



Foto: Agder Energi Nett.

Snøskader på trær langs kraftledninger

Årsaken har vært store snøfall, med våt snø og til dels i kombinasjon med vind. Det var én episode i november 2016, og flere liknende hendelser vinteren 2017-2018. Det har hovedsakelig vært bøyde trær og trær med topp- eller stammebrekk som har ført til problemer. Skadetyper har variert noe mellom treslagene. På løvtrær har det hyppigste problemet vært snøbøyde trær, på gran har det vært topp- og stammebrekk, og på furu topp- og stammebrekk, samt brekk av store greiner. Formålet med denne rapporten er å beskrive skadene, identifisere risikofaktorer og vurdere utviklingen i hyppighet og geografi for denne type skader framover i tid.

VÆRFORHOLD SOM FØRER TIL SNØSKADER

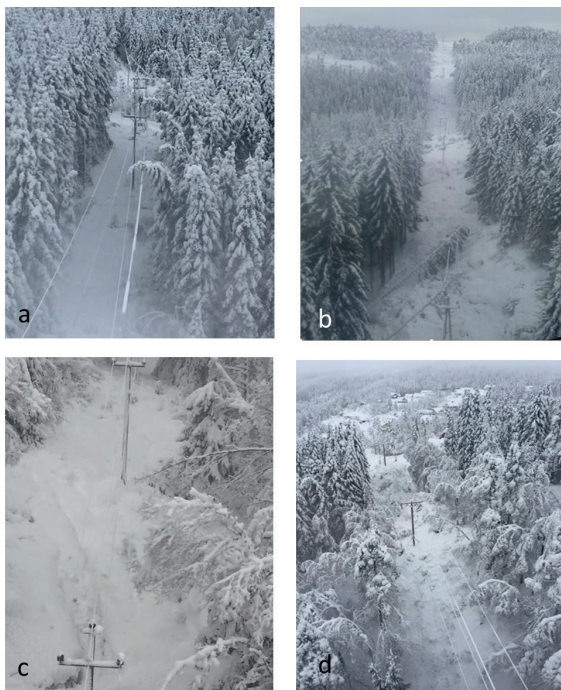
Kunnskap om hva slags værforhold som fører til snøskader er nødvendig for å lage varsler om kommende snøskader, noe som kan bidra til god beredskap hos nettselskapene. I tillegg vil kunnskapen kunne danne grunnlag for scenarier for klimaendringenes påvirkning av skadebildet og framtidens utbredelse av slike skader, for eksempel som input til prioritering av kraftlinjer der det vil være særlig viktig å drive forebyggende arbeid.

Snøskader på trær oppstår under spesielle værforhold:

- store nedbørsmengder,
- temperatur omkring frysepunktet, og
- moderat vindstyrke.

Det er noe usikkerhet rundt tallfestingen av disse tre forholdene, men vi regner nå med nedbørsmengde > 10 mm vannekvivalenter per døgn og lufttemperatur

PROSJEKT STERKERE SKOG

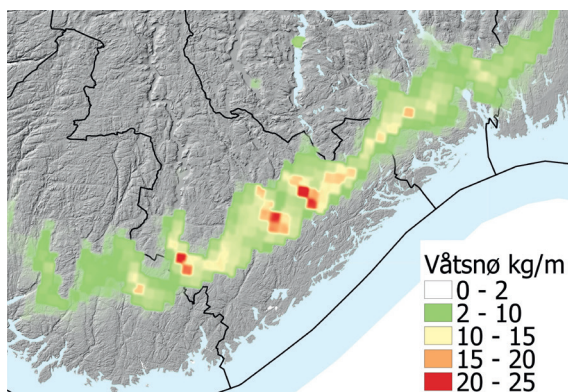


Skadebilder tatt fra helikopter som viser snøbøyd granter (a), rotveltet granter (b) og snøbøyde løvtrær (c-d).
Foto: Agder Energi Nett.

mellom -2 og +2 °C. Dette er endret fra siden vår rapport om teorigrunnlaget for snø- og vindskader, der vi brukte temperatur-intervallet 0,5-2 °C (Solberg et al. 2017).

