

Det er et stort potensiale i å bruke kart og geografiske data som et hjelpemiddel for å identifisere risikoområder og prioritere tiltak, som del av forebygging og kanskje også i beredskapssammenheng. Kart NIBIO.

Trefall over kraftlinjer: Hvor er risikoen størst?

Trefall på kraftlinjer utgjør en betydelig risiko for strømforsyningen. Digitale kartdata sammen med risikomodeller kan hjelpe nettselskapene til å finne særlig utsatte nettstrekninger, og prioritere skogbehandling der.

Trefall på kraftlinjer har store negative økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser. Sannsynligheten for trefall avhenger av skoglige forhold samt stedeegne forhold knyttet til terreng, grunnforhold og lokalt vær og klima. Risikomodeller kan brukes til å identifisere infrastruktur-strekninger som er særlig utsatte for trefall, noe som kan redusere problemene knyttet til trefall.

RISIKO OG SANNSYNLIGHET

Risiko defineres vanligvis som en kombinasjon av sannsynlighet for og konsekvens av at en hendelse inntreffer. Trefall på viktig infrastruktur utgjør dermed en høyere risiko enn ved mindre viktig infrastruktur.

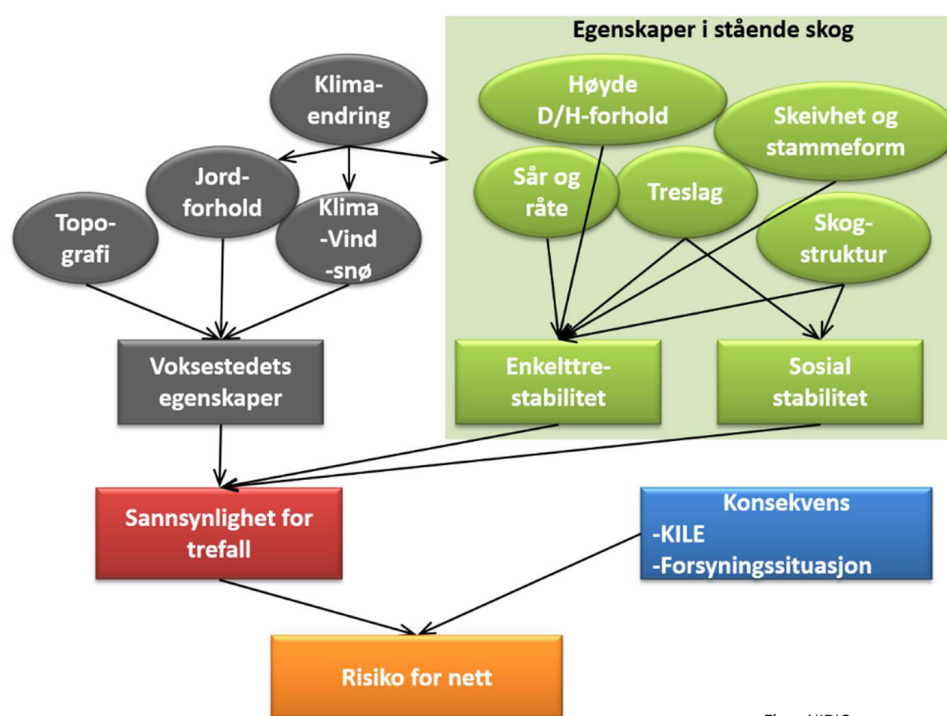
Dette betyr at en sannsynlighetsmodell for trefall gir empirisk eller statistisk sannsynlighet for at en hendelse vil inntreffe, slik som for eksempel trefall i skog. En risikomodell vekter sannsynligheten for trefall med konsekvensen av tap av strøm, noe som avhenger av antall abonnenter, deres strømforbruk og viktigheten av leveranse til disse abonnentene.

Sannsynligheten for trefall ved vind avhenger av fire kategorier av påvirkningsfaktorer: topografi, jordbunnsforhold, lokalklima og skoglige forhold. I tillegg vil konsekvensen av skader innvirke på risikoen.

