



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Skogens helsetilstand i Norge

Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2021

NIBIO RAPPORT | VOL. 9 | NR. 39 | 2023



Volkmar Timmermann ¹⁾, Isabella Børja ^{1, 10)}, Nicholas Clarke ²⁾, Rune Eriksen ³⁾, Jostein Gohli ⁴⁾, Gro Hysten ³⁾, Jane Uhd Jepsen ⁷⁾, Paal Krokene ⁵⁾, Holger Lange ²⁾, Helge Meissner ²⁾, Nina E. Nagy ¹⁾, Jørn-Frode Nordbakken ⁶⁾, Sverre Solberg ⁸⁾, Halvor Solheim ¹⁾, Ole Petter L. Vindstad ⁹⁾, Bjørn Økland ⁴⁾, Wenche Aas ⁸⁾

¹⁾ Soppsjukdommer i skog-, jord- og hagebruk, ²⁾ Biogeokjemi og jordkvalitet, ³⁾ Landsskogtakseringen,

⁴⁾ Skadedyr og ugras i skog-, jord- og hagebruk, ⁵⁾ Molekylær plantebiologi, ⁶⁾ Grøntanlegg og vegetasjonsøkologi (NIBIO), ⁷⁾ Norsk institutt for naturforskning (NINA), ⁸⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU),

⁹⁾ Norges Arktiske Universitet (UiT), ¹⁰⁾ Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

TITTEL/TITLE

Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2021

The state of health of Norwegian forests. Results from the national forest damage monitoring 2021

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Volkmar Timmermann, Isabella Børja, Nicholas Clarke, Rune Eriksen, Jostein Gohli, Gro Hysten, Jane Uhd Jepsen, Paal Krokene, Holger Lange, Helge Meissner, Nina E. Nagy, Jørn-Frode Nordbakken, Sverre Solberg, Halvor Solheim, Ole Petter L. Vindstad, Bjørn Økland, Wenche Aas

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
08.03.2023	9/39/2023	Åpen	10154	17/02585
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17- 03257-1	2464-1162	76		

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

LMD

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Volkmar Timmermann

STIKKORD/KEYWORDS:

Skogens helsetilstand, langtransporterte luftforurensninger, skogovervåking, ICP Forests, bjørkemålere, stor granbarkbille, feromonfeller, asiatisk askepraktbille, askeskuddsyke, skogskader

Forest health, long-range transboundary air pollution, forest monitoring, ICP Forests, birch moths, *Ips typographus*, pheromone traps, *Agrilus planipennis*, ash dieback, forest damage

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skoghelse

Forest health

SAMMENDRAG

Skogens helsetilstand påvirkes i stor grad av klima og værforhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser. Det samme gjør invaderende skadegjørere, både allerede etablerte arter og nye som kan komme til Norge i nær framtid. I denne rapporten presenteres resultater fra skogskadeovervåkingen i Norge i 2021 og trender over tid for følgende temaer:

- (i) Landsrepresentativ skogovervåking;
- (ii) Skogøkologiske analyser og målinger av luftkjemi på de intensive overvåkingsflatene;
- (iii) Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark;

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

- (iv) Barkbilleovervåkingen 2021 og mulig overgang til to generasjoner;
- (v) Asiatisk askepraktbille – en dørstokkart?
- (vi) Overvåking av askeskuddsyke;
- (vii) Andre spesielle skogskader i 2021.

SUMMARY

Forest health is to a large extent affected by climate and weather conditions, either directly by e.g. drought, frost and wind, or indirectly when climate influences the occurrence and abundance of pests and diseases. Climate change and the expected increase in abiotic damage are challenging the future management of forest resources. The same is true for invasive damage agents, both species which are already established and species which can possibly migrate to Norway in the future. This report presents results from the Norwegian forest damage monitoring in 2021 and trends over time for the following topics:

- (i) Forest monitoring on the large-scale Level I plots;
- (ii) Ecological analyses and measurements of air quality on the intensive Level II plots;
- (iii) Monitoring of birch moths in northern Norway;
- (iv) Spruce bark beetle monitoring 2021 and possible transition to two generations;
- (v) Emerald ash borer – a door knocker species?
- (vi) Monitoring of ash dieback;
- (vii) Other special incidents of forest damage in 2021.

GODKJENT /APPROVED

Birgitte Henriksen

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Volkmar Timmermann

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Sammendrag

Skogens helsetilstand påvirkes i stor grad av klima og værforhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep.