Når det gjelder vind så regner man med at den må være over et visst minimum, men ikke for sterk fordi det vil føre til at snøen blåser av trærne (Peltola et al., 1997). Ettersom disse tallfestingene er usikre, er det verdifullt å utprøve dem på aktuelle skadetilfeller.

På Sørlandet hadde man i 2016 den såkalte 'Nedsnødd'-hendelsen 5.-6. november, mens det



Geografiske fordelingen av modellert mengde våt snø i trekronene for denne hendelsen når det var på det maksimale. Det var tilstanden fra kl 16:00 den 5. november til kl 22:00 den 6. november. Da økte vinden og førte dels til skader og dels til at snøen blåste av trekronene. Figur Kjeller Vindteknikk.

vinteren 2017-2018 var en rekke hendelser med mye våt snø. Kjeller Vindteknikk har modellert akkumuleringen av våt snø for hver time gjennom de to døgnene 5.-6. november 2016, basert på simuleringer av de meteorologiske forholdene (Figur 1). Modellen predikerte mest snøakkumulering i trekronene et stykke inn fra kysten, og det stemmer bra med utbredelsen av skadebildet.

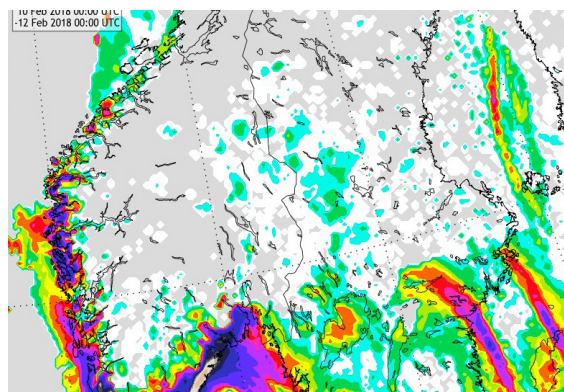
Slike våtsnøhendelser med høy risiko for kraftledningsnettet kan også varsles noen dager i forveien (Figur 2).

KLIMAENDRING OG SNØSKADER

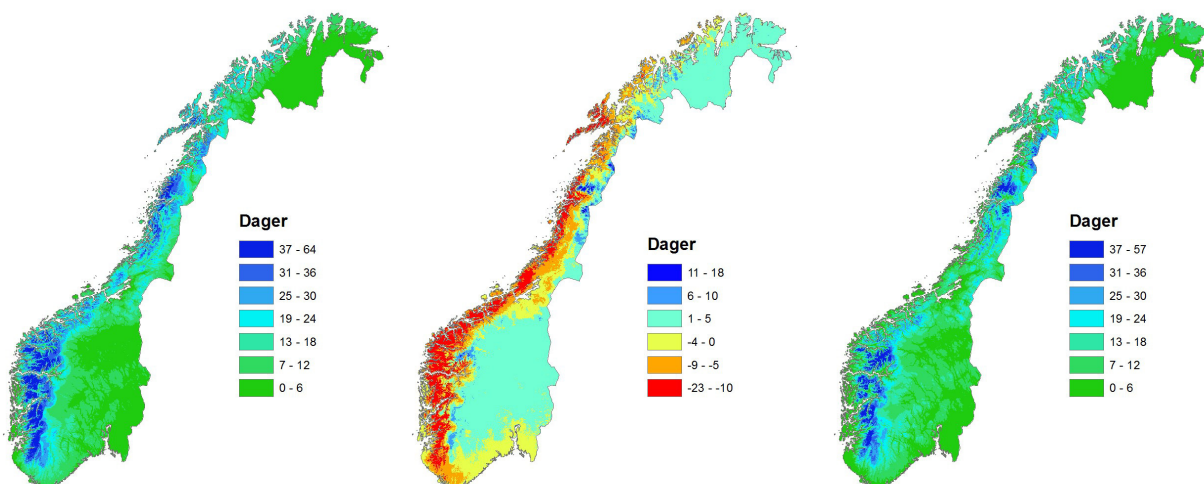
Klimaendringer vil sannsynligvis føre til at det om 100 år er mindre problemer med snøskader på Vestlandet, men at problemet er økende i innlandet. Det er mulig at skadene på Sørlandet kan øke på kortere sikt, det vil si som et forbigående problem de nærmeste tiårene.

