom stratumet som uppfyller kriterierna för fältinventeringen

m_i = antal observerade linjekorsningar av aktuellt slag inom NILS-ruta i

y_i = skattad totallängd av specifik typ av linjeobjekt i NILS-ruta i

$\hat{Y}_h$ = skattad totallängd av specifik typ av linjeobjekt i stratum h

a_i = total landarea i 1 x 1 km rutan

$\hat{S}_h$ = linjeobjektens längd per arealenhet i stratum h

Skattning av totallängd av specifik typ av linjeobjekt inom en NILS-ruta (5 x 5 km) beräknas enligt nedanstående formel där m_i är antalet linjekorsningar av aktuellt slag inom den aktuella rutan och den totala längden av inventerade linjer per landskapsruta är 12 x 200 m = 2400 m

$$(2) \quad y_i = \frac{5000^2 \times \pi \times m_i}{2 \times 2400}$$

En linjekorsning är således ”värd” ($16362,5 \times m_i$) meters totallängd vid uppräknningen inom landskapsrutan.

Kvoten N_h/n_h räknar upp ”värdet” av en korsning ytterligare till hela stratumet. Skattning av totallängd av linjeobjekt inom stratum $\hat{Y}_h$ beräknas därför enligt:

(3)

$$\hat{Y}_h = \frac{N_h}{n_h} \times \sum y_i$$

Den totala landarean (a) per inventerad NILS-ruta (1 x 1 km) uppgraderas till 5 x 5 km rutan genom att man tar ($a_i \times 25$). Kvoten N_h/n_h räknar upp ”värdet” av arean ytterligare till hela stratumet. Skattning av totalarea ($\hat{A}_h$) inom stratum h beräknas därför enligt:

(4)

$$\hat{A}_h = \frac{N_h}{n_h} \times \sum (a_i \times 25)$$

Linjeobjektens längd per arealenhet i stratum h ($\hat{S}_h$) erhålls genom kvotskattning:

(5)

$$\hat{S}_h = \frac{\hat{Y}_h}{\hat{A}_h}$$

Det bör noteras att kvoten N_h/n_h försvinner i formel (5) och behöver således ej vara känd.

Tätheten av linjeobjekt har beräknats som längden objekt i m per km² (100 ha) landareal (Tabell 1).

Beräkningar - provytor

Formlerna ger en skattning av täckningsgrad/andel ytor i viss markanvändningsklass eller medelvärde för täckning av någon art för ytor på land eller i viss naturtyp. För att skatta areal av t.ex. viss markanvändningsklass multipliceras den skattade andelen sedan med den totala landarealen (eller areal av viss naturtyp).

Förklaringar till symboler och de olika beräkningsstegen anges nedan.

i = NILS ruta (1-505 för år 2003-2006)

h = stratum (1-10, se Fig. 1)

n_h = totalt antal inventerade NILS-rutor (2003-2006)

N_h = totalt antal 25 km²-rutor inom stratomet som uppfyller kriterierna för fältinventeringen

y = täckningsgrad/andel av en variabel i en delprovya

a = delytans area

p = antal provytor som faktiskt inventerats i rutan i

A = landareal 1 x 1 km rutan

Y_i = andelen av rutan som variabeln utgör

$\hat{Y}_h$ = skattad area av stratomet som variabeln utgör

fj = arean av delytan som utgör fjäll

X_i = arean av rutan som utgör fjäll

$\hat{X}_h$ = skattad area av stratomet som variabeln utgör

$\hat{S}_h$ = andel som variabeln utgör (%) av total fjällareal i ett visst stratum

Delytans area beräknades med Greens formel. Hur mycket variabeln utgör i area av delytans area beräknades därefter genom att täckningsgraden/andelen (y) i delytan tas gånger delytans area (a). Andelen av rutan som variabeln utgör (Y_i) beräknades genom att ($y \times a$) summeras upp på rutnivå och tas gånger 1 delat med antal provytor som faktiskt inventerats i rutan (p) gånger arean på hela provytan totalt (314).

(1)

$$Y_i = \frac{1}{p \times 314} \times \sum (y \times a)$$

Areal av rutan totalt som variabeln utgör beräknas genom att andelen (Y_i) tas gånger hela 1 x 1 km rutans landareal (A). Areal summerades därefter på stratumnivå ($\hat{Y}_h$).

Areal av rutan som utgör fjäll (X_i) beräknades på samma sätt som ovan men här baseras beräkningarna på arean av delytan som utgör fjäll (ff) .

$$(2) \quad X_i = \frac{1}{p \times 314} \times \sum ff$$

Areal av rutan totalt som variabeln utgör beräknas genom att andelen (X_i) tas gånger hela 1 x 1 km rutans landareal (A). Areal summerades därefter på stratumnivå (X_h).

Kvoten N_h/n_h räknar upp ”värdet” av en variabel ytterligare till hela stratomet (skattar). $\hat{Y}_h$ motsvarar skattad variabelarea av stratomet som variabeln utgör:

$$(3) \quad \hat{Y}_h = \frac{N_h}{n_h} \times Y_h$$

X_h^s motsvarar skattad fjällarea av stratomet som variabeln utgör:

$$(4) \quad X_h^s = \frac{N_h}{n_h} \times X_h$$

Hur stor andel variabeln utgör (%) av total fjällareal i ett visst stratum ($\hat{S}_h$) beräknas genom att arean $\hat{Y}_h$ på stratumnivå divideras med area X_h^s på stratumnivå. Det bör noteras att kvoten N_h/n_h försvinner i formel 5 och behöver således ej vara känd.

$$(5) \quad \hat{S}_h = \frac{\hat{Y}_h}{X_h^s}$$

Referenser:

- Matérn, B. 1964. *A method for estimating the total length of roads by means of a line survey*. Studia Forestalia Suecica 185: 68-70.
- Ringvall, A. and Ståhl, G. 1999. *Field aspects of line intersect sampling for assessing coarse woody debris*. Forest Ecology and Management 119: 163-170.
- Van Wagner, C.E. 1992. *Practical aspects of the line intersect method*. Report P1-X-12, Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forest Service, Chalk River, Ontario, Canada.
- Warren, W.G. and Olsen, P.F. 1964. *A line intersect technique for assessing logging waste*. Forest Science 14: 20-26.