Klimaendringene og den forventede økningen i klimarelaterte skogskader gir store utfordringer for forvaltningen av framtidens skogressurser. Det samme gjør invaderende skadegjørere, både allerede etablerte arter og nye som kan komme til Norge i nær framtid. I denne rapporten presenteres resultater fra skogskadeovervåkingen i Norge i 2021 og trender over tid.

I **den landsrepresentative skogovervåkingen** ble det registrert en økning i antall skader i 2021 for alle treslag sett under ett. Hos gran og furu skyldtes økningen først og fremst hyppige snøbrekk-skader på Østlandet, samt en økning av i angrep av granrustsopp, hos bjørk et kraftig økende antall målerskader i midt- og Nord-Norge, samt mange snøbrekkskader på Østlandet. Kronetetthet hos gran var tilnærmet uforandret, mens den økte litt hos furu sammenlignet med 2020. Det ble registrert svært lite misfarging hos begge treslagene.

I **den intensive skogovervåkingen** ble de høyeste nivåene av svovel- og nitrogenforbindelser i luft målt i Birkenes som følge av langtransportert forurensing fra kontinentet. Tålegrensa for bakkenært ozon for skog ble ikke overskredet i Norge i 2021. Nedgangen i avsetning av ikke-marint sulfat i nedbør fortsatte i 2021 og har ført til en signifikant nedgang i tilsvarende konsentrasjoner i jordvann. Vi ser likevel en tendens til noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i jordvann i de siste årene. I 2021 ble det målt en kraftig økning i nitrogenverdier i barnåler på alle 3 overvåkingsflater sammenlignet med 2019, som hadde svært lave nitrogenverdier som følge av den den langvarige tørken i 2018. Nitrogenverdiene i barnåler i 2021 lå likevel under mangelgrensa i Osen og Hurdal, men ikke i Birkenes. Vegetasjonsanalysene fra Osen viser at midlere dekning av blåbær har hatt en signifikant negativ trend siden 1999. Dekningen av karsporeplanter og urter avtok noe siden 2016, mens gras økte svakt. Dekningen av fjærrose økte fra 1999 til 2021, mens flere andre store bladmoser og forekomst av levermoser gikk tilbake. Det ble registrert en god del vind- og snøskader på flata i Osen i 2021, og flere trær hadde dødd.

Fjellbjørkeskogen både i Nord-Norge og fjellregionene i sørlige halvdel av landet opplevde betydelige utbrudd av **bjørkemålere** i perioden 2012–2018. Bestandsovervåkingen i Troms viser at bestandene her begynte å kollapse rundt 2016, og har befunnet seg i en lavfase i de siste 2–3 årene. Den viktigste observasjonen fra overvåkingsdata i 2021, er at en ny bestandstopp nå antageligvis er under oppbygging i deler av Troms og Nordland.

Alle fylker unntatt Vest-Agder har hatt en øking i nivået av **granbarkbiller** i 2021. Økingen har vært størst i Vestfold, men nivået var bare 69 % av nivået ved slutten av utbruddet på 1970-tallet. Antallet rapporterte barkbilleskader i 2021 var også høyest i Vestfold, mens de fleste andre landsdelene hadde relativt få eller ingen rapporterte skader av stor granbarkbille. Vestfold hadde størst andel av lokaliteter med temperaturbetingelser som tillater en andre billegenerasjon, og dette kan ha gitt to angrepsperioder i stedet for én. Deler av Vestfold og Telemark har dessuten mye tørkesvak mark som kan ha gitt ekstra mange svekkede grantrær etter tørkesommeren 2018 og mer oppformering av granbarkbiller her enn i andre landsdeler.

Asiatisk askepraktbille er en karanteneskadegjører med opphav i det nordøstlige Asia. I områder hvor arten har blitt introdusert kan den angripe friske individer av en rekke arter av ask og gjøre stor skade. I 2020 ble tre eksemplarer funnet i St. Petersburg, og den kan potensielt spre seg til Norge. Heldigvis har svært få områder i Norge et klima som vil tillate etablering av askepraktbillen.

I løpet av bare 10–12 år har **askeskuddsyken** spredt seg gjennom mesteparten av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, fra Østfold opp til Trøndelag, hvor den allerede i 2018 ble påvist i verdens nordligste askeskog, Hindrum naturreservat i Indre Fosen. I hele landet har svært mange trær blitt syke og dødd, og ask ble i 2021 oppført som sterkt truet (EN) på norsk rødliste for arter.