Det er mulig å predikere hvordan klimaendringer vil påvirke skadeomfang og geografi på snøskader når det er kjent hvilke værforhold som gir skader, og basert på ulike scenarier for klimaendringer (Figur 3).

Resultatene viser at i normalperioden 1971-2000 så har vi en dominans av mye våt snø langs vestkysten av Norge, og betydelig mindre om vi beveger oss østover i landet. Mot slutten av dette århundret er det samlet sett en reduksjon av antall våtsnø-dager sammenliknet med normalperioden. Men det er en endring i den geografiske fordelingen. Reduksjonen av antall våtsnø-dager skjer langs vestkysten, mens det skjer en liten økning i innlandet, og særlig på det indre Østlandet. Klimascenariene tyder på at Østlandet, og særlig høyere liggende strøk i nærheten av Langfjella



Eksempel på varsling av våtsnøhendelser med høy risiko for kraftledningsnettet. Snøvarselet er et 48-timers våtsnø-varsel utstedt 10. februar 2018, og predikerte høy risiko for skader på Sør- og Sør-Vestlandet. Varselet er basert på samme modell som i Figur 1.



Antall «våtsnødager» per år (a), hvor en våtsnødag er definert som en dag med > 10 mm nedbør og middeltemperatur mellom -2 og +2°C for dagens klima (den såkalte normalperioden 1971-2000), endring i antall våtsnødager fra perioden 1971-2000 til perioden 2071-2100 basert på det moderate klimascenariet RCP4.5 (b), og antall våtsnødager for perioden 2071-2100. Figur NIBIO.

I og med at det er betydelig usikkerhet omkring klimaendringer, så vil ulike studier gi noe forskjellige resultater. Denne usikkerheten går dels på hvor store klimaendringene blir, og dels hvordan de vil påvirke nedbørs- og temperaturforhold regionalt og lokalt.

Beregningene våre er basert på et 1 x 1 km² rutenett over Norge, med temperatur og nedbør for å estimere våtsnø-hendelser. Vi har valgt samme modell for værforhold som nevnt over, og definert en «våtsnø-dag» som en dag med middeltemperatur mellom -2 og +2 °C og daglig nedbørmengde på 10 mm eller mer. I beregningene

predikerer vi antall våtsnødager per år over Norge.

For klimascenariene har vi brukt data fra FNs klimapanel 5. rapport (IPCC 2013). I disse scenariene har vi valgt ett av alternativene for utviklingen av utslipp av klimagasser, det såkalte RCP4.5, som har et moderat scenario med svakt økende klimagassutslipp til 2040 og deretter reduserte utslipp. Dette er et scenario med en moderat klimaendring, basert på vellykkede politiske prosesser for å begrense klimaendringene.

Vi har videre valgt å basere dette på ni ulike modeller for hvordan dette

vil slå ut regionalt. Dette er basert på rapporten “Klima i Norge 2100” (Hansen-Bauer et al. 2015), hvor det ble brukt ti regionale klima-projeksjoner fra Euro-CORDEX av nedbør og temperatur (Jacob et al. 2014). Disse klima-projeksjonene er tilpasset vårt 1 x 1 km² rutenett over Norge (Wong et al. 2016). Vi har her valgt å bruke ni av de ti modellene, og fjernet en modell på grunn av rapportert feil. For hver modell har vi beregnet antall våtsnø-dager per år. For å oppnå prediksjoner som er robuste mot modellfeil, har vi valgt å bruke medianverdien av de ni modellene.

blir utsatte. Vi fikk tilnærmet samme geografiske variasjon ved å bruke et scenario med sterkere klimaendring, det såkalte “business-as-usual” scenariet RCP8.5, selv om endringene ble sterkere da.

UNDERSØKELSER AV SNØSKADER LANGS KRAFTLEDNINGER

Etter snøskadene i 2016 og 2018 på Sørlandet ble det gjort nærmere undersøkelser av skadene, hvor formålet var å identifisere risikofaktorer. Risikofaktorene kan være egenskaper ved det enkelte tre, eller egenskaper ved voksestedet. Feltarbeidet ble utført av selskapet Skogskraft AS, basert på en instruks laget av NIBIO. I begge år ble noen linjestrekninger valgt ut, og alle trefall ble registrert langs disse strekningene.

