

Rekreation och miljöpåverkan i fjällen

En sammanfattning av forskning om ekologiska effekter
av friluftsliv, turism och sport

Sandra Wall-Reinius & Paul van den Brink



Rekreation och miljöpåverkan i fjällen

En sammanfattning av forskning om ekologiska effekter av friluftsliv, turism och sport

Sandra Wall-Reinius & Paul van den Brink

Mistra Sport & Outdoors, 2023:5

Författare: Sandra Wall-Reinius och Paul van den Brink

Omslagsfoto: Sandra Wall-Reinius

ISBN: 978-91-89786-29-5

Förord

Denna text är skriven inom ramen för Mistra Sport & Outdoors som är ett forsknings- och samverkansprogram för att skapa kunskap och lösningar för ökad miljömässig hållbarhet inom idrott och friluftsliv. Föreliggande rapport är en del av kunskapsuppbyggnaden kring hållbar användning av mark och vatten. Utan tillräcklig kunskap, planering och skötsel riskerar vi negativ påverkan på landskapet. Syftet med denna text är att sammanfatta forskningsläget vad gäller rekreationens negativa påverkan på naturmiljön i den svenska fjällkedjan.

Den här rapporten vänder sig till aktörer med intresse för rekreation och miljöfrågor i svenska fjällen. Rapporten kan utgöra underlag i strategi-, planerings- och förvaltningsarbete. Sammanställningen av tidigare forskning visar också att det finns kunskapsluckor och därför kan rapporten även utgöra utgångspunkt för framtida forskningsstudier.

Rapporten är författad av Sandra Wall-Reinius, docent i kulturgeografi, och Paul van den Brink, adjunkt och projektassistent i miljövetenskap.

Mittuniversitetet, Östersund

Juni 2023

Sandra Wall-Reinius & Paul van den Brink

Innehållsförteckning

Inledning	1
Rekreationens påverkan	3
Rapportens syfte, material och avgränsningar	5
Rekreationens ekologiska effekter i fjällen	6
Påverkan på mark och flora	7
Påverkan på fauna.....	14
Terrängkörning med motorfordon	24
Avslutande reflektioner	29
Referenser	33

Inledning

Landskapet är föränderligt. Så även fjälllandskapet. Landskapet är resultatet av alla de processer, praktiker och relationer som har verkat och fortfarande verkar. Landskapsförändringar är del av det socioekologiska systemet där interaktionen mellan människa och miljö, mellan kultur och natur, gradvis har påverkat landskapet på olika sätt (Wall-Reinius 2009; 2012; Laven m.fl., 2015). Idag omformar människan landskapet mer än någonsin och i många fall handlar det om människans olika sätt att använda marker och resurser. Fjälllandskapets natur-och kulturresurser nyttjas av många aktörer och näringar. I mångbrukandet av fjällen uppkommer utmaningar i att hantera olika värden och intressen - och inte sällan leder detta till mål- och intressekonflikter, inklusive negativ påverkan på miljön (Godtman Kling m.fl., 2019; Wall-Reinius m.fl., 2018; 2019). Rekreation, i form av aktiviteter, upplevelser och infrastruktur inom friluftsliv, turism, sport och evenemang, är ett av flera markanvändningsintressen i fjällen.

Svenska fjällen har under 1900-talet alltmer vuxit fram som ett rekreationslandskap och som en resurs och "en arena" för sport och turism. Fredman med kollegor (2016) redovisar i sin rapport flera forskningsstudier i svenska fjällen om bland annat aktivitetsmönster och förändringar inom friluftsliv och turism. Det finns fortsatt intresse för fjällvandring sommartid och skidåkning vintertid, och över tid har efterfrågan på infrastruktur, service och bekvämlighet ökat (se även Wall-Reinius & Bäck, 2011). En annan tydlig trend är att det i närheten av anläggningar för rekreation och kring skidorter, uppstått andra aktiviteter som exempelvis heli-skiing, hundspannsåkning, kite-flygning,

skoteråkning och cykling, vilket ökar det totala utbudet av rekreationsaktiviteter (se figur 1). I sammanställningen av besök och rekreationsaktiviteter i svenska fjällen menar forskarna att skidorterna tar alltmer utrymme i anspråk - både i tid och rum - när aktiviteterna breder ut sig i det omkringliggande landskapet och aktiviteter erbjuds året om (Fredman m.fl., 2016).



Figur 1. Kiting på snö - en av flera vinteraktiviteter i fjällen. Foto: Sandra Wall-Reinius.

På många platser i fjällen sker också en tydlig trend mot allt fler tävlingar och evenemang. *Sportifiering* av friluftslivet och sportevenemang i naturmiljöer, liksom utvecklingen av motoriserade aktiviteter är särskilt intressant att följa då miljöhänsyn i evenemangen allt som oftast haft en

underordnad betydelse (Eriksson m.fl., 2023). Vissa platser i fjällen, liksom andra naturområden i Norden, har under de senaste åren upplevt en snabb ökning av antalet besökare, med konsekvenser såsom negativ miljöpåverkan, upplevelser av trängsel, ökade räddningsinsatser och allt högre press på infrastruktur och undanträngning av andra markanvändare (Oian m.fl., 2018; Godtman Kling m.fl., 2019; Oklevik m.fl., 2019; Hansen m.fl., 2022).

Rekreationens påverkan

All form av friluftsliv och naturbaserade aktiviteter inom turism och idrottstävlingar innebär att landskapet används och det sker någon form av påverkan. Forskning som belyser rekreationens negativa påverkan på naturen handlar bland annat om slitage, utsläpp, buller, störningar på djur och förlust av biodiversitet, men även om användning av fossila bränslen (se tabell 1). Såväl anläggningar, infrastruktur, vägar, konsumtion och transporter inom rekreation samt utövarnas beteenden påverkar naturmiljön. McCullough med kollegor (2018) menar att internationell forskning har fokuserat mer på ekologiska effekter såsom markslitage, störningar på djur, utsläpp och buller än på effekterna av resursutnyttjande (se även Hammitt m.fl., 2015). De menar att det särskilt finns behov av att studera energikonsumtion och transporter och att bättre förstå vilka strategier som kan uppmuntra mer hållbart resursutnyttjande, särskilt vad gäller planing av friluftsliv, naturbaserad turism och sport i naturområden.

Friluftsliv äger rum i ett komplext samspel mellan socio-ekonomiska och ekologiska faktorer och där olika förutsättningar ger upphov till olika negativa och positiva effekter för individer, samhälle och ekosystem. Att ha ett helhetsperspektiv, eller systemperspektiv, på interaktionen mellan naturmiljöer och friluftsliv studeras inom rekreationsekologi.

Rekreationsekologi är studier av ekologiska förändringar på grund av

rekreation (se bland annat Miller, m.fl. 2022). Men rekreation ger inte bara upphov till negativa miljöeffekter. Det finns även flertalet positiva effekter av att människor är engagerade i friluftsliv och deltar i rekreativa utomhusaktiviteter. Till exempel kan naturupplevelser och aktiviteter i naturen bidra till fysisk och mental hälsa och till att stärka sociala relationer. Vidare kan rekreationsaktiviteter i naturen utgöra grunden för företag och därigenom ha positiva effekter på ekonomin. Naturupplevelser kan också öka medvetenheten kring miljöfrågor och biologisk mångfald. Därigenom kan rekreation ha indirekta positiva effekter för naturmiljöer. Platsspecifika förutsättningar gör att interaktionen mellan rekreation och naturmiljöer, och därmed också effekterna, ser olika ut på olika platser. Föreliggande rapport handlar om rekreationens negativa påverkan på den biofysiska miljön i fjällen, vilket exempelvis handlar om förändrad markanvändning, utsläpp och störningar på växter och djur.

Tabell 1. Sammanfattning av rekreationens miljöpåverkan. Källa:

Reviderad och översatt från McCullough m.fl., 2018 sid 17.

Påverkan	Exempel på miljöpåverkan
Konsumtion av naturresurser	Papper och förpackningar, vatten och mat, utrustning och kläder
Användning av icke förnyelsebara resurser för exempelvis energi och transporter	Energi och värme i byggnader, transporter, produktion av utrustning och kläder
Skador på ekosystem	Tramp på vegetation, erosion, vattenföroreningar
Utsläpp av växthusgaser	Konsumtion av elektricitet och bränsle
Förlust av habitat och biodiversitet	Konstruktion av byggnader och infrastruktur, störning på känsliga arter och habitat
Ljutförorening	Ljus från faciliteter och trafik
Markanvändningsförändringar och minskade ytor för sammanhängande natur	Byggnader, infrastruktur och tillrättaläggningar
Buller	Motoriserade rekreationsaktiviteter och transporter
Vatten	Snötillverkning, bränsle och utsläpp från båtar
Markerosion	Tramp längs vandringsleder, cykling
Sopor	Nedskräpning i naturen, sopor från faciliteter

Rapportens syfte, material och avgränsningar

Denna text sammanfattar forskningsläget vad gäller rekreationens negativa påverkan på naturmiljön i svenska fjällkedjan. Övergripande frågeställningar kring klimatpåverkan, energianvändning, konsumtion och förändrade socio-ekologiska relationer inkluderas inte i denna sammanställning. Exempelvis inkluderas inte miljöpåverkan från vägar och boendeanläggningar som fjällstationer och fjällstugor eller från transporter till och från natur- och friluftsområden. Det är dock viktigt att poängtera att markexploatering, resurs- och energiförbrukning, konsumtion av mat och utrusning samt sophantering vid anläggningar, avloppsvatten och vattenkonsumtion också är en del av friluftslivets miljöpåverkan i svenska fjällen. Arbetet är med andra ord begränsat till den lokala störningen som kan ses i närmiljön orsakad av att människor rör sig och nyttjar fjällandskapet. Denna rapport bygger också på tidigare sammanställningar som gjorts vid Mitthögskolan/Mittuniversitet (se bland annat Bergstedt m.fl., 1999; Bergstedt & Vikman, 2000; van den Brink, 2000; van den Brink & Vikman, 2000; 2021; van den Brink m.fl., 2005). Utdrag från ett urval av dessa arbeten har arbetats in i denna rapport för att kunna få ett samlat dokument som täcker även äldre källmaterial.

För att få en överblick av publiceringsläget har sökning gjorts i digitala forskningsdatabaser. Sökningen har utgått från miljöpåverkan från olika friluftsaktiviteter i skandinaviska fjällkedjan samt i likartade miljöer, exempelvis studier från Finland, Island, Skottland, Alperna och Svalbard. Där mer generella antaganden varit tillämpliga har även denna typ av studier tagits med även om de kommer från andra länder. Även separata sökningar har gjorts kring snöskoter och dess miljöpåverkan samt påverkan på ren och renskötsel. Sökningen har utgått från ett antal

huvudsakliga sökord som också kombinerats: tourism, outdoor recreation, alpine trail erosion, environmental impact, disturbance, reindeer, wildlife. Totalt har över 200 källor hittats. Sammanfattningen i denna rapport ska inte ses som fullständig.