På våre **overvåkingsflater for askeskuddsyke** på Sør- og Østlandet var 79 % av asketrærne døde, ytterlige 5 % var sterkt skadde eller døende i 2021, og bare 7 % av de overvåkede trærne var fortsatt friske. På overvåkingsflatene på Vestlandet var 20 % (den nordligste flata) til 76 % (den sørligste flata) av trærne døde. Bare 15 % av trærne var fortsatt friske.

Vårt forsøk med oppfølging av **naturlig foryngelse av ask** viser høy mortalitet av småplanter i Fjugstad (29 %), mens den var lavere på Norderås (11 %). Andelen friske småplanter er redusert fra 99 % til 68 % i Fjugstad og fra 96 % til 87 % på Norderås fra 2019 til 2021.

De hyppigst rapporterte **skadeårsaker** i vår skogskadedatabase [Skogskader.no](https://skogskader.no) gjennom 2021 var snø (43 %), storm (32 %), målere (9 %), hjortedyr (4 %), tørke (3 %), granbarkbiller (3 %) og granrust-sopp (2 %).

Summary

Forest health is to a large extent affected by climate and weather conditions, either directly by e.g. drought, frost and wind, or indirectly when climate influences the occurrence and abundance of pests and diseases. Climate change and the expected increase in abiotic damage are challenging the future management of forest resources. The same is true for invasive damage agents, both species which are already established and species which can possibly migrate to Norway in the future. This report presents results from the Norwegian forest damage monitoring in 2021 and trends over time.

Crown condition and damage assessments on **the national large-scale Level I plots** showed an increase in the number of recorded damage symptoms for all monitored tree species in 2021. Snow breakage in south-eastern Norway was the main cause for the increase in spruce and pine, while birch moths were causing increasing damage in central and northern Norway. Crown defoliation in spruce remained more or less unchanged, while it decreased in pine compared to 2020. Little discolouration was observed in both species in 2021.

At our **intensive Level II sites**, the highest levels of anthropogenic sulphur- and inorganic nitrogen-containing compounds in air were measured at Birkenes due to long-range transported air pollution. UNECE's "critical value" of 5000 ppb-hours for tropospheric ozone in forests was not exceeded in Norway in 2021. The reduction in deposition of non-marine sulphate in precipitation continued in 2021 and has led to a corresponding, significant reduction of non-marine sulphate in soil solution as well. We could, however, detect a trend of slightly increasing concentrations of aluminium and decreasing pH in soil solution. Nitrogen concentrations in spruce needles increased considerably on all three plots compared to 2019, when they were extremely low due to the long-lasting drought in 2018. Nitrogen concentrations were however still in the range of deficiency at Hurdal and Osen, but not at Birkenes. Vegetation analyses at Osen showed that mean cover of bilberries has had a significant decrease since 1999. The cover of pteridophytes and herbs has decreased slightly since 2016, while cover of grasses increased. The cover of *Ptilium crista-castrensis* increased from 1999 to 2021, while other larger mosses and liverworts decreased. There was some wind and snow damage in the plot at Osen, and several trees had died.

Monitoring of birch moths has shown that extensive outbreaks of birch moths have taken place in the birch forests in northern Norway and in mountainous areas in southern Norway in the years 2012–2018. Results from the monitoring showed, however, that the birch moth populations were collapsing in Troms County in 2016, and populations have been at a low level in the last 2–3 years. The most important observation from the monitoring in 2021 is that populations are increasing towards a new peak in parts of Troms and Nordland counties.

Results from the **Norwegian spruce bark beetle monitoring** showed an increase in *Ips typographus* populations in all counties except Vest-Agder in 2021. The increase was highest in

Vestfold; however, the population level was only 69% of the level during the outbreak in the 1970s. The number of reported occurrences of bark beetle damage in 2021 was also highest in Vestfold, while the other counties reported few or none. Vestfold had the largest share of localities with temperatures high enough for a second generation of bark beetles to develop, which may have resulted in a second wave of attacks. Parts of Vestfold and Telemark are drought exposed, resulting in more weakened spruce trees after the drought in 2018 and higher reproduction of bark beetles here than in other regions.

Emerald ash borer (EAB) is a quarantine pest originating from northeastern Asia. EAB can attack and damage healthy trees of different ash species in regions where it has been introduced. In 2020 three specimens were found in St. Petersburg, from where EAB potentially could spread to Norway. Luckily only a few regions in Norway have a suitable climate for the establishment of this borer.

