

4 OVERVÅKING AV SKOGENS HELSETILSTAND

4.1 Fjernmåling av skogens helsetilstand

Svein Solberg, Skog og landskap og Hans Tømmervik, Norsk institutt for naturforskning

Fjernmåling er en metode som har et stort potensial når det gjelder overvåking av skogens helsetilstand, men metodeutvikling er nødvendig. Heldekkende, årlig overvåking av skogarealet kan gjennomføres ved hjelp av satellittdata. Flybårne sensorer kan benyttes i et samplingsbaserte opplegg. I tillegg kan spesielle skadeområder dekkes på ad-hoc basis med flybårne sensorer.

I flere land brukes fjernmåling i dag for kartlegging og overvåking av skogskader, men kun for noen skadetyper, som skogbrann og barkbilleangrep, og ofte på ad-hoc basis. Metodene for fjernmåling av skog er i rask utvikling og blir tatt i bruk i økende grad. Fjernmåling gir mange muligheter for kartlegging og overvåking av skogens helsetilstand. Sensorer i satellitter og fly kan gi informasjon om de effektene klimaendringer har på vegetasjon, men det kan også gi informasjon om skogskader forårsaket av insekt- og soppangrep, eller beregne omfanget av tørkeskader og skogbrann.

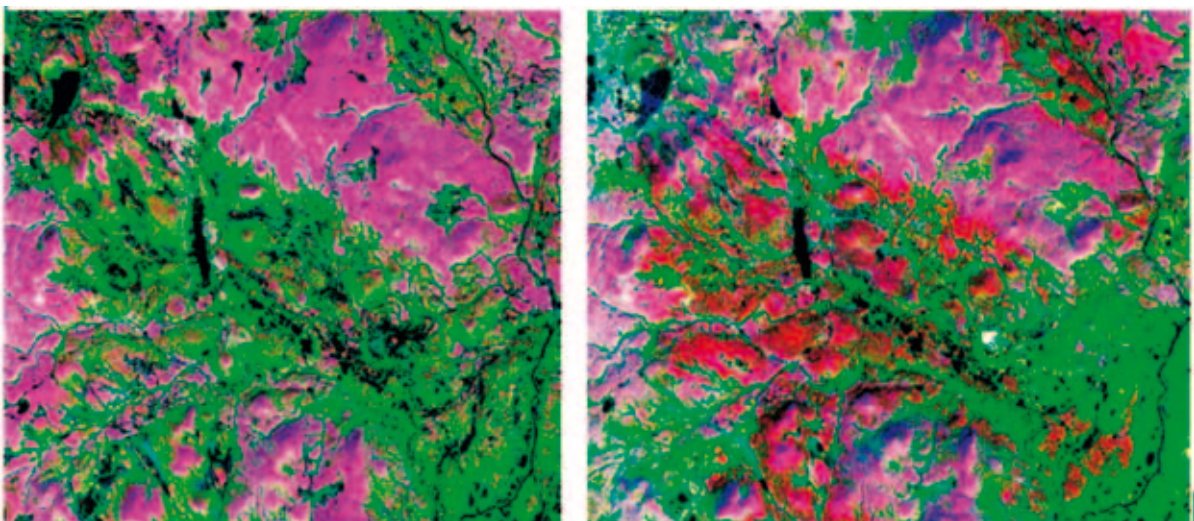
Prinsippene for fjernmåling er at skader og stress på skog endrer graden av refleksjon (reflektans) for elektromagnetisk stråling (lys). Dette kan skje ved at biomassen blir redusert (kroneutglisning, avdøying), eller fordi biokjemiske eller fysiske egenskaper endres i vegetasjonen, og dette påvirker reflektansen. Reflektansen, og endringer i denne, varierer gjerne med bølgelengde. Et hovedmønster er at frisk, klorofyllholdig vegetasjon har lav

reflektans for synlig lys og for kortbølget infrarødt lys (SWIR), men høy reflektans for nærinfrarødt lys (NIR). Dette mønsteret endres ofte ved skader og stress på vegetasjonen. Det finnes en rekke vegetasjonsindekser som fanger opp slike endringer, som Normalized Differential Vegetation Index (NDVI). Det er derfor vanlig i fjernmåling å benytte multi- eller hyperspektrale målinger med opp til 250 ulike bølgelengdebånd, hvor SWIR og NIR inngår som viktige bølgelengdeområder. En aktiv sensor, som en laserskanner, er også basert på refleksjon av elektromagnetisk stråling, men er for øvrig bygget på helt andre prinsipper, og gir først og fremst informasjon knyttet til 3D-egenskaper. Kronetakets tetthet for lasergjennomtrengning kan omregnes til barmasse per arealenhet, noe som er nært knyttet til kronetetthet.