Rekreationens ekologiska effekter i fjällen

Det finns relativt få forskningsstudier om störningar och miljöpåverkan från friluftsliv och naturbaserad turism i svenska fjällkedjan, och för att förstå mer kring påverkan i alpina miljöer har studier med liknande ekosystem inkluderats. Forskningen har mestadels fokuserat på mekaniskt slitage (främst från tramp) med effekter på vegetation, jordmån och erosion, men det finns även viss forskning om terrängkörningens påverkan (främst från skoteråkning) på mark, vatten och luft och rekreationens påverkan på djur. Tolvanen och Kangas (2016) har sammanfattat studier från de arktiska delarna av Finland, Sverige och Norge och konstaterar att negativ miljöpåverkan och påverkan på biodiversitet är mest påtaglig kring turismdestinationer. De känsligaste växterna, fåglarna och däggdjuren minskar eller försvinner från platser där störningen finns och artsammansättningen förändras. Tolvanen och Kangas noterar också att det finns få forskningsstudier om spridning av främmande arter och de få exempel som finns visar att invasiva arter kan främjas av turism. Detta, tillsammans med höjda medeltemperaturer i och med klimatförändringarna, förstärker förändringarna i biodiversiteten i arktiska ekosystem (Tolvanen & Kangas, 2016). Generellt kan sägas att forskningen har fokuserat på direkt påverkan, till exempel att djur flyr eller ändrar sitt beteende när människor närmar sig (Steven m.fl., 2011). Men påverkan på djur kan också vara indirekt genom att rekreationsaktiviteter och dess infrastruktur leder till förändringar i habitat, som i sin tur ändrar förutsättningarna för olika djurarter att leva på platsen (Lucas, 2020). Hur

förändringar i populationer påverkar näringskedjan är sällan i fokus i studier som handlar om friluftslivets påverkan på naturmiljön (Miller m.fl., 2022). Detta kan då betyda att en störning på en enskild art kan få andra effekter om arten ses som en del i ett ekosystem och hur den interagerar med systemet som helhet.

Påverkan på mark och flora

Mekaniskt slitage av tramp och annat mekaniskt slitage efter exempelvis vandring, tältning, löpning, cykling, hästridning och motorfordon kan ge upphov till erosion, jordkompaktering och minskad tjocklek på humuslager (se figur 2). Faktorer som vegetation, markegenskaper och lutning, liksom aktiviteternas omfattning och när i tid som människor nyttjar marken påverkar hur allvarliga effekterna blir. Förändringar vad gäller exempelvis jordkompaktering, minskat humuslager och mark- och vegetationsslitage är oundvikliga redan efter lättare och kortvarigt mekaniskt tramp, särskilt i sluttningar och på hög höjd där det är längre återhämtningstider (Tolvanen m.fl., 2005). Det är ofta svårt att mäta hur många människor som rör sig i ett område och hur området nyttjas över tid samt om det rör sig om tramp/slitage från både människor och djur, exempelvis renar. Effekten av mekaniskt slitage är likartat oavsett om det är en människa eller ett djur som trampar (Bergstedt & Vikman, 2000; van den Brink & Vikman, 2001).

Flera studier om erosion utnyttjar flygfoton, GIS och satellitdata för att se på erosion på och omkring leder (Salesa & Cerdà, 2020). Linjära objekt är relativt lätta att upptäcka med fjärrbildsanalys (Allard m.fl., 2004). Stigar går genom olika typer av vegetation, olika lutning och med olika underlag, vilket gör att de är lämpliga att studera vad gäller känsligheten för tramp och annan mekanisk påverkan. Det går att studera hur olika jordarter eroderas, hur olika vegetationstyper förändras och vidare bedöma vilka

områden som löper störst risk att få omfattande erosion och vilka områden som klarar ett högre tryck med en liten förändring som följd. I sammanhanget skall nämnas att en känslig miljö som inte nyttjas löper en liten risk samt att en tålig miljö ändå kan slitas om den överutnyttjas. Med andra ord, hur stor påverkan är och när den sker i tid är troligen de viktigaste faktorerna när det gäller områdets känslighet för störning. En annan aspekt är vilka värden som man kan vilja skydda. En artfattig känslig miljö (exempelvis fönsterlavdominerad hed) kan värderas lägre utifrån ett artbevarande perspektiv medan en tramptåligare lågörtäng kan hålla flera sällsynta arter som är mer hotade.



Figur 2. Mekaniskt slitage av tramp på vandringsled. Foto: Sandra Wall-Reinius.

En vanlig fältmetod enligt Salesa och Cerdà (2020) är att mäta genomskärningar av stigar och genom detta uppskatta hur mycket jord som transporterats bort. Vid genomgången av tidigare forskning om erosion kan vi konstatera att de flesta bygger på fältundersökningar, inklusive trampförsök, från 1980- och 90-talen (Bayfield m.fl., 1981; Emanuelsson; 1984; Hoogesteger, 1984; Gellatly m.fl., 1986; Scott & Kirkpatrick, 1994; Cole & Spildie, 1998; Arnessen, 1999; Gallet & Roze, 2001; Törn m.fl., 2006) och på effekterna av störning från terrängfordon (Radforth, 1971; Renman, 1989; Wilson & Seney, 1994; Naturvårdsverket,

1997; Buchkina, m.fl., 1998). Enligt en genomgång av Salesa och Cerdà (2020) har nära hälften av vetenskapligt publicerade studier kring erosion kopplat till leder utförts i USA och då företrädesvis i skyddade områden. Nordamerikas dominans vad gäller studier om vandringsleder för friluftsliv och turism konstateras också i översiktsartikeln av Godtman Kling med kollegor från 2017.

Vegetationsförändringar

Nednötning av vegetation ger upphov till minskad växtkraft och västreproduktion, vilket i sin tur förändrar artsammansättning och minskning av vegetationstäcket (Cole, 2004). Följderna av en viss störning i ett naturområde beror på störningens omfattning och naturtypens känslighet, det vill säga naturens motståndskraft och återhämtningsförmåga (Monz m.fl., 2013). Därför klarar olika vegetationstyper belastning olika bra. Svenska fjällen domineras av hed med risvegetation (exempelvis dvärgbjörk, kråkbär, lappljung, lingon, blåbär och ripbär), men även av stor andel våtmarker som kärr och blandmyrar (Essen & Löfgren, 2004). Våta miljöer påverkas mer, medan torrare miljöer påverkas mindre, och gräsvegetation är tåligare än lav, ris- och buskvegetation (Fosse, 2012). Ju blötare marken är desto lättare skadas den. En upptrampad stig kan snart utgöra den ränna som dikar ut området, speciellt om marken sluttar och stigen följer lutningen (se figur 3). Stigar som korsar höjdlinjerna är problematiska, men så länge vegetationen är intakt så kommer lite erosion att ske. I bergsområden ger stigar och vägar högre hastighet på vattnet efter regn och genererar därmed mer erosion (Harden, 2001; se även Tolvanen m.fl., 2005). Enligt Harden (2001) är vegetationsfri mark utanför leder och stigar mindre känsliga för erosion.

Olika vegetationstyper har olika återhämtningsförmåga, men generellt kan sägas att den minskar med höjden över havet, bland annat därför att tillväxtsäsongen är kortare. Ängsvegetation och gräshedar betraktas normalt som minst känsliga (Emanuelsson, 1984; Allard m.fl., 2004). Enligt

Emanuelsson (1980) är det omöjligt att efter tio år lokalisera stigar som inte längre används och som gått genom örtvegetation. Däremot är stigar i kråkrisvegetation fortfarande synliga femtio år efter att trampet upphört (se även Cernusca, 1991).



Figur 3. Stig som blivit en ränna. Foto: Sandra Wall-Reinius.

Flera studier visar att den största förändringen av vegetationen kan observeras under den tid då stigen uppstår. Vid ökat tryck så förändras inte artsammansättningen så mycket, men däremot storleken på det förändrade området (Ullring, 1989; Cole, 1985; Cole & Trull, 1992; Cole &

Spildie, 1998). I Tolvanen m.fl. (2005) refereras till studier som visat att det har betydelse hur trycket fördelas över tid på gamla respektive nya leder. Exempelvis visar studier i fjällbjörkskog att intensiteten i användningen av leder påverkar vegetationen och artsammansättning; vid äldre leder som används under lång tid och där ökningen varit långsam sprider ny gräsvegetation ut sig, men vid en plötslig tillkomst av ny led, och med en intensiv användning, blir det inte någon ny art som etablerar sig. Ullring (1989) visade att en liten belastning över säsongen (<425 passager) räcker för att upprätthålla en stig i landskapet. Även när på året störningen sker har betydelse (Bayfield m.fl., 1981; Heggenes m.fl., 2020). Emanuelsson (1984) konstaterade att tramp tidigt eller sent under vegetationsperioden gav mindre effekter än tramp under mitten av vegetationsperioden.

Några arter verkar gynnas av störningsregimer och en av de arter som ofta uppträder i anslutning till äldre stigar och kulturmarker är stagg, vilket också noteras i exempelvis Fosses arbete (2012). En annan art som enligt samma författare verkar gynnas är trådtåg som är en del av fattigmyrvegetationen. Att vissa arter gynnas är inte något konstigt. Bland annat kan slitage av vegetationen innebära att arter som har svårt att konkurrera hittar ett livsutrymme. Den generella hypotesen är att en intermediär störning kan vara gynnsam för platsens biodiversitet då den förhindrar enskilda arter att dominera (se exempelvis Grime, 1973). Hypotesen har utvecklats och diskuterats och det är inte givet att störning är positivt för den biologiska mångfalden i alla miljöer (Hughes, 2010). En effekt kan också vara att arter som inte tidigare funnits i landskapet kommer in och eventuellt på sikt kan inbära att vissa mindre tåliga arter konkurreras ut vilket bland annat diskuteras i en studie på och kring leder i Anderna, Argentina (Barros m.fl., 2020). Beroende på vilken grupp av arter som studeras kan resultaten variera. Till exempel kan örter och gräs gynnas av bete och tramp, men på bekostnad av lavar och mossor (Jónsdóttir, 1991; Jägerbrand & Alatalo, 2015).

Den generella bilden är att vegetationstypernas känslighet inte varierar beroende på vilken typ av mekaniskt slitage det handlar om. De miljöer som är känsligast för tramp är med stor sannolikhet också mest känsliga för andra typer av mekaniskt slitage såsom motortrafik, cykling, ridning och tältning. I en norsk studie av Evju m.fl. (2021) har forskarna jämfört slitage från vandring och cykling och de fann att lederna blev bredare längs fuktiga partier och att effekterna ökade med mängden cyklister. Enligt Tolvanen m.fl. (2005) som studerat ekosystem i fjällbjörskog har tältning ännu större påverkan på vegetation än vandring.

Ett annat problem som kan kopplas till turism och friluftsliv är hotet mot specifika växtarter genom insamling och plockning, tramp-eller körskador och utbyggnad av infrastrukturen. Bland hotade arter kommer orkidéer upp som en grupp där turism och friluftslivet utgör ett hot i många världsdelar (Wraith & Pickering, 2017). Det finns arter som är förekommande i fjällkedjan men sällsynta, såsom orkidéerna vityxne och brunkulla. I artdatabanken anges att man misstänker att just brunkullor kan ha grävts upp på flera lokaler (Artdatabanken, 2020).