Det ble registrert trefall i form av rotvelt, topp- eller stammebrekk, samt snøbøyde trær. For å forsøke å fange opp risikofaktorer knyttet til det enkelte tre ble det registrert treslag, diameter i brysthøyde og høyde, og basert på dette ble også d/h-forholdet beregnet. Som referanse, eller sammenlikningsgrunnlag, ble det gjort tilsvarende registreringer på gjenstående, uskadede trær. Disse referansetrærne skulle være så like som mulig med de skadede trærne, men likevel slik at man kunne fange opp kontraster mellom skadede og uskadede trær. I 2016 ble det valgt ut enkelttrær med skader og ett referansetre til hvert av dem. Skadede og uskadede trær ble sammenliknet med parvise t-tester. Denne metodikken ble noe endret i 2018, da skadeomfanget var betydelig høyere og skadede trær



Bildet viser GPS-posisjonerte trefall, lagt over et flybilde ortofoto. Figur NIBIO.

ofte utgjorde grupper. Det ble derfor valgt ut grupper av trær med skader og tilhørende gjenstående trær for hver gruppe. Gjennomsnittlig diameter, høyde og d/h-forhold for skadde trær ble beregnet for gruppe, og tilordnet gjennomsnittstall for referansetrærne, og det ble så gjort parvise t-tester basert på dette.

Det var gjennomgående små forskjeller mellom skadde og uskadde trær, og forskjellene var ulike i de to årene. I 2016 var skadde trær noe høyere og tynnere enn kontrolltrærne. Det var en statistisk sikker forskjell i d/h-forhold, men forskjellen var liten. I 2018 var de skadde trærne både lavere og tynnere enn kontrolltrærne. Forskjellen i d/h-forhold var den samme som i 2016, men ikke statistisk sikker. Alt i alt bidrar disse undersøkelsene lite til å forstå hvilke faktorer som styrer sannsynligheten for slike skader, bortsett fra en svak indikasjon på at lavt d/h-forholdet øker sannsynligheten. Delvis er årsaken til de svake utslagene trolig at en hovedårsak til skadene er at trær har usymmetrisk krone som vender ut mot kraftgata, slik at snølasten blir størst på den sida, og dette er vanske-

lig eller umulig å måle i felt etter en skadesituasjon. I tillegg kan det være at årsaksfaktorene for det enkelte tre er sammensatte, hvor nabotrærnes størrelse og avstand kan spille inn.

Ut fra de skadde trærnes koordinater ble de knyttet til ulike GIS data, digital skogbruksplan, topografisk eksposisjon (TOPEX) og løsmassedata for jord. Skogbruksplandataene var fra de siste 10 år, og det betyr at i noen tilfeller så var skogen avvirket etter at planen var laget, og representerte ikke tilstanden i dag. Men dette var uansett det som var tilgjengelig av skogdata. De skadde trærne knyttet til et bestand basert på deres koordinater, og vi beregnet så skadeomfang per bestand som antall skadde trær per 100 m skogkant langs kraftgate. Vi gjorde dette ved å legge ut et belte med bredde 19 meter ut til hver side av senteret i kraftgata, og beregnet lengden av de kantene vi da fikk. For hvert bestand i dette beltet regnet vi ut topografisk eksposisjon. Dette ble gjort som en gjennomsnittsverdi for åtte ulike himmelretninger, og videre som medianverdien av dette for alle 10 x 10 m piksler. Vi gjorde tilsvarende TOPEX-beregninger også separat for de åtte himmelretningene. For å knytte skadene til jordbunnsforhold bruket vi NGUs løsmassedata, og identifiserte den dominerende løsmassetypen for hvert bestand innenfor det 38 meter brede beltet.

Vi kjørte regresjons- og variansanalyser på dette datasettet. Skadeomfanget økte med andelen gran i bestandet, mens det avtok med andelen furu. Skadeomfanget økte med trehøyde. Det var også en tendens til at skadene var sterkest i søkk i terrenget, det vil si på linjestrekninger med en høy TOPEX-verdi. Det var ingen sammenheng mellom skadeomfang og jorddata.