Satellitter egner seg godt for rutineovervåking av større områder fordi de går i faste baner og fordi datakostnadene er lave. Satellittdata kan gi heldekkende datasett rutinemessig for hele skogarealet, det vil si uten sampling. Data fra flybårne sensorer kan benyttes på mindre områder eller ved samplingbaserte opplegg, på grunn av høyere kostnader. Data fra flybårne sensorer kan også brukes for tilleggskartlegging på ad-hoc-basis over begrensede områder.

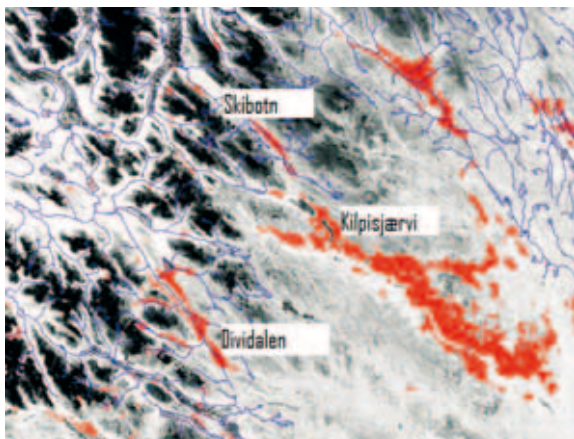
4.1.1 Eksempler på anvendelse av fjernmåling for overvåking og kartlegging av skoghelse:

Insekter: I USA har satellittdata (Landsat og Spot) vært brukt til kartlegging av skogskader etter sterke insektangrep forårsaket av avnålings- og avbladingsinsekter og barkbiller. Barkbilleangrep kan



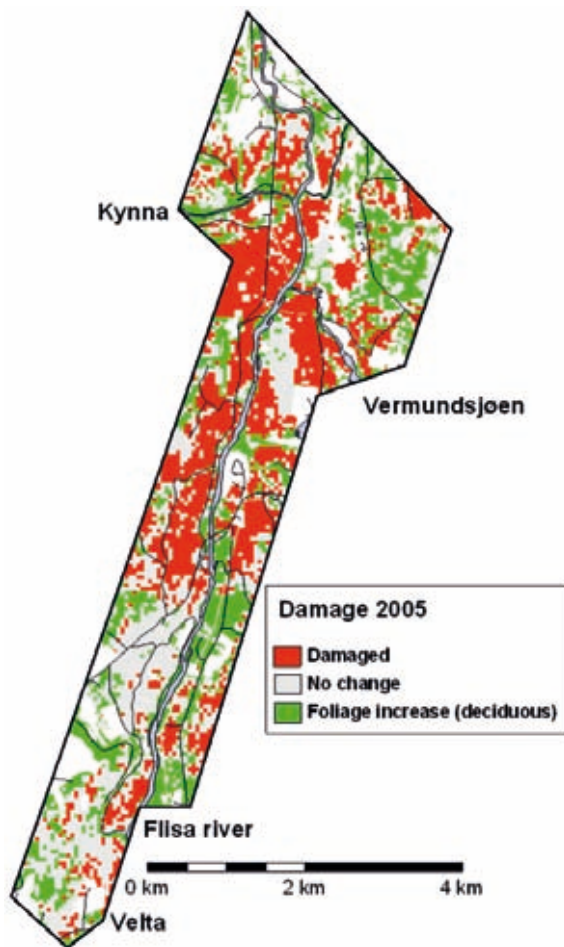
Figur 12. Eksempel på bruk av Landsat-bilder til kartlegging av skader forårsaket av fjellbjørkemåler. Bildet til venstre viser intakt bjørkeskog i 1990 og høyre bilde viser skadet vegetasjon (i rødt) etter insektangrepet i 1994. Fra Pulsujärvi i Karesuando, Sverige.