Jordkompaktering

Förutom förändrad artsammansättning (där vissa arter störs och andra gynnas) och lång återhämtningsförmåga hos växter så bidrar tramp och cykling till att jorden pressas samman. I en studie av jordkompaktering i samband med mountainbiketävling konstaterades att jorden kompakterades i de anlagda cykelstigarna (Martin & Butler, 2021). När hålligheterna i jorden minskar leder det till flera problem för flora och fauna samt att avrinningen och erosionen ökar. Bland annat minskar jordens vattenuppsugande förmåga vilket gör att växterna lättare utsätts för torka. Inte heller kommer mängden syre att vara lika stor, vilket är till nackdel för alla växter och djur. Cernusca (1991) har visat att jordrespirationen, ett mått på aktiviteten i rötter, jordfauna och mikroorganismer, har reducerats till hälften längs stigar ovan trädgränsen i Alperna. Att mikroorganismfloran

minskar leder till att dött material inte längre bryts ned med samma hastighet. Detta leder i sin tur till att näringsämnen inte kommer växterna till del lika snabbt. Eftersom vattnet får svårare att sjunka ned i jorden kommer det i stället att rinna utefter ytan. Detta kan leda till en ökad erosion i sluttande områden.

Spår och pister

Längdskidåkningens direkta påverkan på vegetationen inte är lika stor som vandring och tältning, men spår-och pistmaskiner pressar ner och kompakterar snön och därmed fördröjer tidpunkten för snösmältningen, vilket i sin tur påverkar vegetationen (Tolvanen m.fl., 2005; Törn, 2009).

Vissa arter drabbas mer än andra (Carello m.fl., 2018). I pister med markbearbetning är återväxten också generellt långsammare (figur 4). I en studie fann forskarna ingen större återetablering under de åtta år som undersökningen pågick (Roux-Fouillet m.fl., 2011). I bearbetade pister minskar tidigt blommande arter och växtsäsongen kommer igång senare i sådana nedfarter (Miroslav m.fl., 2016). En senare start av blomning kan ha stor betydelse för insekter som har behov av pollen och nektar tidigt på säsongen.

I en undersökning av preparerade alpina nedfarter i Schweiziska alperna har forskare även tittat på effekterna av konstsnö (Roux-Fouillet, m.fl., 2011). Studien visar förändringar i markkemin i nedfarter där man bearbetat marken genom att ta bort översta jordlagret (exempelvis var där kvävehalten lägre och pH-värdet högre än utanför pisten). En av de observerade effekterna av konstsnö var att fuktälskande vegetation gynnades. Meijer zu Schlochtern m.fl. (2014) har också studerat alpina skidorter och möjliga förändringar i markkemin, övergången från näringsomsättning genom svampar i marken till bakteriell nedbrytning och därigenom ökad omsättning av näring. Författarna menar att detta skulle kunna kopplas till ökad användning av konstsnö och att detta är ett forskningsområde som bör studeras mer. Författarna menar att även

förändringar i klimat (till exempel mer regn än snö) i kombination med markanvändning med preparerade nedfarter kan innebära förändringar som i sin tur leder till ändrade erosionsmönster. Forskningen bör också titta på ekologiska feedbackloopar där till exempel faunan ändras (marmot och daggmaskar nämns) som också kan leda till att markegenskaperna ändras med kompaktare jordar som följd. Att jobba med lokala växtarter för att få snabbare stabilisering av marken menar forskarna kan vara ett forskningsfält i strävan att förbättra förutsättningarna (Meijer zu Schlochtern m.fl., 2014).



Figur 4. Skidpist med markbearbetning. Foto: Sandra Wall-Reinius.

Påverkan på fauna

Det finns relativt få studier om störningar på andra djur än ren i fjällen. Dock finns forskning från Alperna där man observerat störningar på djur såsom tjäder, orre, skogshare, varg, mård och älg till följd av rekreationsaktiviteter. Samtliga av dessa uppehåller sig i eller i nära anslutning till svenska fjällkedjan. I studierna konstaterades

beteendeförändringar samt ökad stress hos djuren (exempelvis Cremer-Schulte m.fl., 2017). Sato m.fl. (2013) menar att antalet arter, antalet individer och att biodiversiteten är lägre i störda områden än utanför (se även Tolvanen & Kangas, 2016). Främst fann Sato med kollegor (2013) en tydlig negativ påverkan på fåglar (se även Thiel m.fl., 2011).



Figur 5. Det finns få studier om störning på djur i svenska fjällen. Foto: Samuel Reinius.

Fåglar

I en treårig studie om påverkan på fåglar från naturbaserad turism och friluftsliv i och kring en nationalpark i nordöstra Finland fann forskarna att det i närheten av skidorter, skidsystem, motoriserade aktiviteter och boendeanläggningar fanns högre förekomst av fågelarter som vanligtvis trivs bättre i urbana kontexter (Huhta & Sulkava, 2014). I samma studie fann forskarna att i områden utanför de mest turistintensiva delarna, såsom längs vandringsleder och vid tältplatser, påverkades inte häckande fågelarter av rekreationen. Inte heller i skogsområden påverkades skogsfågel av rekreationen. Forskarna drar slutsatsen att turistisk infrastruktur och bebyggelse leder till fragmentering av habitat samt att

känsligare arter försvinner och ersätts av mindre känsliga arter. Huhta och Sulkava menar att en hög rumslig koncentration av turism är att föredra för att lämna andra delar ostörda. En tysk studie av Coppes och kollegor (2017) visar att skidbackar, skidleder, mountainbikeleder och anläggningar påverkar val av hemområde för tjäder, och att tjäder uppehåller sig längre ifrån den turistiska infrastrukturen. Likande resultat bekräftas av studier av orre (Immitzer m.fl., 2014; Jäger m.fl., 2020) och där skidliftsystem minskade antalet orrtuppar med 36 procent (Patthey m.fl., 2008).

Det finns en del studier kring ripjakt och andra hönsfåglar såsom tjäder. Enligt Alba och kollegor (2022) är fågelpopulationer i bergsområden studerade när det gäller just jaktbara fågelarter samt rovfåglar. En av slutsatserna är att populationerna inte i någon större utsträckning påverkas av jakt utan att det är andra faktorer som huvudsakligen reglerar populationsstorleken. I en undersökning från norra Sverige i övergången mellan skog och fjäll bedömde Åhlen med kollegor (2013) att jakt stod för 10 procent av dödsorsaken bland tjäderhonor. Detta betyder inte att jakt inte påverkar en fågelpopulation. I Rotellis (2021) studie från italienska alperna på orrtuppar, vilken sträckte sig över en 20 års period, bedömdes att jakt har en betydelse och forskningen visade att populationen ökade vid minskat jakttryck i ett område. En svårighet med att bedöma vilken effekt ett jakttryck har på arter som rör sig på land och vilka inte är stationära är att flera arter tycks ha cykliska förlopp med avseende på populationsstorlek. Svängningar i populationer är kanske allmänt känt med avseende på lämlar men det gäller också andra arter såsom rovdjur som kan kopplas till svängningen av smågnagare (se exempelvis Elmhagen m.fl., 2011). Det är inte bara däggdjur som uppvisar svängningar, utan även fågelfaunan.

I den svenska fjällkedjan finns också ett antal rovfåglar såsom falkar, ugglor, vråkar och örn varav merparten finns listade i fågeldirektivet. Att tydligt kunna koppla förändringar i fågelfauna till just rekreation i

landskapet är svårt. Det är många andra faktorer som samspelar och kanske har variation i väder och klimatförändringar med efterföljande förändring på skogs- och trädgränsen mycket större effekt. Det är en av slutsatserna som forskarna drar i en 18-årig studie på fjällripa i Schweiziska alperna (Furrer m.fl., 2016). Till raden av störningar kan också läggas sådana störningar som direkt påverkar fågelfaunan som exempelvis stöld av fågelägg, vilka exempelvis lett till att tillträde till fjällområden har behövt begränsas (Länsstyrelsen i Jämtlands län, 2018).



Figur 6. Tjädrar undviker den turistiska infrastrukturen. Foto: Paul van den Brink.

Däggdjur

Fuglei och kollegor (2017) har funnit beteendeförändringar hos fjällrävar till följd av skoteråkning på Svalbard och i Ryssland. Studien visar att fjällrävarna ändrar dygnsrytmen och blir mer nattaktiva i områden med tätare skotertrafik än i områden med färre snöskoteråkare. Hos älg och

varg har förhöjda nivåer av stress konstaterats kopplat till motoriserade aktiviteter i ett antal nationalparker i USA. Trots att forskarna fann ökad stressreaktion hos älg och varg, kunde de inte se någon förändring i populationsdynamiken (Scott m.fl., 2002). För älg fann de också att stressnivåerna möjligen påverkades mer under skotersäsongen än under säsongen för hjuldrivna terrängfordon (Scott m.fl., 2002).

Under vintern är aktiviteten relativt låg när det gäller djurlivet i fjällmiljön. Men då ett liv i vinterfjällen är klimatmässigt komplicerat och mängden tillgänglig föda begränsad, kan marginalerna för olika djurarter vara begränsade och energiförluster vid flykt vara betydande och svåra att kompensera. Förutom temperatur är till exempel snödjup en viktig faktor. För större djur är pulsandet problematiskt medan för mindre djur, såsom lämmel och andra gnagare, kan avsaknaden av snötäcke under vintern vara problematiskt. Att människans närvaro innebär en störning är inte så svårt att förstå. Djuren har normalt ett flyktbeteende när de stöter på människor. Flera av fjällfaunans arter är inte närvarande vintertid, men en del av de arter som migrerar kan finnas i fjällen relativt tidigt under vårvintern inför parningssäsong.

Störning på ren

Studier om rekreationens störning på djur i de nordiska länderna har fokuserat på störning på renar och renskötsel. Reimers (1984) har sammanfattat en mängd undersökningar som gjorts kring hur ren/caribou påverkas av mänsklig närvaro eller konstruktioner skapade av människan. En senare forskningsöversikt om interaktion mellan människa och ren finns i Skarin och Åhman (2014). Störningen kan variera mellan renpopulationer och störningen beror också på om renen är stressad av andra faktorer i omgivningen (exempelvis insekter, parasiter och rovdjur) och om kalvar finns med bland djuren. Vistnes och Nellemann (2001) och Skarin m.fl. (2008) har visat att vajor är mer känsliga för störning under kalvningstiden.

Studien av Anttonen m.fl. (2011) visar att renar var mer känsliga senare delen av vintern jämfört med sommar och höst (se figur 7). Situationen blir än mer akut under dräktighetsperioden och perioden då den nyfödda kalven diar, det vill säga under senare delen av vintern och i början av barmarksperioden, samt under kalvningsperioden då vajan behöver överskottsenergi för att hon inte ska gå ner i vikt (Reimers, 1984; Skarin & Åhman, 2014).