PROSJEKT STERKERE SKOG

Faktorer som påvirker sannsynlighet, konsekvens og risiko for trefall på kraftlinjer.

Topografi	Koller og høydedrag stikker opp og er mer utsatt for sterk vind enn søkk og dalbunner.
Jordforhold	Trærnes mulighet for god forankring er viktig for stabiliteten, og særlig for enkelttre-stabiliteten som er av stor betydning i skogkanter. Et djuptgående rotsystem gir god forankring.
Klima, vind og snø	Frekvensen av sterk vind og hendelser med tung, våt snø er to variabler som spiller en rolle for sannsynligheten for trefall. Framtidas klima i Norge vil karakteriseres av betydelige endrede temperaturforhold, nedbørmønstre og snøforhold.
Skoglige forhold	En rekke egenskaper ved trærne påvirker deres stabilitet. Viktigst er trehøyden. Videre påvirkes stabiliteten av en rekke faktorer som kan samles i begrepene enkelttre-stabilitet og sosial stabilitet, samt skogens og særlig hogstkantenes fordeling i landskapet.
Konsekvens	Viktig infrastruktur der det økonomiske tapet er stort vil vektas høyere enn mindre viktige steder. Når det gjelder strømforsyningen i Norge så har vi en velegnet og lett tilgjengelig variabel i form av KILE (<i>kvalitetsjusterte inntektsrammer ved ikke levert energi</i>). Ved svikt i leveringen av elektrisitet vil det aktuelle nettselskapet få en økonomisk straff, og denne straffen varierer med viktigheten og sårbarheten hos nettselskapets kunder på den aktuelle nettstrekningen.



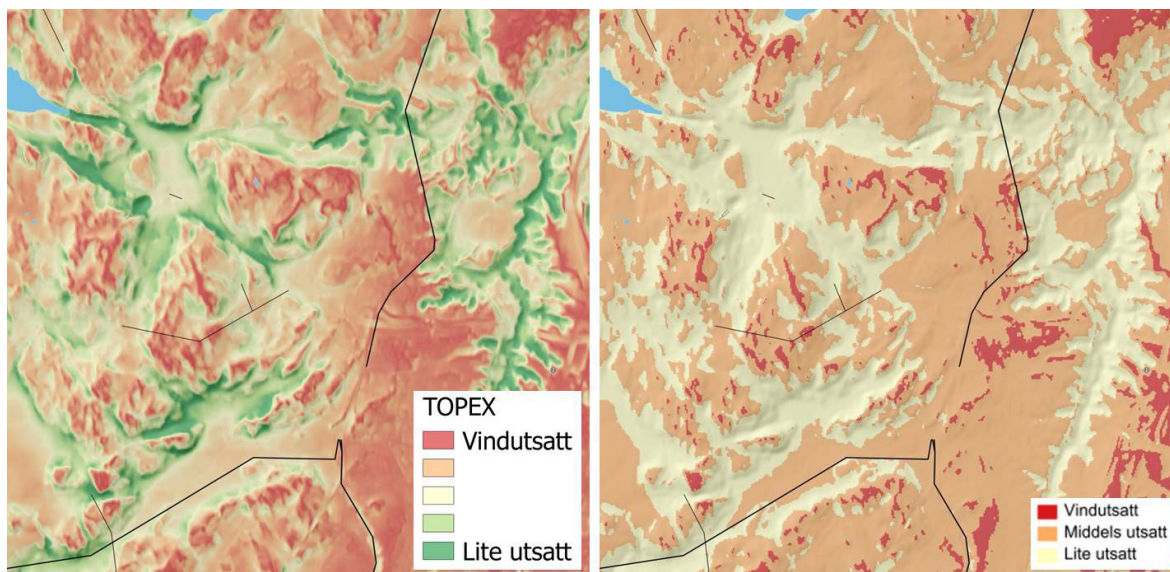
Figur NIBIO.