Ash dieback has spread through most of the distribution range of common ash in Norway in only 10–12 years, and was confirmed from the world's northernmost ash forest, Hindrum nature reserve, already in 2018. Many ash trees have been damaged and died throughout Norway, and ash is now listed as endangered (EN) in the national red list of species.

In our five **ash dieback monitoring** plots in south-eastern Norway, 79% of all ash trees were dead in 2021, another 5% were severely damaged or dying, and only 7% of the monitored trees were still healthy. In the monitoring plots in western Norway, between 20% (northernmost plot) and 76% (southernmost plot) of the ash trees were dead, and only 15% were still healthy.

Our **monitoring of natural regeneration of ash** has documented high mortality of seedlings at the Fjugstad plot (29%), while this was lower at the Norderås plot (11%). The percentage of healthy seedlings has been reduced from 99% to 68% at Fjugstad and from 96% to 87% at Norderås from 2019 to 2021.

Forest damage most often reported in our database [Skogskader.no](https://skogskader.no) in 2021 was caused by snow (43%), storm (32%), birch moths (9%), deer (4%), drought (3%), bark beetles (2%) and spruce needle rust (2%).

Forord

I denne rapporten presenteres resultater og analyser for 2021 samt utvikling og trender over tid fra skogskadeovervåkingen i Norge og andre overvåkingsprogrammer relatert til skog.

Bidragsterne kommer fra Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO, divisjonene Bioteknologi og plantehelse, Skog og utmark og Miljø og naturressurser), Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for naturforskning (NINA) i Tromsø og Universitetet i Tromsø - Norges Arktiske Universitet (UiT).

Skogskadeovervåkingen i Norge er finansiert av Landbruks- og matdepartementet. Overvåkingen av småplanter for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens overlevelse er finansiert av Landbruksdirektoratet. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere, teknikere, laboratoriepersonale og feltarbeidere ved de deltakende institusjonene, og lokale observatører som hver uke samler inn og sender prøver til oss. En spesiell takk rettes til Johannes Rahlf, avd. Landsskogtakseringen, for produksjon av kart, til Hans Nyeggen, avd. Skoggenetikk og biomangfold, for overvåking av ask på Vestlandet og til grunneierne rundt om i Norge som har stilt sine eiendommer til rådighet for vår langsiktige overvåking.

Til slutt er det bare å beklage at det har tatt så lang tid å få ferdigstilt denne rapporten, men 2022 var virkelig året hvor ingenting gikk som planlagt!

Ås, 08.03.23

Volkmar Timmermann

Forfattere av kapitlene:

1. Landsrepresentativ skogovervåking: Volkmar Timmermann, Gro Hysten og Rune Eriksen
2. Skogøkologiske analyser og målinger av luftkjemi på de intensive overvåkingsflatene:
Trærnes kronetilstand: Volkmar Timmermann
Kjemiske komponenter i luft: Wenche Aas og Sverre Solberg
Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog: Nicholas Clarke
Næringsstoffer i barnåler: Volkmar Timmermann
Vegetasjonsanalyser: Jørn-Frode Nordbakken
3. Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark: Ole Petter L. Vindstad og Jane Uhd Jepsen
4. Barkbilleovervåkingen 2021 og mulig overgang til to generasjoner: Bjørn Økland, Paal Krokene, Jostein Gohli og Holger Lange
5. Asiatisk askepraktbille – en dørstokkart? Jostein Gohli, Paal Krokene og Bjørn Økland
6. Overvåking av askeskuddsyke: Volkmar Timmermann, Halvor Solheim, Isabella Børja, Nina Elisabeth Nagy og Helge Meissner
7. Andre spesielle skogskader i 2021: Isabella Børja og Halvor Solheim