Figur 7. Renar är mer känsliga senare delen av vintern. Bilden visar renar i april månad i Ullådalen, Åre kommun. Foto: Samuel Reinius.

I de fall det gått att jämföra störning på domesticerade renar med vilda renar har det visat sig att de har ett likartat beteende i förhållande till mänsklig aktivitet (Reimers, 1984). Likaså har Skarin och Åhman (2014) funnit att domesticerade renar, så som renar i svenska Sápmi, uppvisar liknande undvikande beteende som vildrenar. Enligt Skarin och Åhman (2014) handlar det om ett undvikande beteende upp till 12 kilometer från infrastruktur och områden med mänsklig aktivitet. I en undersökning av vildrenspopulationen på norska Hardangervidda visade det sig att renarna undvek vandringsleder med fler än 30-50 vandrare per dag och ett undvikande beteende noterades vid mer än 10-15 passager (Gundersen

m.fl., 2020). Undersökningen var en kombination av GPS försedda vajor och räkneverk utmed vandringslederna samt frågeformulär till vandrarna. Under jaktsäsongen verkade renarna röra sig mer oroligt i området och de korsade vandringslederna utan hänsyn till antalet passager (Gundersen m.fl., 2020). I en tidigare studie sågs samma undvikande beteende av tätt trafikerade vandringsleder och att renarna generellt undviker de områden där flest vandrare rör sig (Gundersen m.fl., 2019; Gundersen m.fl., 2020).

I en treårig studie av störningen från skidåkare respektive snöskoteråkare bedömdes avståndet som renarna flyttade sig, avståndet som gjorde så att renarna började röra sig och avståndet mellan störningen och det att minst en ren upptäckte störningen (Reimers m.fl., 2003). Undersökningen gjordes på vildrenar i Setesdal-Ryfylke, Norge. Renarna fick syn på störningen (skoter eller skidåkare) på genomsnitt 534 meter för skoter och 370 meter vid störning av en skidåkare. Flykten fågelvägen var längre vid störning från skidåkare än skoter, 756 respektive 570 meter, och också den totala sträckan renarna rörde sig var större vid störning av skidåkare 970 respektive 570 meter. Avståndet mellan när renarna började bete sig oroligt och när de väl började fly skilde sig inte signifikant åt mellan de två olika störningarna (Reimers m.fl., 2003).

I områden med markerad topografi och i smala dalar kan vandringsleder gå i renens leder vilket gör att renen inte hittar trygga avstånd från vandrarna. Detta har lett till att vildrenar i norska Rondane lämnat sina betesområden under större delen av sommarhalvåret i området söder om Grimsdalen (Reimers, 1984). Renar undviker inte bara leder utan också turistanläggningar. I en studie av vildrenar i norska Rondane nationalpark visade det sig att renar undviker att komma närmare än 5 kilometer från anläggningar (Strand m.fl., 2000). I studien visade det sig också att det finns en skillnad i hur vajor, sarvar och årskalvar rör sig i närheten av turistanläggningar. Vajorna observerades längre från anläggningarna medan sarvar och årskalvar observerades närmare anläggningen och stod

för 92 procent av observationerna inom en zon av 5-10 kilometer från anläggningen (Strand m.fl., 2000). Även i Saariselkä i östra Finland har forskare undersökt effekten av en fritidsanläggning och de fann också att sarvarna rörde sig närmare anläggningen (Helle & Särkelä, 1993). Helle (1981) ansåg att renen troligen svarar på störning med att söka sig till öppna ytor, exempelvis ovan skogsgränsen, där den har bättre översikt och kan befinna sig på ett betryggande avstånd från människor.

Störning på ren kan innebära att den stressas, undviker områden där det finns bra bete och att det blir en ökning av renens gång- och löptid. Detta vilket gör att energiförbrukningen ökar och att renen därmed måste kompensera med ökat födointag. Enligt Reimers (1984) innebär en ökning av gång- och löptiden från 5 till 12 timmar en ökning med 19 procent av energiförbrukningen, vilket måste kompenseras med ökat födointag. Men på grund av att renens tid i rörelse ökat så har samtidigt tiden för bete samt vila och idissling minskat. Därmed minskar den mängd föda som renen har möjlighet att ta tillvara. Vid en viss nivå räcker den inte ens för basalmetabolismens krav, vilket resulterar i viktminskning och svält. Situationen blir än mer akut under dräktighetsperioden och perioden då den nyfödda kalven diar. Då krävs nästan all den överskottsenergi som en icke störd ren kan tillgodogöra sig för att inte vajan ska gå ner i vikt. Konsekvensen av renens ökade rörelse blir också ökat tramp och betestryck samt förluster i produktion för rennäringen (Duchesne m.fl., 2000).

Störningar på renar har också många fler följder än bara direkt påverkan på djuret eftersom renen har betydelse för ett betespräglad landskap och biodiversitet samt för kultur, identitet, ekonomi, upplevelser med mera. Det finns inte utrymme här att gå in på alla konsekvenser som kan uppkomma när renar påverkas. Det är dock tydligt att påverkan på ren har flera socio-ekologiska effekter där kulturella, ekonomiska och ekologiska orsaker och konsekvenser är sammanflätade. Detta gör att störning på ren blir en utmaning på flera sätt.

Renarnas sommarbete i fjällområdet är utbrett över stora arealer och har effekt på vegetation och biodiversitet. I en kunskapssammanställning av Axelsson Linkowski (2012) om relation mellan renbete och biologisk mångfald, konstaterar författaren att renbetet under en lång tid påverkat landskapet och den biologiska mångfalden. Renbete bidrar till ökad heterogenitet som leder till fler möjliga habitat, vilket i sin tur gynnar fler organismer (se också Olofsson m.fl., 2005). Det är inte bara betet i sig som påverkar vegetationen, utan även exempelvis renarnas tramp och gödsling, vilket till exempel kan underlätta fröetablering.



Figur 8. Renbete innanför inhägnaden visar att mängden vide hålls nere. Foto: Paul van den Brink.

Det finns flera studier som visat hur renbete hindrar förbuskning. Med bete kan högväxt vegetation hållas tillbaka, vilket gynnar lågväxta arter och artrikedomen i stort. Figur 8 visar hur vide hålls nere innanför inhägnaden genom renbete. På näringsrika marker som betas ökar mängden örter och gräs på bekostnad av ris, medan på mager mark gynnas risen på bekostnad av lavarna (Stark m.fl., 2002). Förklaringen är att mossor och lavar är

känsliga för både tramp och bete medan gräs är mer betestoleranta (Moen m.fl., 2009). Klimatförändringar och varmare klimat hotar särskilt växter på tundran, men forskning av Kaarlejärvi och kollegor (2017) visar att renarnas bete möjliggör att ljus når marken, vilket gynnar den lägre vegetationen och mångfalden. Forskarna menar att växtätande däggdjur därmed är avgörande för att förhindra utrotning av vissa växter och för att mildra förlust av mångfalden som en konsekvens av uppvärmningen (Kaarlejärvi m.fl., 2017). Det är dock inte givet att biodiversiteten alltid ökar genom bete menar Austrheim och Eriksson (2001); i mer produktiva områden har betet en positiv påverkan på biodiversiteten medan det i mer lågproduktiva områden kan ha negativ påverkan.

Eftersom friluftsliv till viss del använder samma områden som renskötseln uppkommer en konkurrenssituation och därmed kan intresse- och målkonflikter uppstå och äventyra en hållbar utveckling. Särskilt i områden med intensiv rekreation och högt besöksantal oroar sig renskötarna över situationen då arbetet ökar med att hålla ihop renarna, vilket får såväl ekonomiska som sociala och ekologiska konsekvenser. Studien av Godtman och kollegor (2019) visade att konflikten mellan turism och renskötsel är en av de mest framträdande i Jämtlandsfjällen och att renskötarna uttrycker stor oro över att områdets förvaltare inte hanterar frågan om störning på ren från olika fritidsaktiviteter på ett tillfredsställande sätt. Eftestol och kollegor (2021) har nyligen analyserat de kumulativa effekterna av utbyggnaden av infrastruktur och mänskliga aktiviteter på renpopulationer och renskötsel, det vill säga hur de kombinerade effekterna av flera olika markanvändare och omständigheter påverkar. Viktigt att komma ihåg är att förutom mänskliga aktiviteter i renbetesland så bidrar klimatförändringar och förekomsten av rovdjur till de kumulativa effekterna och därmed negativ påverkan på renar och ett ökat tryck på renskötseln (Stoessel m.fl., 2022).

Terrängkörning med motorfordon

Terrängkörning på barmark med motorfordon i svenska fjällen är generellt inte tillåtet i enlighet med terrängkörningslagen, men undantag finns och motorfordon förekommer vid tävlingar, transporter till fjällstationer och inom renskötseln enligt Terrängkörningslagen (SFS 1975:1313) och; Terrängkörningsförordningen (SFS 1978:594). Efter en kraftig ökning av körning med terrängfordon (motorcyklar och fyrhjulingar) under 1980-talet och med skador på myrmark, sluttningar och vindblottor initierades ett antal fältexperiment (Renman, 1989). Körförsöken utfördes i tre vegetationstyper som har stor utbredning i fjällen: gräshed, torr rished samt torrt kärr. Den första var tåligast och även 25 passager gav ringa effekt. Men på torr rished och torrt kärr blev effekten kraftig och omedelbar (Renman, 1989). Enligt Allard m.fl. (2004) finns spår från fyrhjulingar i hela fjällkedjan och körskador är särskilt tydliga på våtmarker, myrmark, gles skog och sluttningar (se också Christensen & Sundquist, 2007). Christensen och Sundquist (2007) menar att återhämtningen i våtmarksområden kunde ske inom en fyraårsperiod och att spår av fyrhjulingar var svåra att se efter perioden.

Även terrängkörning på snötäckt mark (till exempel snöskoter) kan påverka vegetationen, men om snötäcket är mer än 50 centimeter minskas skadorna (Mullet & Morton, 2021). Körning på mindre snödjup kan ge mekaniska skador som följd av kontakt mellan snöskoter och vegetationen, särskilt om snön är porös (Kjellin, 1977).

Vi kan konstatera att det finns mycket få studier om snöskoterns påverkan på mark och växtlighet i fjällen och likaså finns få studier om motoriserade aktiviteter och dess påverkan på djur. Det är också få studier som undersökt bullerstörningar i alpina områden. I en undersökning i ett skyddat område i Alaska (Kenai National Wildlife Refuge), där det i vissa delar är tillåtet med snöskoteråkning, studerades hur stora delar av

området som påverkades av ljudet och hur stora delar som hade ett naturligt ljudlandskap (Mullet m.fl., 2020). Genom nära 60 000 inspelningar och modellering konstaterades att i området med tillåten skoteråkning var det en påverkan på 39 procent av landskapet i form av en icke naturlig ljudbild. I 36 procent av samma område bedömdes det vara en naturlig tystnad. Keyel med kollegor (2018), som också studerat motoriserat friluftsliv och buller från snöskoteråkning, menar att genom att lokalisera terrängkörningen bättre i landskapet så torde man kunna minska störningar på djurlivet. I den modellering som genomfördes fokuserade forskarna på vissa frekvenser för att se hur människan uppfattar ljud, vilket de menar kan användas som en skattning av hur djur hör och upplever olika ljud, men också hur vissa ljud kan konkurrera med fåglars kommunikation.