DATAKILDER FOR RISIKOMODELLERING

Modellering og prediksjon av risiko i form av kart krever tilgang til egnede input-data, også kalt GIS-data. Det er stor variasjon i kvalitet, type, innhold, dekning og alder på kartdata. Hvert enkelt datasett må derfor vurderes utfra alle disse egenskapene, med sine muligheter og begrensinger før de inngår i modeller. Modellresultatets gyldighet og kvalitet vil derfor være direkte knyttet til hvilke datasett som inngår i modellen.

Mange datasett er bare delvis tilgjengelig for hele Norge, - og har de har ofte varierende kvalitet. Det er imidlertid en økende mengde kartdata tilgjengelig, spesielt når det gjelder fjernmålte data fra satellitt, flybilder og laserdata fra fly. Data av høy kvalitet og høy oppdateringsfrekvens vil kunne gi bedre risikomodeller.

TERRENGMODELL OG TOPEX



TOPEX-parametere finner de mest vindutsatte stedene. Til venstre: Gjennomsnittlig TOPEX for åtte himmelretninger beregnet over DTED10 terrengmodellen. TOPEX har gjennomsnittlig hellingsvinkel mot horisonten fra 0 grader (lite vindutsatt) til 11 grader (vindutsatt). Til høyre er TOPEX klassifisert til tre klasser, lite, middels og mye utsatt. Kart NIBIO.

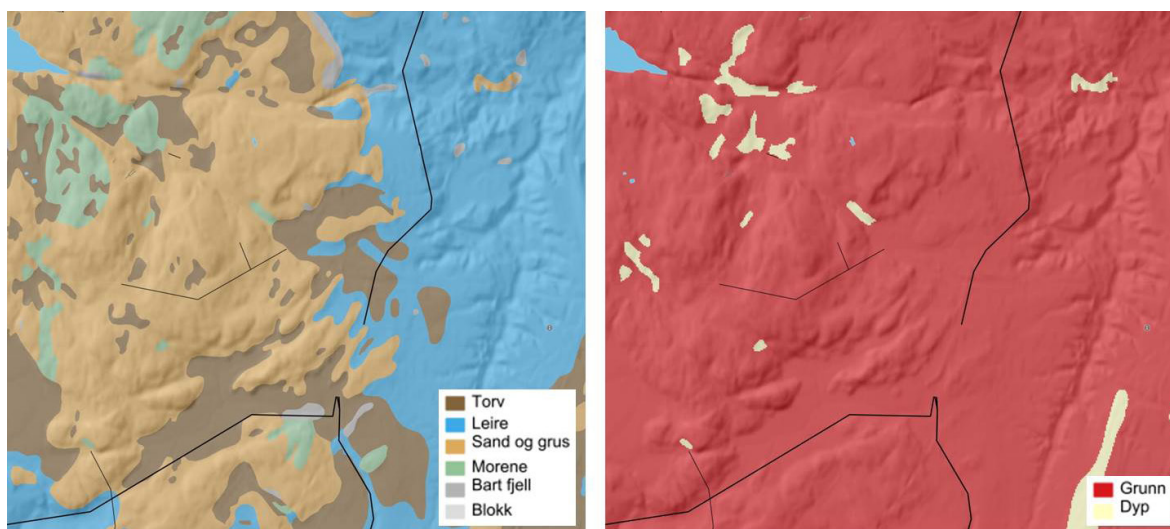
I dag har vi en digital terrengmodell (DTM) for hele Norge basert på høydekoter i topografiske kart (DTED10), og dessuten en best-tilgjengelig DTM som kombinerer det som finnes av data fra flybåren laserskanning med DTED10. Basert på disse DTM-ene kan det beregnes ulike topografiske variable for hele landet med 10 m oppløsning. Topografisk eksponisjon (TOPEX), beregnes som hellingsvinkel mot horisont i ulike himmelretninger. Er vinkelen lav, eller negativ er stedet utsatt for vind. Er vinkelen høy, ligger stedet i le.

10 m oppløsning er godt nok for at de viktigste topografiske variasjonene blir fanget opp, og etter hvert

som data forbedres ved å innlemme verdier fra laserskanning vil vi få en god terrengmodell med relativt lite behov for jevnlig oppdatering.