Innhold

Forord.....	7
1 Landsrepresentativ skogovervåking.....	10
1.1 Innledning.....	10
1.2 Metoder.....	10
1.2.1 Overvåkingsflater	10
1.2.2 Registreringer.....	12
1.2.3 Utvalgsriterier til dataanalysen	13
1.3 Resultater	14
1.3.1 Kronetetthet.....	14
1.3.2 Misfarging	16
1.3.3 Skader.....	17
1.4 Diskusjon	21
Litteraturreferanser.....	23
2 Intensiv skogovervåking	24
2.1 Innledning.....	24
2.2 Metoder.....	24
2.2.1 Overvåkingsflater	24
2.2.2 Måleprogram	25
2.3 Resultater	29
2.3.1 Trærnes kronetilstand.....	29
2.3.2 Kjemiske komponenter i luft.....	30
2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog.....	32
2.3.4 Næringsstoffer i barnåler	34
2.3.5 Vegetasjonsanalyser	36
2.4 Diskusjon	39
Litteraturreferanser.....	41
3 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark.....	44
3.1 Innledning.....	44
3.2 Metoder.....	44
3.3 Resultater	45
3.3.1 Bestandsovervåking	45
3.3.2 Innrapporterte skader.....	47
3.4 Diskusjon	48
Litteraturreferanser.....	49
4 Barkbilleovervåkingen 2021 og mulig overgang til to generasjoner.....	50
4.1 Innledning.....	50
4.2 Metoder.....	51
4.3 Resultater og diskusjon	51
Litteraturreferanser.....	56
5 Asiatisk askepraktbille – en dørstokkart?.....	57
Litteraturreferanser.....	58

6	Askeskuddsyke.....	59
6.1	Innledning.....	59
6.2	Metoder.....	61
6.3	Resultater og diskusjon	63
6.3.1	Spredning og utbredelse i Norge.....	63
6.3.2	Overvåking på permanente flater	64
6.3.3	Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse	66
	Litteraturreferanser.....	70
7	Andre spesielle skogskader i 2021	72
7.1	Innledning.....	72
7.2	Metoder.....	72
7.3	Resultater og diskusjon	72

1 Landsrepresentativ skogovervåking

Volkmar Timmermann, Gro Hysten og Rune Eriksen (NIBIO)

1.1 Innledning

I 1985 forpliktet Norge seg til å delta i og levere data til det Internasjonale samarbeidsprogrammet om overvåking av effekter av luftforurensninger på skog (ICP Forests). ICP Forests ble opprettet under FN-konvensjonen om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger (CLRTAP, nå Luftkonvensjonen). Programmet dokumenterer endringer i de europeiske skogenes helsetilstand og undersøker årsaksforhold. ICP Forests leverer også informasjon om flere indikatorer for bærekraftig skogbruk til FOREST EUROPE (Ferretti 2020). Denne informasjonen er meget viktig i utformingen av den globale skog- og miljøpolitikken. I programmet deltar 40 europeiske land samt Canada og USA, som alle bruker tilnærmet de samme metodene i henhold til en felles manual (UNECE 2022). I programmet inngår mange forskjellige målinger på to nivåer: Intensiv overvåking (ICP Forests Level II) på subjektivt utvalgte skogflater i Europa (se kapittel 2), og overvåking i et representativt, systematisk 16x16 km nett med én overvåkingsflate pr. 256 km² (ICP Forests Level I). Til ICP Forests databasen rapporteres det årlig data fra ca. 100 000 trær på nærmere 6 000 europeiske flater i Level I nettverket. Det utarbeides årlige rapporter om skogtilstanden i Europa (Michel m. fl. 2022). Overvåkingen på de landsrepresentative flatene i Norge er tilknyttet ICP Forests Level I nettverk. Data fra et utvalg av de nasjonale flatene rapporteres årlig til ICP Forests. Dermed bidrar Norge med informasjon om skogens generelle helsetilstand i tid og rom, og om skadegjøreres forekomst og utbredelse i Europa. I 2021 inngikk data fra 629 norske flater i den europeiske rapporten om skogens helsetilstand (Timmermann m. fl. 2022).