Utsläppen från skotrar sker huvudsakligen till luft, men några undersökningar har visat att en stor del också hamnar i snön och därmed vidare i vattendrag när snön smälter. Vattenekosystem kan vara känsliga, och särskilt känsliga är organismer under ägg- och yngelstadiet. Föroreningarna har potential att nå yt- och grundvatten, vilket förstås är problematiskt ur flera aspekter. Utsläpp från skotertrafiken är av betydelse för vattenkvalitet då oförbränt bränsle, smörjoljor samt andra föreningar deponeras i snön, särskilt i närheten av skoterleder (Viskari m.fl., 1997).

I bedömningar av utsläpp i Yellowstones nationalpark år 1998 kom studien fram till att skotertrafiken, omfattande drygt 700 fordon en genomsnittsdag under vintersäsong, släpper ut 2,8 gånger mer kolväteföreningar än de 9214 bilar som fanns i anslutning till parken en genomsnittlig julidag. Snöskotrarna beräknades också stå för 39 procent av de totala utsläppen av kolmonoxid i parkområdet (US National Park Service, 2000). I en studie av McCarthy (2004) bedömdes att utsläppen av kolväten från en dags nyttjande av snöskoter motsvarade 8-10 års användning av en personbil från samma år. Utvecklingen går framåt och 2008 var motsvarande siffror

för 2008 års modellers utsläpp av kolväten under en timmes körning motsvarande 3400 mils bilkörning. I samma rapport beräknas en dags skoterkörning motsvara de utsläpp en bil då hade under sin hela livslängd. Kolmonoxidutsläppen från snöskotrar som 2008 uppfyllde de krav som ställdes beräknades då ha ett utsläpp av kolmonoxid under en timmes körning motsvarande det en bilmodell från 2008 släpper ut under drygt 65 mils körning. Detta är då en markant förbättring jämfört med de beräkningar som gjordes 2004 då en timmes skoterkörning motsvarade ca 245 mils bilkörning (McCarthy, 2004). I sammanhanget skall man också ta med i beräkningen att utsläppen från bilar minskar under samma period.

Förutom att all motortrafik baserad på bränslemotorer ger upphov till växthusgaser så ger de också upphov till utsläpp av andra gaser. Motorer som nyttjar oljeblandad bensin medför också normalt högre utsläpp av polyaromatiska kolväten (PAH) och flyktiga organiska (kolväte) föreningar (VOC). I studier har också förhöjda halter av natrium, kalcium, magnesium och fluorid påvisats i snö, vilket har kopplats till snöskotertrafik (Ingersoll, 1998; Musselman & Korfmacher, 2007). Arnold och Koel (2006) har uppmätt koncentrationer av nio olika VOC-föreningar (bensen, etylbensen, meta- och para-xylen, metyl tertiär butyleter, etyl tertiär butyleter, orto-xylen, tertiär pentyl metyleter och toluen) i smältvatten i anslutning till skoterleder i Yellowstone under perioden mars till mitten av april år 2003 och 2004. För att komplettera bilden av utsläpp måste man också titta på polyaromatiska kolväten (PAH) från ofullständig förbränning av petroleumprodukter då de är av betydande risk för akvatiska miljöer. Det är också sannolikt att tro att PAH är en bidragande orsak till förändrad artsammansättning och minskad fisktillgång (Balk m.fl., 1994; Tjärnlund m.fl., 1996; Olliff m.fl., 1999). I vilken utsträckning utsläpp av PAH kopplat till snöskotertrafik är ett problem i Sverige och fjällen är i dagsläget okänt.

Snöskotrar har i flera äldre undersökningar bedömts stå för betydande andelar av vissa utsläpp. I utredningen "Snöskotern i Naturen" (Miljö- och

naturresursdepartementet, 1994) bedömdes att snöskotrarna i Sveriges norra län stod för en tredjedel av utsläppen av kolväteföreningar (Miljö- och naturresursdepartementet, 1994; Svanberg & Lindskog, 1995). I Naturvårdsverkets (2018) genomgång av utsläpp från arbetsmaskiner stod skotrar tillsammans med fyrhjulingar för 55,7 procent av utsläppen av NMVOC (VOC förutom metan) från arbetsfordon (Naturvårdsverket, 2018). För kväveoxider bedömdes snöskotrar tillsammans med fyrhjulingar vara fjärde största utsläppskällan bland arbetsmaskiner, nästan i nivå med utsläppen från traktorer i Sverige (Naturvårdsverket, 2018). I en undersökning från Svalbard uppmättes halter av aromatiska kolväten i luften. Under perioden april-maj och under timmarna då skoterturerna hade rusningstrafik var halterna jämförbara med de i urbana miljöer i Europa (Reimann m.fl., 2009). I senare undersökningar från just Svalbard antas bland annat bensindrivna snöskotrar vara en huvudsaklig källa till utsläpp av polyaromatiska kolväten (PAH) till luften under våren när snöskotrar används frekvent (Drotikova m.fl., 2020).

Utsläppen från snöskotrar kan i stor utsträckning kopplas till att tidigare snöskotrar vanligtvis har haft tvåtaktsmotorer. Figur 9 visar äldre snöskoter som fortfarande används, inte sällan i samband med sammankomster och tävlingar. Utsläppen från dessa äldre skotermodeller kan i mångt och mycket hänföras till att stora mängder oförbränt bränsle passerar igenom motorn och ut i naturen. Att bränslet normalt innehåller inblandad smörjolja påverkar också typ och mängd av utsläpp. Förutom utsläpp av oförbränt bränsle sker utsläpp av olika förbränningsprodukter som bildats i motorn. När sedan väl utsläppen av bränsle och förbränningsprodukter skett påverkas dessa av olika processer som exempelvis fotokemisk nedbrytning och metabolismen i olika organismer. Vissa ämnen kommer att oskadliggöras medan andra kommer att omvandlas till nya och ibland farligare ämnen. Inom miljökemien är till exempel omvandlingen av bensen i organismer till epoxid, som i sin tur är genotoxiskt, välkänd.



Figur 9. Äldre snöskotrar påverkar miljön mer än nya modeller. Foto: Paul van den Brink.

Antalet publicerade artiklar om utsläppsdata kring skotrar verkar ha minskat starkt sedan 2010 och det är därför inte helt klart hur stora utsläppsmängderna är idag. Snöskotern har utvecklats och nya skotrar har generellt lägre emissioner än äldre modeller. I Sverige saknades tidigare avgaskrav på snöskotrar, men sedan 2019 har Sverige samma krav som i USA. Utsläppskrav i USA har varit teknikdrivande genom att USA är en stor marknad för snöskoterförsäljningen. Även om man kan anta att utsläppen minskar generellt så ökar samtidigt antalet snöskotrar i trafik. Årligen nyregistrerades cirka 9400 snöskotrar per år i Sverige mellan 2010 och 2020 (Trafikanalys, 2021). Även om teknikutvecklingen går framåt med minskade emissioner som resultat så kommer problemet med äldre skotrars utsläpp att kvarstå tills dessa inte används längre. En annan förändring som sker är att skotrar generellt sett har högre effekt än tidigare. Denna trend har delvis motverkat utsläppsminskningen (Flodström m.fl., 2004). Att bedöma utsläppsmängder från snöskotrar i drift är också

förknippat med en del svårigheter genom att utsläppen ofta sker ner mot snön (Gioria m.fl., 2020).

Avslutande reflektioner

I den här rapporten har vi sammanfattat vad forskningen studerat och kommit fram till vad gäller ekologisk påverkan från rekreation i svenska fjällkedjan. Överlag finns relativt få forskningsstudier om störningar och miljöpåverkan från friluftsliv och naturbaserad turism i svenska fjällkedjan och för att förstå mer kring påverkan i alpina miljöer har studier med liknande ekosystem inkluderats. Generellt kan sägas att forskningen har fokuserat på direkt påverkan, till exempel markslitage och djur som flyr eller ändrar sitt beteende när människor närmar sig. Centrum för forskningen har varit studier om mekaniskt slitage (främst från tramp) med effekter på vegetation, jordmån och erosion. Vi kan konstatera att forskningen fokuserat på hur marken och växtligheten påverkas när människor vandrar, cyklar eller åker skidor. Få studier fokuserar på vattenmiljöer, vattenkvalitet och vattenlevande arter. Generell kunskap om skoteråkningens utsläpp finns, men få studier behandlar specifikt effekterna i svenska fjällen. Hur exempelvis skoterparken ser ut och hur och var den används har en stor betydelse för vilka möjliga miljöeffekter den har. Försäljningen och registreringen av fordonen ger bara en begränsad del av informationen. Det är inte bara i den svenska delen av fjällkedjan som det finns få studier om motordrivna fordon. Även i översiktsartikeln av Tolvanen och Kangas (2016) konstateras att det finns få studier i Norden om effekterna av användning av motordrivna fordon.

Forskning inom friluftsliv, turism och naturbaserade sportaktiviteter som tar ett större ekologiskt systemperspektiv är ovanlig. De studier som vi tagit del av har framförallt studerat ett mindre lokalt område, en specifik art eller påverkan under en kortare tid, vilket gör det svårare att dra

bredare slutsatser om exempelvis habitatförändringar. Eftersom en störning på en enskild art kan påverka näringsväv och ett ekosystem vore det värdefullt om forskning om rekreation i högre omfattning skulle sätta in påverkan i ett större systemperspektiv. Vi ser också att framtida forskning bör ha fokus på rekreationens bidrag till utsläpp av fossila bränslen och på effekterna av de förändringar i markanvändning som rekreationens aktiviteter och infrastruktur ger upphov till. Det råder brist på studier som analyserar markanvändning och fragmentisering av landskap kopplat till biologisk mångfald samt hur homogena landskap behöver diversifieras för att få en positiv effekt på biologisk mångfald. En viktig åtgärd är att undvika fragmentering av landskap och habitat, exempelvis genom att maximera ytor utan infrastruktur och anläggningar. När det gäller olika markanvändningsintressen är det önskvärt att studera målsynergier mellan olika intressen för att uppnå mångfunktionella landskap där variationer i nyttjande kan leda till positiva effekter gällande biologisk mångfald och samtidigt till rekreationens positiva effekter för individer och samhälle.