føre til endring i fargen på barnålene, og i Canada benyttes høyoppløselige data fra satellitten Ikonos til å kartlegge tidlige faser av slike angrep. I Finland, Sverige og Norge har Landsat- og Modis-data vært benyttet til registrering av masseangrep av fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*) og liten frostmåler (*Operophtera brumata*) (Figur 12 og 13). Hyper-spektrale data tatt opp fra fly brukes i USA til å kartlegge kroneutglisning forårsaket av praktbille (*Agrilus planipennis*).



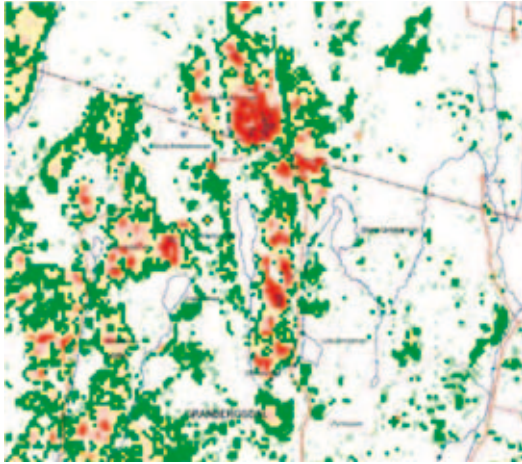
Figur 13. Eksempel på bruk av MODIS-satellittdata til studier av vegetasjonsskader forårsaket av fjellbjørkemåler. Områdene presentert i rødt viser resultatet av masseangrep i grensetraktene mellom Norge, Sverige og Finland i 2004. Opptak fra år 2000 er brukt som kontroll.

I Norge har flybåren laserskanning vært benyttet til kartlegging av skader forårsaket av rød furubarveps. I Åsnes kommune på Hedmark forårsaket rød furubarveps i 2005 en kraftig avnåling i store områder med furuskog. Kroneutglisningen øker andelen laser-ekko fra bakken, og på denne måten kan skadeomfanget kartlegges (Figur 14).



Figur 14. Eksempel på bruk av flybåren laserskanning til kartlegging av rød furubarvepsangrep i Åsnes, 2005. Kartet viser endring i bladarealindeks (LAI) fra mai til august og kjerneområdet for skaden er vist med rødt farge. Elva Filsa går midt gjennom området.

Sopp: I Sverige har man siden 1999 kjøpt inn satellittbilder for hele landet. Disse dataene har blant annet vært brukt til å kartlegge angrep av furuas knopp- og greintørkesopp (Figur 15). Metoden da er at soppangrepet fører til økt reflektans for kortbølget IR-lys (SWIR). I British Columbia i Canada brukes flybilder til å identifisere omfanget av råteskader i enkelttrær av douglas-gran ut fra endringer i reflektans for rødt og nærinfrarødt lys.



Figur 15. Eksempel på bruk av Satellittdata (SPOT) til kartlegging av soppskader. Rødt markerer områder med sterke skader forårsaket av furuas knopp- og greintørkesopp. Kilde: Pär Nyman, Skogsstyrelsen.

Klimaskader: Tørkestresset vegetasjon kan oppdages ved hjelp av fjernmåling, ved at reflektansen for infrarødt lys påvirkes av bladverkets temperatur og vanninnhold. Omfanget av skogbrann kan også kartlegges ut fra samme prinsipp, både under og etter en brann. I Canada har radardata fra ERS-satellitten vært brukt til å overvåke fryse-tinsekvenser som kan gi omfattende skogskader. Når vannet i vegetasjonen fryser til is reduseres tilbake-spredningen av radarsignalene.

Generelle skoghelsevariabler: Satellittmålinger av bladarealindeks og klorofyllkonsentrasjon kan gi informasjon om skogens generelle helsetilstand.