Tabell 1. Resultater for enkelttrær. Alle skader (både brekk og rotvelt). * betyr statistisk sikker på femprosentnivå.

	Enhet	2016				2018			
		Skadd	Uskadd	Diff	Parvis t-test	Skadd	Uskadd	Diff	Parvis t-test
Diameter	cm	22,9	23,2	-0,3	-0,45	23,6	27,1	-3,5	-2,86 *
Høyde	m	16,3	15,8	0,5	1,73	14,9	16,1	-1,1	-2,51 *
D/H-forhold	cm/m	1,40	1,47	-0,07	-2,47 *	1,63	1,70	-0,07	-1.01

Tabell 2. Resultater for skogbestand. Alle skader er med, det vil si både brekk og rotvelt. * betyr statistisk sikker på femprosentnivå

		2016	2018	
	Enhet	R ²	R ²	Skadeomfanget ...
Treslag		0,01	0,00	
Andel gran	%	0,02 *	0,00	... øker med andel gran
Andel furu	%	0,02 *	0,02	... avtar med andel furu
Andel løv	%	0,00	0,02	
Trehøyde	m	0,02 *	0,02	... øker med trehøyde
Kubikkmasse	m ³ /ha	0,01	0,01	
TOPEX	grader	0,09 *	0,01	... er høyest i søkk i terrenget

KONKLUSJON

Utfall i kraftnettet på grunn av snøskader på trær er vanskelig å gardere seg mot på kort sikt, og en intensivering av skogbehandlingen langs kraftlinjene for å fjerne risikotrær og forebygge skader gjennom uttynning av ungsbogen er det mest nærliggende tiltaket. Ettersom dette er et stort arbeid som neppe kan fullføres i løpet av kort tid, kan det være nyttig å utvikle hjelpemidler for å prioritere hvilke nettstrekninger som er særlig utsatte.

Dette kan dels gjøres gjennom videreutvikling av modeller som predikerer snøskader ut fra meteorologiske forhold, og tilhørende klimascenarier. Dette kan bidra til bedre beredskap og bedre prioritering av hvilke linjestrekninger som bør gis en langsiktig prioritering når det gjelder skogbehandling.

Dels kan dette kanskje gjøres gjennom videreutvikling av fjernmåling med flybåren laserskanning og avanserte beregningsalgoritmer for å identifisere skog med høy risiko. Foreløpig må identifisering av risikotrær for snøskader baseres på observasjoner i felt, og at man særlig fokuserer på ubehandlet og overtett skog. I våre statistiske analyser var det få variabler som gav utslag, og dette tyder på at andre faktorer enn de som er lett målbare er avgjørende. Det er nærliggende å tenke seg at høy risiko er knytta til ubehandlet skog. Dette fordi trærne der ofte står i grupper hvor de får usymmetriske kroner med ensidig snølast, og at de ofte står tett og dermed får liten diameter- og rotutvikling.

REFERANSER

Hanssen-Bauer, I. et al. 2015. Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015 NCCS report no. 2.

IPCC 2013. IPCC's Fifth Assessment Report (AR5) Climate Change 2013: The Physical Science Basis <http://www.climate-change2013.org/>

Jacob, D. et al. 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change 14(2): 563-578.

Peltola, H., Nykänen, M.-L. & Kellomäki, S. 1997. Model computations on the critical combination of snow loading and wind-speed for snow damage of scots pine, Norway spruce and Birch sp. at stand edge. Forest Ecology and Management 95: 229-241.

Solberg, S., Heggem, E. S. F., Søvde, N. E. & McInnes, H. 2017. Skogbehandling langs kraftlinjer. Teorigrunnlag. NIBIO Rapport 3(65).

Wong, W.K., Haddeland, I., Lawrence, D. & Beldring, S. 2016. Gridded 1 x 1 km climate and hydrological projections for Norway. NVE Report no. 59.

FORFATTERE:

Seniorforsker Svein Solberg, NIBIO (svein.solberg@nibio.no), forsker Helga Therese Tilley Tajet Meteorologisk Institutt (helgattt@met.no) og rådgiver Hálfván Ágústsson, Kjeller Vindteknikk (halfdan.agustsson@vindteknikk.no).