Även störning på ren kräver helhetssyn eftersom den störningen ger effekter på så väl ekologiska värden som socio-ekonomiska värden. Forskning som studerar kumulativ påverkan på renar är i detta sammanhang intressanta att ta del av, eftersom det inte går att isolera en specifik påverkan på ren då det finns olika typer av påverkan under olika tider på året och över tid (se till exempel Stoessel m.fl., 2022). Friluftsliv, sport och turism är bara en av flera faktorer som påverkar renar. Störningar av olika slag kan medföra konsekvenser för ett betespräglat fjällandskap och för biologisk mångfald. Ett fortsatt betespräglat fjällandskap är något som betonas i miljö kvalitetsmålet Storslagen fjällmiljö som handlar om att fjällens karaktär, biodiversitet och värden för friluftsliv ska bevaras (Sveriges miljömål, nd). En viktig del i detta mål är att renbete kan fortgå. Det finns åtta preciseringar av målet som indikerar vilka miljöproblem som miljö målet vill motverka. Även om friluftsliv bara nämns specifikt i en

precisering, om att värna friluftsliv och minska buller, så påverkar friluftsliv direkt eller indirekt även de andra preciseringarna om exempelvis värdefulla livsmiljöer för arter eller införande av främmande arter, även om det inte är uttalat. Nyligen rapporterades att miljömålet inte kommer att uppnås innan 2030 framför allt orsakat av klimatförändringarnas påverkan på miljöer, arter och rennäringen, men även av ökad exploatering, ökad terrängkörning och sämre förutsättningar för rennäring (Naturvårdsverket, 2022).

Vi kan konstatera att det finns behov av att ha en helhetssyn och sammanhållen kunskap om rekreationens, inklusive turismens och naturbaserade evenemangens påverkan; det vill säga att enskilda aktiviteter, tävlingar eller enskilda platser inte bara ska studeras var för sig utan mer fokus behövs om de sammantagna effekterna (Eriksson m.fl., 2023). Viktigt blir då att ha ett integrerat synsätt i den fysiska planeringen, i tillståndsprövningar och i förvaltningen av landskapet. Nationella mål och strategier samt regionala och kommunala planer borde här kunna spela en central roll för ett mer hållbart resursutnyttjande (McCullough m.fl., 2018). I det är helhetssyn i mål, visioner, planer och förvaltning av landskap samt dialog mellan olika administrativa nivåer inom offentlig sektor (kommunal, regional och nationella nivå) viktigt, liksom tydlighet och samordning av roller och ansvar vad gäller friluftsliv (se exempelvis Ankre m.fl., 2023; Stenseke m.fl., 2023). I en ny studie om fysisk planering och friluftsliv på kommunal och regional nivå i Jämtlandsfjällen konstateras att det finns behov av ett större kommunalt helhetsansvar för planering av friluftsliv för att bättre kunna hantera och åtgärda konflikter mellan olika markanvändningsintressen och minska negativ miljöpåverkan orsakad av friluftslivet (Ankre m.fl., 2023).

Det är sedan tidigare känt att arbete med att nå en hållbar markanvändning ofta hindras av sektorstänk inom offentlig sektor (Laven m.fl., 2015). Det innebär att olika intressen behandlas var för sig och att landskap förvaltas

utifrån specifika institutionella perspektiv. När landskap förvaltas utifrån olika organisatoriska sektorer blir det alltför ”stuprörsformat” och olika frågor och intressen integrerar inte tillräckligt väl. Ett sätt att arbeta blir därför genom ökad dialog och samverkan - processer som kräver tid och tillit (Ankre m.fl., 2023; Godtman Kling m.fl., 2019). Ett led till ökad dialog med rennäringslivet är att den svenska regeringen beslutade år 2022 att statliga förvaltningsmyndigheter, regioner och kommuner ska höra samernas företrädare innan beslut fattas i frågor som har särskild betydelse för samerna (SFS 2022:66). Om det blir ett verktyg för att tydligare hantera påverkan från friluftsliv, sport och turism, inklusive de kombinerade effekterna på rennäringslivet, eller få ökad samsyn i frågor som berör fjällen, återstår att se. I planeringspraktiken är det svårt att kombinera vissa markanvändningsintressen samtidigt som politiska och ekonomiska aspekter och debatter ständigt är närvarande i frågor om vem eller vilka som ska ges tillgång till naturresurser eller företräde i ett landskap (Wall-Reinius m.fl. 2019). Därför måste också förändringar i landskapet sättas i en bredare kontext kring värden, makt och miljö rättvisa.

Denna kunskapssammanställning om rekreationens påverkan på natur och miljö i fjällen är en del av kunskaps- och informationshöjande insatser för att uppmärksamma och åtgärda de negativa effekterna av människors vistelser och aktiviteter i naturmiljöer (Mistrasportandoutdoors.se). Denna studie fokuserar på ekologisk påverkan orsakad av rekreation i svenska fjällen och i liknande miljöer. I diskussioner om hållbarhet är det dock viktigt att komma ihåg såväl bakomliggande som bredare socioekonomiska faktorer, trender och förändringar i samhället som bidrar till miljöförändringarna. I hållbarhetstransformationen av friluftsliv, sport och turism är det väl värt att reflektera över våra förändrade socio-ekologiska relationer och över innebörden av att naturen betraktas som en arena och resurs för rekreation.

Referenser

- Alba, R., T. Kasoar, D. Chamberlain, G. Buchanan, D. Thompson & J. W. Pearce-Higgins (2022). *Drivers of change in mountain and upland bird populations in Europe*. IBIS.
- Allard, A., Löfgren, P., & Sundquist, S. (2004). *Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning*. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.
- Ankre, R., Olausson, F. & Wall-Reinius, S. (2023). *Strategisk planering för friluftsliv och hållbarhet i Jämtlands län och dess fjällkommuner. En analys av planerings- och strategidokument samt intervjuer med olika aktörer på regional och lokal nivå*. Mistra Sport & Outdoors. Rapport 2023:4 Mittuniversitetet.
- Anttonen, M., Kumpula, J., & Colpaert, A. (2011). Range selection by semi-domesticated reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) in relation to infrastructure and human activity in the boreal forest environment, northern Finland. *Arctic* 64:1–14
- Arnessen, T. (1999). Vegetation dynamics following trampling in grassland following trampling in rich fen at Sølendet, Central Norway; a 15 year study of recovery. *Nordic Journal of Botany* 19(3): 313-327.
- Arnold, J. L. & Koel, T. M. (2006). *Effects of Snowmobile Emissions on the Chemistry of Snowmelt Runoff in Yellowstone National Park*. Wyoming, Fisheries and Aquatic Science Section, Center for Resources, Yellowstone National Park: 18.
- Artdatabanken. (2020). Artfakta *Gymnadenina nigra*. Hämtad 220224, <https://artfakta.se/naturvard/taxon/gymnadenia-nigra-1085>.
- Austrheim, G. & Eriksson, O. (2001). Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains - patterns and processes at different spatial scales. *Ecography* 24(6): 683-695.
- Axelsson Linkowski, W. (2012). Renbete och biologisk mångfald med utgångspunkt i publicerad forskning Renbete och biologisk mångfald med utgångspunkt i publicerad forskning. Tunón, H. & Sjaggo, B. S. (Red.). *Ájddo – reflektioner kring biologisk mångfald i renarnas spår*. CBM:s

- skriftserie nr 68. Sametinget, Kiruna & Centrum för biologisk mångfald, Uppsala. p. 11-51.
- Balk, L., Ericson, G., Lindesjö, E., Petterson, I., Tjärnlund, U., Åkerman, G. (1994). *Effects of exhaust from two-stroke outboard engines on fish*. Copenhagen, Nordic Council of Ministers.
- Barros, A., V. Aschero, A. Mazzolari, L. A. Cavieres & C. M. Pickering (2020). Going off trails: How dispersed visitor use affects alpine vegetation. *Journal of Environmental Management* 267: 110546.
- Bayfield, N. G., Urquhart U. H. & Cooper, S. M (1981). Susceptibility of Four Species of *Cladonia* to Disturbance by Trampling in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Journal of Applied Ecology* 18(1): 303-310.
- Bergstedt, J., P. van den Brink & P.-Å. Vikman (1999). *Vegetationsförändringar på fjällen i västra Härjedalen - en kunskapsöversikt*. Östersund, Fjällforskningsinstitutet, Mitthögskolan: 98.
- Bergstedt, J. & P.-Å. Vikman (2000). *Satellitbildsbaserad sårbarhetsanalys av mark och vegetation i västra Härjedalen*. Östersund, FFI/Mitthögskolan: 40.
- Buchkina, N. P., V. S. Zuyev & E. V. Balashov (1998). Effects off tracked vehicles on morphological and physical properties of tundra soils. *Soil & Tillage Research* 48: 317-324.
- Carello, C., A. Woehler, N. Grevstad & C. Kleier (2018). Impacts of recreation management practices in a subalpine wetland system dominated by the willow plant, *Salix planifolia*. *Wetlands Ecology and Management* 26(1): 119-124.
- Cernusca, A. (1991). Ecosystem research on grasslands in the Austrian alps and in the central Caucasus. In Esser, G. & Overdieck, D. (Eds.) *Modern ecology: basic and applied aspects*. Elsevier: 233-271.
- Christensen, P. & Sundquist, S. (2007). *Uppföljning av utredningen: Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning*. Nationell inventering av landskapet i Sverige, SLU.
- Cole, D. N. (1985). *Research on soil and vegetation in wilderness: a state-of-knowledge review*. National wilderness research conference: Issues, State-

- of-knowledge, Future directions, Fort Collins, Colorado, U.S.A., Intermountain Research Station.
- Cole, D. N. (2004). *Impacts of Hiking and Camping on Soils and Vegetation: A Review. Environmental impacts of ecotourism*. CABI International.
- Cole, D. N. & D. R. Spildie (1998). Hiker, horse and llama trampling effects on native vegetation in Montana, USA. *Journal of environmental management* 53: 61-71.
- Cole, D. N. & S. J. Trull (1992). Quantifying vegetation response to recreational disturbance in the north Cascades, Washington. *Northwest Science* 4: 229-236.
- Coppes, J., J. Ehrlacher, D. Thiel, R. Suchant & V. Braunisch (2017). Outdoor recreation causes effective habitat reduction in capercaillie *Tetrao urogallus*: a major threat for geographically restricted populations. *Journal of Avian Biology* 48(12): 1583-1594.
- Cremer-Schulte, D., M. Rehnus, A. Duparc, C. m. Perrin-Malterre & L. Arneodo (2017). Wildlife disturbance and winter recreational activities in Alpine protected areas: recommendations for successful management. *eco.mont Journal on Protected Mountain Areas Research* 9(2): 66-73.
- Drotikova, T., A. Dekhtyareva, R. Kallenborn & A. Albinet (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their nitrated and oxygenated derivatives in the Arctic boundary layer: seasonal trends and local anthropogenic influence. *Atmospheric Chemistry and Physics* 21: 14351-14370.
- Duchesne, M., S. Côte & C. Barrette (2000). Response of woodland caribou to winter ecotourism in the Charlevoix Biosphere Reserve, Canada. *Biological Conservation* 96: 311-317.
- Eftestøl, S., Tsegaye, D., Flydal, K., Reimers, E. & Colman, J.E. (2021). Cumulative effects of infrastructure and human disturbance: a case study with reindeer. *Landscape Ecol* 36, 2673–2689.
- Elmhagen, B., P. Hellström, A. Angerbjörn & J. Kindb (2011). Changes in vole and lemming fluctuations in northern Sweden 1960-2008 revealed by fox dynamics. *Annales Zoologici Fennici* 48(3): 167-179.