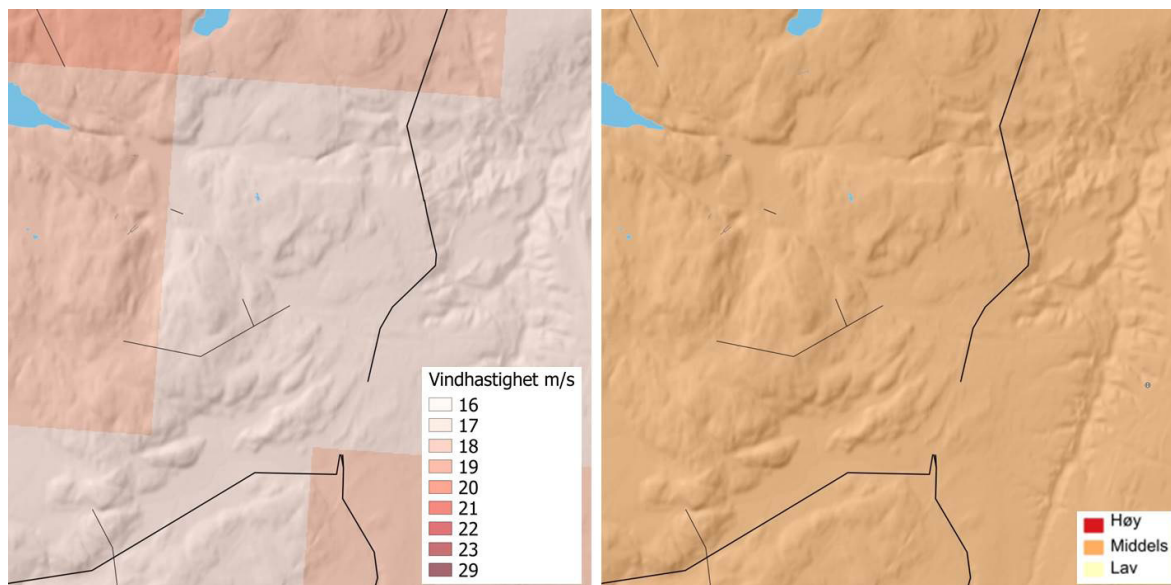
JORDBUNNSFORHOLD

Heldekkende data for løsmasser i Norge finnes som et vektorbasert (polygoner) kart hos Norges Geologiske Undersøkelser (NGU). I dette datasettet inngår både jorddybde i noen grove klasser og opphavsmateriale, og ut fra dette kan man til en viss grad ta ut egenskaper som påvirker trærnes mulighet for djup forankring. Dataene har varierende kvalitet over landet fordi kartet er basert på ulike datakilder med ulik romlig oppløsning. Det er imidlertid usikkert hvor



Til venstre er kart over opphavsmateriale. De over 300 ulike løsmasstypene i NGUs løsmassekart er nå klassifisert til 6 klasser opphavsmateriale som er viktige for skogens stabilitet. Til høyre er kart over potensiell forankringsdybde der NGUs løsmassekart klassifisert til to klasser; dyp og grunn forankring. Kart NIBIO.