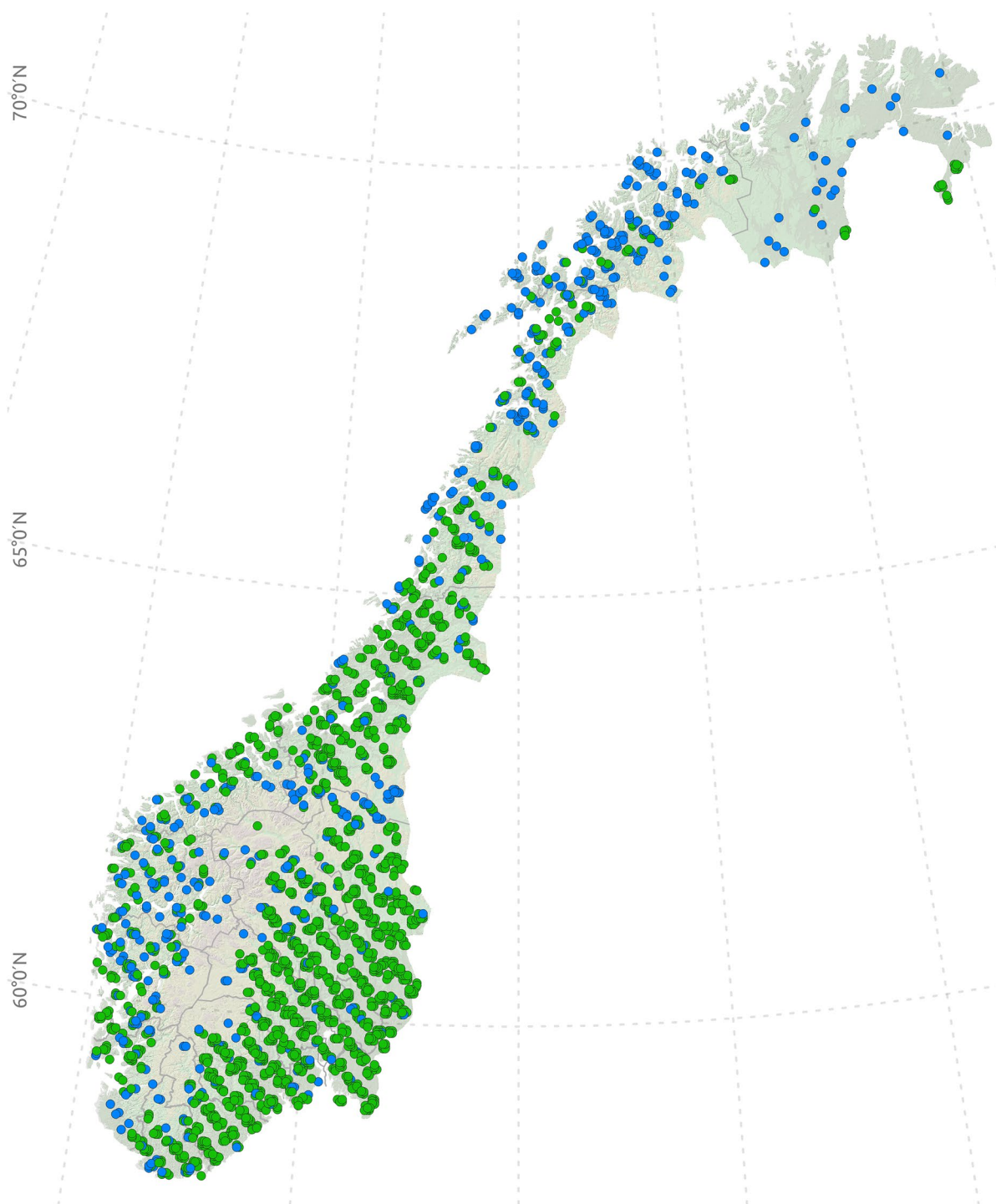
1.2 Metoder

1.2.1 Overvåkingsflater

I Norge er det Landsskogtakseringen som årlig utfører den landsrepresentative skogovervåkingen (Viken 2021). Overvåkingen utføres på permanente prøveflater med et fast areal på 250 m². På hver prøveflate gjøres vurderinger av kronetilstand og skader på et utvalg av trærne. Trærne velges ut på en måte som tilstreber at utvalget er på 10 trær pr. flate, samtidig som det er vektet med grunnflate (variabel relaskopfaktor). Prøveflatene ligger i skog i forband på 3x3 km (under barskoggrensen), 3x9 km (fjellskogen) og 9x9 km (bjørkeskogen i Finnmark). Skogovervåkingen er kontinuerlig med fem-årige omdrev. Det vil si at det på 1/5 av prøveflatene utføres registreringer hvert år, og at de samme flatene inngår i overvåkingen hvert 5. år. Flatene representerer et tilfeldig utvalg av Norges skoger. De er merket slik at nøyaktig samme areal og trær kan undersøkes hver gang. Dette gjør det mulig å fange opp endringer som har skjedd i skogforholdene over tid. Antall flater varierer noe fra år til år grunnet metodikken som Landsskogtakseringen bruker til å velge ut flater slik at skogregistreringene blir representative for landet hvert år. Der ny skog etableres kan nye flater komme til i utvalget.