- Emanuelsson, U. (1980). Den ekologiska betydelsen av mekanisk påverkan på vegetation i fjällterräng. *Fauna och Flora* (1), 37-42.
- Emanuelsson, U. (1984). *Ecological effects of grazing and trampling on mountain vegetation in northern Sweden*. Lund University.
- Eriksson, A., Pettersson, R., & Wall-Reinius, S. (2023). Environmental Concerns in Nature-based Events: The Permit Process for Organised Outdoor Recreation and Sport. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism* (in print).
- Esseen, P.-A. & P. Löfgren (2004). *Vegetationskartan över fjällen och Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) som underlag för Natura 2000*, SLU Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik: 31.
- Evju, M., Hagen, D., Jokerud, M., Olsen, S., Selvaag, S., Vistad, O. I. (2021). Effects of mountain biking versus hiking on trails under different environmental conditions. *Journal of Environmental Management*, 278 part 2.
- Flodström, E., Å. Sjödin & T. Gustafsson (2004). *Uppdatering av utsläpp till luft från arbetsfordon och arbetsredskap för Sveriges internationella rapportering*. Norrköping, SvenskaMiljöEmissionsData: 44.
- Fosse, S. H. (2012). *Slitasjeskader på vegetasjonen langs Aarmotslepa ; Vegetation damages along Aarmotslepa*. Norway, Europe, Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Fredman, P., Wolf-Watz, D., Sandell, K. Wall-Reinius, S., Lexhagen, M. Lundberg, C. & Ankre, R. (2016). *Dagens miljömål och framtidens fjällupplevelser – iakttagelser av aktivitetsmönster, landskapsrelationer och kommunikationsformer*. Etour Report 2016:3, Etour, Östersund.
- Fuglei, E., E. Dorothee, S. Killengreen, T., A. Rodnikova, Y., A. Sokolov, A. & Å. Ø. Pedersen (2017). Snowmobile impact on diurnal behaviour in the Arctic fox. *Polar Research* 36(sup1):10.
- Furrer, R., M. Schaub, A. Bossert, R. Isler, H. Jenny, T. Jonas, C. Marti & L. Jenni (2016). Variable decline of Alpine Rock Ptarmigan (*Lagopus muta helvetica*) in Switzerland between regions and sites. *Journal of Ornithology* 157(3): 787-796.

- Gallet, S. & F. Roze (2001). Resistance of Atlantic Heathlands to trampling in Brittany (France): influence of vegetation type, season and weather conditions. *Biological Conservation* 97(2): 189-198.
- Gellatly, A. F., W. B. Whalley, J. E. Gordon & R. I. Ferguson (1986). An observation of trampling effects in north Norway: thresholds for damage. *Norsk geogr. tidsskr.* 40: 163-168.
- Gioria, R.A.; Parque, P. M. d, M. Carriero, F. Forni, F. Montigny & V. Padovan (2020). *Snowmobile vehicles in service monitoring based on PEMS: Lessons learned from the European pilot program Joint Research Centre*. Publications Office of the European Union.
- Godtman Kling, K., Dahlberg, A. & Wall-Reinius, S. (2019). Negotiating Improved Multifunctional Landscape Use: Trails as Facilitators for Collaboration Among Stakeholders. *Sustainability*, 11(13), 3511
- Godtman Kling, K., Fredman, P. & Wall-Reinius, S. (2017). Trails for Tourism and Outdoor Recreation: A Systematic Literature Review. *Tourism*, 65:4, 488-508.
- Grime, J. P. (1973). Competitive Exclusion in Herbaceous Vegetation. *Nature* 242(5396): 344-347.
- Gundersen, V., Myrvold, K.M., Rauset, G. R., Selvaag, S.K., & Strand, O. (2021). Spatiotemporal tourism pattern in a large reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) range as an important factor in disturbance research and management. *Journal of Sustainable Tourism*, 29:1, 21-39.
- Hammitt, W. E., Cole, D. N. & Monz, C. A. (2015). *Wildland Recreation: Ecology and Management*. Wiley-Blackwell.
- Hansen, A., Beery, T., Fredman, P. & Wolf-Watz, D. (2022). Outdoor recreation in Sweden during and after the COVID-19 pandemic – management and policy implications. *Journal of Environmental Planning and Management*, 66:7, 1472-1493.
- Harden, C. P. (2001). Soil Erosion and Sustainable Mountain Development. *Mountain Research and Development* 21(1): 77-83.

- Heggenes, J., C. Fagertun, A. Odland & D. K. Bjerketvedt (2020). Soft resilience: moisture-dependent lichen elasticity buffer herbivore trampling in cold alpine-tundra ecosystems. *Polar biology* 43(7): 789-799.
- Helle, T. (1981). *Habitat and food selection of the wild forest reindeer (Rangifer tarandus fennicus) in Kuhmo, eastern Finland, with special reference to snow characteristics*. Oulu, Research Institute of Northern Finland, University of Oulu: 1-33.
- Helle, T. & M. Särkelä (1993). The effects of outdoor recreation on range use by semi-domesticated reindeer. *Scand.J.For.Res.* 8: 123-132.
- Hoogesteger, M. (1984). *The effect of trampling on vegetation at four cottages in Torne Lappmark, northern Sweden*. Reports from Kevo Subarctic Research Station. 19: 25 - 34.
- Hughes, A. (2010). Disturbance and Diversity: An Ecological Chicken and Egg Problem. *Nature Education Knowledge* 3(10):48.
- Huhta, E., & Sulkava, P. (2014). The Impact of Nature-Based Tourism on Bird Communities: A Case Study in Pallas-Yllästunturi National Park. *Environmental Management* 53, 1005–1014.
- Immitzer, M., U. Nopp-Mayr & M. Zohmann (2014). Effects of habitat quality and hiking trails on the occurrence of Black Grouse (*Tetrao tetrix* L.) at the northern fringe of alpine distribution in Austria. *Journal of Ornithology* 155(1): 173-181.
- Ingersoll, G. P. (1999). *Effects of snowmobile use on snowpack chemistry in Yellowstone National Park, 1998*, 99(4148). US Department of the Interior.
- Jónsdóttir, I. S. (1991). Effects of Grazing on Tiller Size and Population Dynamics in a Clonal Sedge (*Carex bigelowii*). *Oikos* 62(2): 177-188.
- Jäger, H., U. Schirpke & U. Tappeiner (2020). Assessing conflicts between winter recreational activities and grouse species. *Journal of Environmental Management* 276.
- Jägerbrand, A. K. & Alatalo, J. M. (2015). Effects of human trampling on abundance and diversity of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine heath vegetation, Northern Sweden. *SpringerPlus* 4(1): 95.

- Kaarlejärvi, E., Eskelinen, A. & Olofsson, J. (2017). Herbivores rescue diversity in warming tundra by modulating trait-dependent species losses and gains. *Nature Communication* 8, 419
- Keyel, A. C., S. E. Reed, K. Nuessly, E. Cinto-Mejia, J. R. Barber & G. Wittemyer (2018). Modeling anthropogenic noise impacts on animals in natural areas. *Landscape & Urban Planning* 180: 76-84.
- Kjellin, P. (1977). *Snöskoterns inverkan på vegetationen: skador och återhämtning*. Stockholm, Avdelning för landskapsvård, Skogshögskolan: 25.
- Laven, D., Wall-Reinius, S. & Fredman, P. (2015). New Challenges for Managing Sustainable Tourism in Protected Areas: An Exploratory Study of the European Landscape Convention in Sweden. *Society & Natural Resources*, 28 (10), 1126-1143.
- Lucas, E. (2020). A review of trail-related fragmentation, unauthorized trails, and other aspects of recreation ecology in protected areas. *California Fish and Wildlife*, 95.
- Länsstyrelsen i Jämtlands län (2018). *Bildande av fågelskyddsområdet Skåarnja inom delar av fastigheter Blåsjöfjäll 1:1 och Orrnäsfjäll 1:1, Strömsunds kommun*.
- Martin, R. H. & D. R. Butler (2021). Trail morphology and impacts to soil induced by a small mountain bike race series. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 35: 100390.
- McCarthy, J.E. (2004). *Snowmobiles: Environmental Standards and Access to National Parks* Report, December 9, 2004; Washington D.C. (<https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metacrs10032/>: hämtad 20230602, University of North Texas Libraries, UNT Digital Library, <https://digital.library.unt.edu/>; crediting UNT Libraries Government Documents Department.
- McCullough, B.P., Bergsgard, N. A., Collins, A., Muhar, A. & Tyrväinen, L. (2018). *The impact of Sport and Outdoor Recreation (Friluftsliv) on the Natural environment – Background Paper*. Technical report. The Swedish Foundation for Strategic Environmental research (MISTRA).

- Meijer zu Schlochtern, M., C. Rixen, S. Wipf & J. Cornelissen (2014).
 "Management, winter climate and plant-soil feedbacks on ski slopes: a synthesis." *Ecological Research* 29(4): 583-592.
- Miller, A.B., Blahna, D.J., Morse, W.C., Leung, Y-F., & Rowland, M.M.
 (2022). From recreation ecology to a recreation ecosystem: A framework accounting for social-ecological systems. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 38: 100455.
- Miroslav, Z., D. M. & Marek, B. (2016). How alpine heathlands response to the snow cover change on the ski slope? Long-lasting ski slope impact case study from the Hrubý Jeseník Mts (Central Europe). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 85(2):3504.
- Miljö- och naturresursdepartementet (1994). *Snöskotern i naturen – snöskoterns effekter på naturmiljön*, Ds 1994:36, Stockholm.
- Moen, J., Boogerd, C., & Skarin, A. (2009). Variations in mountain vegetation use by reindeer (*Rangifer tarandus*) affects dry heath but not grass heath. *Journal of Vegetation Science* 20:805–813.
- Moen, J. & Oksanen, L. (1998). Long-term exclusion of folivorous mammals in two arctic-alpine plant communities: a test of the hypothesis of exploitation ecosystems. *Oikos* 82:333–346.
- Monz, C. A., Pickering, C. M., & Hadwen, W. L. (2013). Recent advances in recreation ecology and the implications of different relationships between recreation use and ecological impacts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(8), 441-446.
- Mullet, T. C. & Morton, J. M. (2021). Snowmobile effects on height and live stem abundance of wetland shrubs in south-central Alaska. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 33: 100347.
- Mullet, T., Morton, J., Gage, S. & Huettmann, F. (2020). Acoustic Footprint of Snowmobile Noise and Natural Quiet Refugia in an Alaskan Wilderness. *Natural Areas Journal* 40.
- Musselman, R. C.; Korfmacher, J. L. (2007). Air quality at a snowmobile staging area and snow chemistry on and off trail in a Rocky Mountain