LOKALKLIMA



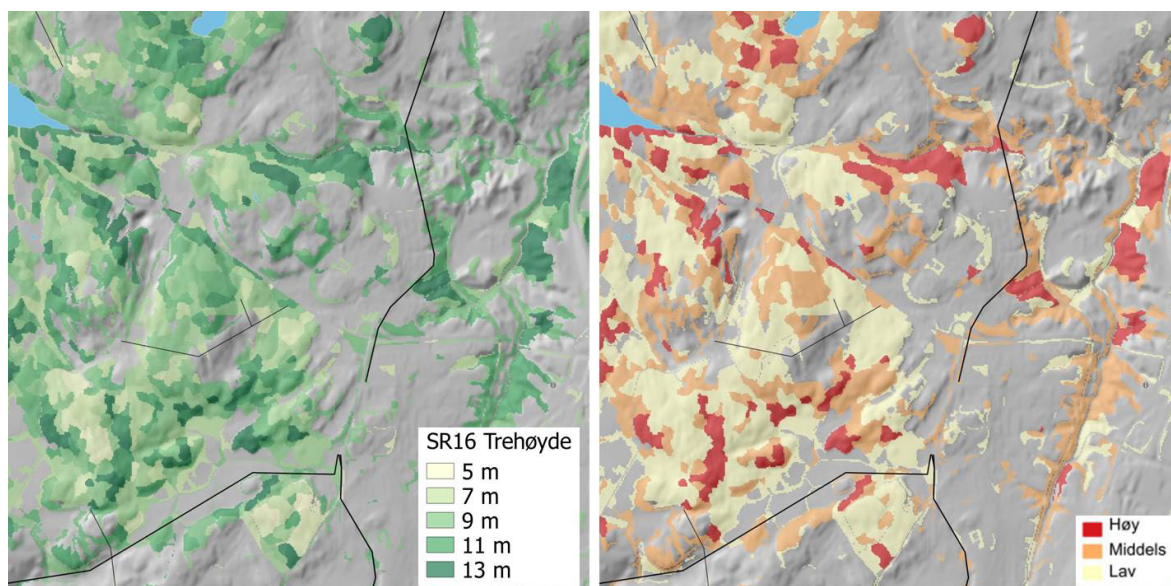
Til venstre er kart over maksimal vindstyrke i tidsperioden 2000-2015 fra WISLINE modellen. Vindhastigheten beregnes på et 2,5 km rutenett og fanger ikke opp de lokale variasjonene i vind. Til høyre er vindhastighetskart klassifisert til tre klasser: lav, middels og høy. I området som figuren dekker er alle ruter havnet i klassen for middels vindhastighet. Kart NIBIO.

godt egnet dette datasettet er til å beskrive trærnes forankring.

Meteorologisk institutt har nylig generert et nedskalert klima-datasett som er velegnet for risikomodeller (<https://wiki.met.no/wisline/start>). Datasettet er landsdekkende og gitt for et rutenett med en romlig oppløsning på 2,5 x 2,5 km, og det dekker perioden 2000-2015 med en oppløsning i tid på 3 timer. I tillegg til vindstyrke og vindretning inneholder kartet sentra-

le variabler, slik som nedbør og temperatur. I tillegg har vindhastighetskartet data for jordfuktighet og jordtemperatur, noe som også påvirker trærnes forankring og kan supplere løsmassedataene nevnt over. Datasettet til vindhastighetskartet er ikke detaljert nok til å si noe om variasjon av klima på helt lokal skala, men det er godt egnet til å studere regionale variasjoner, samt hyppighet av hendelser som kan føre til trefall.

SKOGLIGE FORHOLD



Skogressurskartet SR16 viser trehøyde, en viktig del av risikomodelleringen. Til høyre er trehøydene klassifisert til lav, middels og høy. Kart NIBIO.

Skoglige forhold, det vil si egenskaper som er knyttet til stabiliteten til hvert enkelt tre, er en svært viktig del av risikomodelleringen. Spesielt viktig er trehøyde.

Tilgang til annen informasjon som stammediameter og kronestørrelse på enkelttre nivå vil ytterligere øke mulighetene for å predikere risiko.