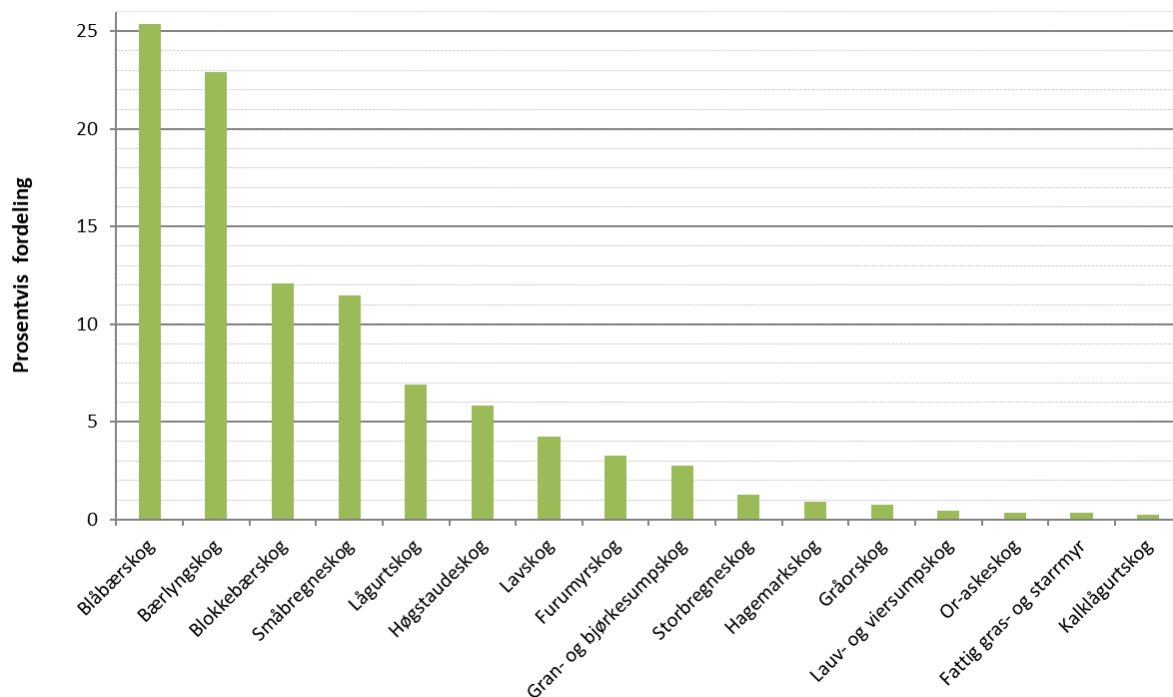
I alt 2 324 prøveflater inngikk i den landsrepresentative skogovervåkingen i 2021 (Figur 1). De aller fleste av disse flatene (2 294=99 %) er de samme som inngikk i overvåkingen i forrige takstomdrev i 2016. De resterende flatene er enten avvirket eller har fått en annen arealbruk enn skog. I 2021 lå 46 % av flatene på Østlandet, 22 % på Sør- og Vestlandet, 16 % i Trøndelag og 16 % i Nord-Norge. De fleste flatene (59 %) lå under 400 meter over havet (moh.), 33 % mellom 400 og 800 moh., mens 8 % lå over 800 moh. De vanligste skogtypene var blåbær-, bærlyng- og blokkebærskog, der til sammen 60 % av flatene var lokalisert (Figur 2). På de aller fleste flatene (96 %) var 1–3 treslag representert, mens på 4 % av flatene ble 4 eller 5 treslag bedømt. Antall undersøkte trær varierte fra 1 til 26 på flatene. På de fleste prøveflatene (94 %) var det 3 eller flere trær, og gjennomsnittlig var det 8 undersøkte trær per

flate. Registreringene på prøveflatene i 2021 startet 28. april og ble avsluttet 14. oktober. De fleste flatene (67 %) ble oppsøkt i tidsrommet juni–august, 10 % i mai og 23 % i september–oktober.



Figur 1. Beliggenheten av prøveflatene i den landsrepresentative overvåkingen i Norge i 2021. Grønne symboler: Flater med gran og/eller furu. Blå symboler: Flater med andre treslag.

Regioninndelingen i dette kapitlet er som følger: Østlandet omfatter fylkene Viken, Oslo, Innlandet, Vestfold og Telemark. Sørlandet består av Agder, Vestlandet av Rogaland, Vestland og Møre og Romsdal, Midt-Norge av Trøndelag og Nord-Norge av Nordland og Troms og Finnmark.