- subalpine forest, Snowy Range, Wyoming. *Environmental monitoring and assessment*, 133(1), 321-334.
- Naturvårdsverket (1997). *Barmarkskörning på kalffjäll - förslag till åtgärder för att minska markskador*. Stockholm, Naturvårdsverket: 38.
- Naturvårdsverket (2018). *Arbetsmaskiners klimat luftutsläpp och Redovisning av regeringsuppdrag om kartläggning och förslag för minskade utsläpp*, Naturvårdsverket: 148.
- Naturvårdsverket, 2022. *Storslagen fjällmiljö: fördjupad utvärdering av miljömålen 2023*. Rapport 7073. Bromma.
- Oklevik, O., Gössling, S., Hall, C.M., & Steen Jacobsen, J.K, Grøtte, I.P. & McCabe, S. (2019): Overtourism, optimisation, and destination performance indicators: a case study of activities in Fjord Norway, *Journal of Sustainable Tourism*, 27:12: 1804-1824.
- Olliff, T., Kegg, K., Keading, B.. (1999). *Effects of Winter Recreation on Wildlife of the Greater Yellowstone Area: a literature review and assessment*. Wyoming, Greater Yellowstone Winter Wildlife Working Group, Greater Yellowstone Coordinating Committee. 315.
- Olofsson, J., Hulme, P. E., Oksanen, L. & Suominen, O. (2005). Effects of mammalian herbivores on revegetation of disturbed areas in the forest-tundra ecotone in northern Fennoscandia. *Landscape Ecology* 20:351–359.
- Patthey, P., Wirthner, S., Signorell, N. & Ariettas, R. (2008). Impact of outdoor winter sports on the abundance of a key indicator species of alpine ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 45(6): 1704-1711.
- Radforth, J. R. (1971). *Effects of Off-road vehicle trials on the active layer in tundra*. Permafrost active layer 4 and 5 may 1971, Ottawa, National research council of Canada.
- Reimers, E. (1984). *Virkninger av menneskelig aktivitet på rein og caribou*. Oslo, Natur- og landskapsavd., NVE - Vassdragsdirektoratet.
- Reimers, E., S. Eftestøl & J. E. Colman (2003). Behavior Responses of Wild Reindeer to Direct Provocation by a Snowmobile or Skier. *The Journal of Wildlife Management* 67(4): 747-754.

- Reimann, S., R. Kallenborn & N. Schmidbauer (2009). Severe Aromatic Hydrocarbon Pollution in the Arctic Town of Longyearbyen (Svalbard) Caused by Snowmobile Emissions. *Environmental Science & Technology* 43(13): 4791-4795.
- Renman, G. (1989). *Barmarkskörning i fjällen - effekter av körning med terränghjulingar på mark och vegetation*. Stockholm, Naturvårdsverket: 55.
- Rotelli, L., Bionda, R., Zbinden, N. & Schaub, M. (2021). Chick survival and hunting are important drivers for the dynamics of two Alpine black grouse *Lyrurus tetrix* populations. *Wildlife Biology* 2021(4): wlb.00874-wlb.00874.
- Roux-Fouillet, P., S. Wipf & C. Rixen (2011). Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of Applied Ecology* 48(4): 906-915.
- Salesa, D. & A. Cerdà (2020). Soil erosion on mountain trails as a consequence of recreational activities. A comprehensive review of the scientific literature. *Journal of Environmental Management* 271: 110990.
- Sato, C. F., J. T. Wood & D. B. Lindenmayer (2013). The Effects of Winter Recreation on Alpine and Subalpine Fauna: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 8(5): 1-11.
- Scott, C., E. F. Jennifer, H. Amanda, S. Jennifer, G. Bob & O. P. Rolf (2002). Snowmobile Activity and Glucocorticoid Stress Responses in Wolves and Elk. *Conservation Biology* 16(3): 809-814.
- Scott, J. J. & J. B. Kirkpatrick (1994). Effects of human trampling on the sub-Antarctic vegetation of Macquarie Island. *Polar record* 30(174): 207-220.
- SFS 1975:1313, *Terrängkörningslagen* (1975:1313)
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/terrangkorningsslag-19751313_sfs-1975-1313
- SFS 1978:594, *Terrängkörningsförordning* (1978:594)
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/terrangkorningssforordning-1978594_sfs-1978-594
- SFS 2022:66. *Lag om konsultation i frågor som rör det samiska folket*
<https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk->

- Skarin, A., Danell, Ö, Bergström, R. & Moen, J. (2008). Summer habitat preferences of GPS-collared reindeer *Rangifer tarandus tarandus*. *Wildlife Biology*, 14(1):1-15.
- Skarin, A., & Åhman, B. (2014). Do human activity and infrastructure disturb domesticated reindeer? The need for the reindeer's perspective. *Polar Biol* 37, 1041–1054.
- Stark, S., Strommer, R. & Tuomi, J. (2002). Reindeer grazing and soil microbial processes in two suboceanic and two subcontinental tundra heaths. *Oikos* 97:69–78.
- Stenseke, M., Sund, Å., Billevik, A., de Bernardi, C., Galant, B., m.fl. (2023). *På väg mot en hållbar användning av mark och vatten inom idrotten och friluftslivet år 2030? Ett scenarioarbete med åtgärdsförslag*. Mistra Sport & Outdoors, rapport 2023:2
- Strand, O., O.-G. Stoen, C. Nellemann & P. Jordhoy (2000). Cumulative impacts of tourist resorts on wild reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) during winter. *Arctic* 53(1): 9-17.
- Steven, R., Pickering, C., & Castley, J. G. (2011). A review of the impacts of nature-based recreation on birds. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2287-2294.
- Stoessel, M., Moen, J. & Lindborg, R. (2022). *Mapping cumulative pressures on the grazing lands of northern Fennoscandia*. Scientific Reports, 12, 16044.
- Svanberg, P.-A. & A. Lindskog (1995). *Skoterns julafton"*
Luftkvalitetsmätningar i anslutning till skoterleder. Göteborg, IVL: 15.
- Sveriges miljömål. Nd. <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/storslagen-fjallmiljo/>
- Thiel, D., S. Jenni-Eiermann, R. Palme & L. Jenni (2011). Winter tourism increases stress hormone levels in the Capercaillie Tetrao urogallus. *Ibis* 153(1): 122-133.

- Tjärnlund, U., Ericson, G., Lindesjö, E., Pettersson, I., Ålkerman, G. & Balk, L. (1996). Further studies of the effects of exhaust from two-stroke outboard motors on fish. *Marine Environmental Research* 42(1): 267-271.
- Tolvanen, A., Forbes, R., Wall, S. & Norokorpi, Y. (2005). Recreation at Tree Line and Interactions with Other Land-Use Activities. In: F.E. Wielgolaski (Ed.). *Plant Ecology, Herbivory, and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*, pp. 203-217. Springer- Verlag Berlin Heidelberg
- Tolvanen, A. & Kangas, K. (2016). Tourism, biodiversity and protected areas – review from northern Fennoscandia. *Journal of Environmental Management*, 169: 58-66.
- Trafikanalys. (2021). *Fordon på väg*. hämtad 20220225, 2022, från <https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon>.
- Törn, A., J. Rautio, Y. Norokorpi & A. Tolvanen (2006). Revegetation after short-term trampling at subalpine heath vegetation. *Annales Botanici Fennici* 43(2): 129-138.
- Ullring, U. E. (1989). *Forvaltning av stislitasje - en utprövning av to vegetasjonsökologiske metoder i Femundsmarka og Långfjället*. Universitetet i Trondheim.
- US National Park Service, (2000). *Air Quality Concerns Related to Snowmobile Usage in National Parks*. Denver, Colorado, U.S. Department of the Interior National Park Service, Air Resources Division 22.
- van den Brink, P. (2000). *Erosionsmätningar i hedvegetation i fjällområdet; Utveckling av en fältmetod baserad på dynamiken i fjällvegetationen*. Östersund, FFI/Mitthögskolan: 44.
- van den Brink, P. & P.-Å. Vikman (2000). *Vegetationsförändringar på fjällen i västra Härjedalen - Fältinventering*. Östersund, FFI/Mitthögskolan: 104.
- van den Brink, P. & P.-Å. Vikman (2001). *Vegetationsförändringar på fjällen i västra Härjedalen - Förslag till uppföljning och övervakning av förändringar orsakade av mekaniskt slitage*. Östersund, Fjällforskningsinstitutet, Mitthögskolan: 52.
- van den Brink, P., A. Allard & M. Ihse (2005). *Effekterna av ett kortvarigt vinterbete av ren i lavdominerad fjällvegetation, i Rogenområdet, Härjedalen*.

- Resultat från fältundersökningar 1999 och uppföljande undersökningar 2001.*
Manuskript till STOU-rapportserie. F. Stockholms Universitet: 33.
- Viskari, E. L., R. Rekilä, S., Roy, O. Lehto, J. Ruuskanen, Kärenlampi L.
(1997). Airborne pollutants along a roadside: Assessment using snow analyses and moss bags. *Environmental pollution* 97(1-2), 153-160.
- Vistnes, I., & Nellemann, C. (2001). Avoidance of cabins, roads, and power lines by reindeer during calving. *J Wildl Manag* 65:915–925
- Wall-Reinius, S. (2009). *Protected Attractions: Tourism and Wilderness in the Swedish Mountain Region*. Doctoral Thesis, Human Geography 140, Stockholm University.
- Wall-Reinius, S. (2012). Wilderness and culture: tourist views and experiences in the Laponian World Heritage Area. *Society & Natural Resources*, 25 (7), 621-632.
- Wall-Reinius, S. & Bäck, L. (2011). Changes in visitor demand: inter-year comparisons of Swedish hikers' characteristics, preferences and experiences. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, 11:sup1, 38-53.
- Wall-Reinius, S., Fredman, P., Dahlberg, A., Svensson, S., Sörlin, S. & Godtman Kling, K. (2018). *Vägar till mångfunktionella landskap: en pilotmodell i Jämtlandsfjällen*. Rapport 6820, Naturvårdsverket, Bromma.
- Wall-Reinius, S., Prince, S. & Dahlberg, A. (2019). Everyday life in a magnificent landscape: Making sense of the nature/culture dichotomy in the mountains of Jämtland, Sweden. *Environment and Planning E: Nature and Space*. 2(1), 3-22.
- Wilson, J. P. & J. P. Seney (1994). Erosional Impact of Hikers, Horses, Motorcycles, and Off-Road Bicycles on Mountain Trails in Montana. *Mountain Research and Development* 14(1): 77-88.
- Wraith, J. & C. Pickering (2017). Tourism and recreation a global threat to orchids. *Biodiversity & Conservation* 26(14): 3407-3420.
- Åhlen, P.-A., Willebrand, T., Sjöberg, K., & Hörnell-Willebrand, M. (2013). Survival of female capercaillie Tetrao urogallus in northern Sweden. *Wildlife Biology*, 19: 368-373.

Øian, H., Fredman, P., Sandell, K., Sæþórsdóttir, A.D., Tyrväinen, L., &
Søndergaard Jensen, F. (2018). *Tourism, nature and sustainability. A review
of policy instruments in the Nordic countries*. TemaNord 2018:534. Nordiska
ministerrådet.