Datsett for skoglige forhold som er helt eller delvis tilgjengelig per i dag

Satskog	Satellittbasert skogkart over Norge (https://www.nibio.no/tema/skog/kart-over-skogressurser/satskog?), generert hovedsakelig fra Landsat. For risikomodelleringen er det først og fremst treslagsinformasjon som er nyttig. Etter hvert vil Landsat erstattes av data med høyere oppløsning og detaljgrad fra Sentinel-2 satellitten.
SR16	NIBIO nyutviklet skogressurskart (https://www.nibio.no/tema/skog/kart-over-skogressurser/skogressurskart-sr16?) generert dels fra flybilder (bildematching) fra det nasjonale programmet for omløpsfotografering, og dels fra flybåren laserskanning. Det er særlig høyde og voluminformasjon som er nøyaktig, mens treslags- og diameterinformasjon er noe mindre nøyaktig. Etter planen vil datasettet være ferdig med dekning for hele landet i 2021.
Skogbruksplan	Lasertakster fra fly anvendes i dag i av skogbruket for å etablere skogbruksplaner. En stor del av det produktive skogarealet er i dag dekket av tidligere lasertakstprosjekter. Tidsrommet mellom hver gang det gjennomføres lasertakster i et område er gjerne rundt 10-15 år. En eventuell operasjonell anvendelse av slike data krever avtaler med dataeier.

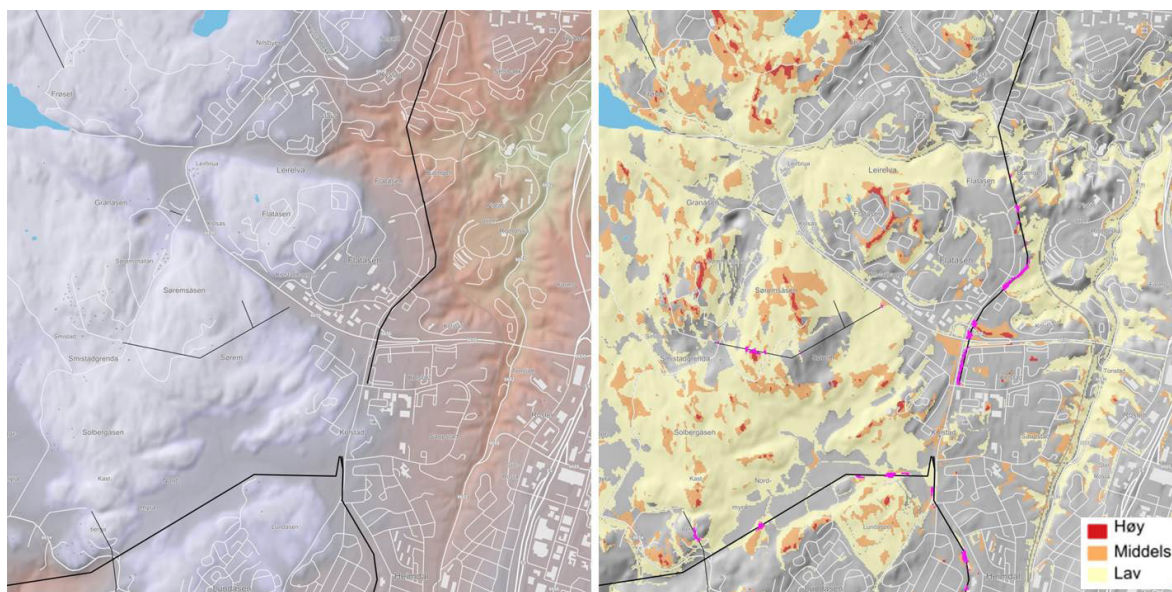
EMPIRISK RISIKOMODELL

Ved å sammenstille kart over de fire risikofaktorene for trefall kan vi finne fram til de mest utsatte områdene. Modeller basert på statistisk analyse av trefall er det beste grunnlaget. I påvente av statistiske modeller

er en enklere metode å bruke en intuitiv og empirisk vektet regelmodell (overlay), der hvert datasett får verdier utfra antatt betydning.

Hvert sted i kartet får vektet ut fra fire risikofaktorer, og summen av disse vektene angir sannsynligheten for trefall som enten lav (<5), middels (5-6) og høy (7-8).

Datasett	vekter	0	1	2
TOPEX, midlere vinkel mot horisont i grader.		<1	1 - 5	>5
Max vindstyrke 2000-2015, dynamisk nedskalert		<15	15 - 25	>25
Potensiell forankringsdybde i jord		grunn		dyp
SR16 trehøyde, dm		<80	80 - 115	>115



Kartet til venstre viser topografien, med kraftlinjer tegnet i svart og veinettet i hvitt. Kartet til høyre viser resultatet av et vektet overlay der det ned til 10 x 10 m oppløsning avgjøres hvor risikoen for trefall er størst. Lilla farge markerer områder nær kraftlinjer der det er høy sannsynlighet for trefall. Disse områdene kan så undersøkes nærmere. Kart NIBIO.