4.1.2 Vurdering av bruken av fjernmåling til overvåking av skoghelse:

Satellitter brukes til kartlegging av spesielle skadetyper i skog og ofte kun på ad-hoc-basis, mens stor-skala rutinemessig overvåking av uspesifikke helsevariable utføres av personell på bakken på permanente felt. Dette er et paradoks: Satellitter går i faste baner i år etter år og med samme instrumentering er velegnet til rutinemessig overvåking av store områder, mens bakkepersonell er mest velegnet til å registrere årsaksspesifikke data på ad-hoc basis, så som identifisering av skadesymptomer, insekter og sopper.

Så langt vi vet er situasjonen i andre land at ingen ennå bruker fjernmåling rutinemessig over hele skogarealet for overvåking av skogens generelle helsetilstand. Vegetasjonsindekser fra MODIS satellittdata har imidlertid vært lansert som en mulig metode for en helseovervåking av vegetasjon gene-

relt. Det er mange aktiviteter i gang for ad-hoc-kartlegging av enkelte skadetyper i enkelte områder. Det foregår også en rutineovervåking av noen spesielle skadetyper, hovedsakelig skogbrann. Lengst har man kommet i Canada, USA og Sverige. I Canada utvikles et nytt program, «Earth Observation for Sustainable Development of Forests (EOSD)», og i USA og Sverige har man også kommet langt i å ta i bruk satellittdata for skoglige formål, hvor også skogskader inngår. Men landsomfattende overvåking av skogens generelle helsetilstand basert på fjernmåling gjøres altså ikke. I Europa, Nord-Amerika og deler av Øst-Asia utføres dette ved subjektive registreringer av personell på bakken, i samplingbaserte opplegg av permanente overvåkingsfelt.

En fjernmålingsbasert skoghelseovervåking kan baseres på passive sensorer (kameraer) og vegetasjonsindekser beregnet fra slike data, eller aktive sensorer som laser og radar.

To naturlige variable å forsøke å overvåke er bladarealindeks (leaf area index, LAI) og pigmentkonsentrasjon (hovedsakelig klorofyll). Både redusert bladmasse (redusert LAI) og redusert pigmentkonsentrasjon i bladverket er generelle responser på de fleste typer stress og skader på vegetasjon, og de har sine paralleller i henholdsvis kronteuglisning og misfarging. Dersom en multipliserer bladarealindeks og klorofyllkonsentrasjon får en klorofyllmengde per arealenhet i skogens kronesjikt, og dette kan integrere effekten av alle typer stress til én variabel, som kan være velegnet for fjernmåling.

Det er hovedsakelig tre datakilder som egner seg for fjernmåling av skoghelse i Norge:

- MODIS og AVHRR, er satellittdata fra passive sensorer med lav romlig oppløsning (pixelstørrelse 250m x 250m – 1km x 1km). Data er tilgjengelig fra Internett og opptakene blir gjort rutinemessig over hele kloden uavhengig av bestilling. Dette er passive sensorer hvor skyer er et vesentlig problem, men sensorene har en høy opptaksfrekvens, noe som øker sjansen for gode data i områder med mye skyer. Lav romlig oppløsning kan være et problem.
- SPOT og LANDSAT er eksempler på satellitter med passive sensorer og middels høy romlig oppløsning (10mx10m – 30mx30m). NASA har nylig besluttet å videreføre LANDSAT-programmet i framtiden og suksessivt erstatte gamle satellitter, og det er planer om å få høy opptaksfrekvens om noen år.

- Radar (SAR) er aktive sensorer, og flere satellitter har i dag SAR, og det er mange alternativer for romlig oppløsning og opptaksfrekvens. Det gjenstår mye forsknings- og utviklingsarbeid for å benytte SAR-data til overvåking, men potensialet synes å være stort. Sensorene er uavhengige av sollys, de fungerer i overskyet vær, og både dag og natt.
- Flybårne data: både LIDAR (laserskanning) og sensorer for spektrale data har et stort potensial. Samplingsbaserte opplegg hvor, for eksempel, faste striper flys hvert år er da mest aktuelt, for å begrense kostnader og datamengder.