Fra empirisk modell til sannsynlighetsmodell

En ulempe med en slik modell er at vektene ikke er statistisk beregnet men satt utfra erfaring og enkle tommelfingerregler. For å øke treffsikkerheten i slike modeller kan modellene trenes opp ved hjelp statistiske sammenhenger basert på observasjoner. Det beste resultatet vil vi få om sted- og tidfestede hendelser av trefall legges inn i en kontinuerlig oppdatert database. Ved å kombinere ulike datakilder med observasjoner av skade kan vi utvikle en statistisk-empirisk modell som kan bedre vektene i risikokartet vårt og øke treffprosenten for de mest utsatte områdene. En slik modell kan også operere med feilestimat, slik at vi får et statistisk mål på hvor utsatt et område er og vi får trenet opp det empiriske overlaykartet til å bli et sannsynlighetskart.

Oppdatering av datakilder

I en risikomodel for infrastruktur må datakildene være så oppdatert som mulig. Dette gjelder spesielt datasett for skoglige forhold som kontinuerlig endrer seg. Ingen av datasettene Satskog, SR16 eller skogbruksplan oppdaterer datasettene sine ofte nok til å fungere tilfredsstillende i en operasjonell risikomodel der en utfra modellen skal kunne prioritere tiltak og forebygge trefall.

Risikomodellen slik den foreligger i dag kan imidlertid brukes i forprosjekter og modellutvikling der sammenhengene mellom ulike parametere og observert trefall analyseres. Resultatene fra Sterkere skog-prosjektet og kan også brukes som prototyper i risikomodeler som innsynsløsning, under forutsetning av at det jobbes videre med å inkludere stadig oppdaterte data i modellen. Det kan etableres en dynamisk risikomodel der modellen hyppig oppdateres med nye trefall og nye GIS-data.

Satellittdata gir økte muligheter

Vi er i dag inne i en periode med en enorm økning i tilgang til jordobservasjonsdata fra satellitt, og dette øker mulighetene for å utvikle operasjonelle kartleggings- og overvåkingstjenester som vi omhandler her. Nye sensorer og nye jordobservasjons-satellitter gir heldekkende, hyppig oppdaterte og fritt tilgjengelige data. De siste årene har den europeiske romfartsorganisasjonen ESA satt i drift sitt Copernicus-program med Sentinel-1 (radar) og Sentinel-2 (optiske bilder), og flere nye satellitter vil bli sendt opp i årene som kommer. De enorme datamengdene gjør det imidlertid krevende å utvikle og drifte nye kartleggings- og overvåkingstjenester. På sikt vil stordata prosessering kunne skje i skytjenester.

Innsynsløsninger

Når gode nok risikomodeler er etablert må resultatet presenteres slik at kunnskapen kan tas i bruk på en effektiv måte av dem som skal utføre tiltak. Dette kan for eksempel gjøres gjennom kartinnsynsløsninger og karttjenester som WMS, WFS eller standardiserte utvekslings-APIer (maskingrensesnitt) hvor eierskap, rettigheter og forvaltningsløsning med tanke på langvarig drift er avklart. Eksempler på andre innsynsløsninger baserte på slike standarder ligger på kilden. nibio.no, vips-landbruk.no og gardskart.nibio.

REFERANSER

Solberg, S., Heggem, E. S. F., Søvde, N. E. & McInnes, H. 2017. Skogbehandling langs kraftlinjer. Teorigrunnlag. NIBIO Rapport 3(65). <http://hdl.handle.net/11250/2437722>

FORFATTERE:

Senioringeniør Eva Solbjørg Flo Heggem (eva.heggem@nibio.no) og seniorforsker Svein Solberg (svein.solberg@nibio.no)