4.2 Populasjonsovervåking av insekter

Bjørn Økland, Erik Christiansen og Paal Krokene, Skog og landskap

Det mangler per i dag overvåkingssystemer for en rekke viktige insekter som er eller kan bli viktige skadegjørere i norsk skog i fremtiden. Dette behovet har ytterligere blitt aktualisert fordi fremmede arter introduseres, og fordi klimaendringer kan endre artenes utbredelse og tendens til å gi utbrudd. Det anbefales derfor at overvåkingen av granbarkbiller opprettholdes og suppleres med registreringer av skadde trær. I tillegg bør det være en egen overvåking ved importhavnene hvor fremmede arter har størst sannsynlighet for å bli introdusert. Det bør også være en målrettet overvåking og vurdering av behovet for overvåking av andre potensielle skadegjørere.

Flere forhold motiverer en overvåking av potensielle skadegjørere, slik som klimaendring og introduksjoner av fremmede arter. Siden overvåking er svært ressurskrevende, bør nye overvåkingssystemer være rettet mot de enkelte, mest aktuelle artene. Det vil være unødig kostbart og lite nyttig å gjennomføre en standardisert prøvetaking av alle aktuelle arter i alle landsdeler. Det er mer hensiktsmessig å utforme et artstilpasset, standardisert opplegg for den enkelte art. Selv om for eksempel den sydlige arten barskogsnonne kan bre seg nordover hvis klimaet blir gunstigere, er sannsynligheten for at den plutselig vil dukke opp i de nordlige landsdelene så liten at disse ikke bør inngå i et eventuelt overvåkingssystem for denne arten. Det vil også være fornuftig å ha en egen overvåking ved importhavnene hvor fremmede arter har størst sannsynlighet for å bli introdusert.

Det pågår allerede en overvåking av det insektet som er aller mest aktuelt i sammenheng med klimaskadde skog. På oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet forestår Skog og landskap en årlig registrering av granbarkbillebestanden, i samarbeid med skogbruksetaten i 11 fylker. Billene fanges i feller med feromondispensere som lokkemiddel – slik det har vært gjort siden 1979. I dag har vi 25 år lange tidsserier fra rundt 100 lokaliteter i Sør-Norge og Midt-Norge. Oppdaterte resultater presenteres årlig i rapporter til Landbruks- og matdepartementet og fylkenes skogetater, og på Internett (www.skogoglandskap.no/).

Resultatene fra barkbilleovervåkingen hjelper oss til å vurdere faren for nye barkbilleutbrudd. I tillegg er de en viktig kilde til en bedre forståelse av hva som får billepopulasjonene til å øke voldsomt og skape utbrudd. Slike studier er startet opp i de siste par årene ved Skog og landskap. Blant annet undersøkes det hvor synkronisert populasjonssvingningene er i ulike landsdeler og hva som styrer svingningene. Det anbefales at denne overvåkingen opprettholdes i uendret form for å oppnå mest mulig sammenlignbare data over tid. I tillegg til varslingsverdien, vil mulighetene til å studere årsakene til utbrudd bli bedre jo lengre tidsseriene blir. Det nåværende overvåkingssystemet innenfor granas utbredelsesområde er også et godt utgangspunkt for å overvåke populasjonsendringer hos granbarkbiller som følge av klimaendringer.

Når det gjelder nye skadegjørere står vi overfor flere viktige valg med hensyn til hva som skal overvåkes. Sentralt her er hvorvidt registreringen skal rettes mot skadene insektene gjør på skogen, eller direkte mot insektenes populasjonsstørrelse. Registrering av skader fra fly er mye brukt ved overvåking av viktige insektskadegjørere i Nord-Amerika. Slike registreringer gir gode data på en kostnadseffektiv måte, og er absolutt en metode som bør vurderes i norsk sammenheng. En begrensning med å bruke denne metoden alene er imidlertid at skadedata ikke gir et direkte mål på populasjonsstørrelsen, slik at vi ikke får et sikkert mål på artenes utbredelse. Således vil ikke skadedata alene kunne gi et forvarsel om økning eller nedgang i skadene eller endringer i utbredelsen. Den motsatte ytterligheten er å registrere bare populasjonsstørrelse. Da er det viktig å være bevisst på at skadenivået ikke uten videre kan avledes fra populasjonsstørrelsen, med mindre forholdet mellom skade og populasjonsstørrelse har vært undersøkt. Blant kjente skadegjørere er det flere eksempler på at det ikke er noe lineært forhold mellom populasjonsstørrelse og skade (Figur 16).