Figur 2. Prosentvis fordeling av prøveflater på de vanligste vegetasjonstypene i 2021.

1.2.2 Registreringer

Skogens vekst og helsetilstand bestemmes i stor grad av et samspill mellom jordsmonn, høyde over havet, breddegrad, trærnes alder, klima, skadegjørere og andre naturlige eller menneskeskapt stressfaktorer. Unaturlig sterkt nåle- eller bladtap og misfarging i trekrona blir vanligvis tolket som et symptom på stress. Trærnes kronetetthet (og -farge) brukes derfor ofte som indikator på skogens helsetilstand. Når dette kombineres med registreringer av synlige skader og deres årsaker, vil man bedre kunne forklare variasjoner i skogens helsetilstand. Dessuten vil registreringer av skader og årsaksforhold over tid kunne gi et bilde av forekomst, utbredelse og skadelige virkninger av insekter, sopp, klimatiske forhold, luftforurensning og andre faktorer som påvirker skogene i Norge.

I den landsrepresentative skogovervåkingen registreres kronetetthet, kronefarge og skader. I tillegg anslås gran- og furutrærnes alder. På hver flate bedømmes kronetetthet og -farge med kikkert på alle høyde-/prøvetrær av gran og furu. Prøvetrærne velges ut med relaskopfaktor som er tilpasset for hver prøveflate. Det blir dermed et utvalg av trær som representerer kronetilstanden på flata. Prøvetrærne for kronetetthet skal ikke ha toppbrekk der mer enn 20 % av treets volum er borte, eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krona, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status (Kraftklasse). Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring på furu skal ikke registreres som redusert kronetetthet. Kronetetthet og kronefarge ble i 2021 bedømt på 5 810 grantrær (*Picea abies*) og 4 665 furutrær (*Pinus sylvestris*) på 1 759 prøveflater i skog.

Skader (biotiske = forårsaket av levende organismer som f.eks. sopp og insekter; abiotiske = forårsaket av ikke-levende faktorer som f.eks. vind og snø) har blitt registrert på gran, furu og bjørk etter ICP Forests manualen siden 2005 (Eichhorn m. fl. 2020). Fra og med 2013 har skader blitt registrert på alle treslag som forekommer i utvalget. I teksten og figurene presenteres detaljerte oversikter for gran, furu og bjørk, mens andre løvtræsler presenteres som én gruppe (heretter kalt «andre løvtrær»). Resultater for andre bartrær enn gran og furu framstilles ikke fordi det er få trær i denne gruppa.

I 2021 ble det gjennomført skaderegistreringer på i alt 18 165 trær som var fordelt på nærmere 30 treslag. Også disse prøvetrærne velges ut med relaskopfaktor som er tilpasset for hver prøveflate. Skaderegistreringer ble utført på 5 832 gran- og 4 670 furutrær, på 134 andre bartrær (for det meste sitkagran, *Picea sitchensis*), 6 094 bjørketrær (*Betula pubescens* og *B. pendula*) og 1 435 andre løvtrær. Andre løvtrær bestod først og fremst av rogn (*Sorbus aucuparia*, 326 trær), gråor (*Alnus incana*, 324 trær), osp (*Populus tremula*, 267 trær), selje (*Salix caprea*, 185 trær) og eik (*Quercus petraea* og *Q. robur*, 120 trær). Det registreres bare ett skadetilfelle/symptom pr. tre; dersom et tre har flere skader registreres den som har størst betydning for treets tilstand. Så langt det lar seg gjøre blir årsaker til at skader har oppstått fastslått i felt. Grunnet Landsskogtakseringens femårige omdrev kan noen av de registrerte skadene være opptil 5 år gamle. For døde trær fastslås det ikke nøyaktig når de døde i løpet av femårsperioden.

I tillegg til skaderegistreringer på enkelttrær på prøveflatene, utfører Landsskogtakseringen også registreringer av skogskader på bestandsnivå. Alle registrerte skader rapporteres årlig til NIBIOs skogskadedatabase [Skogskader.no](https://skogskader.no).

Registreringsmetodikken for alle parameterne som inngår i den landsrepresentative skogovervåkingen er utførlig beskrevet i Landsskogtakseringens feltinstruks (Viken 2021), i ICP Forests' manual for bedømmelse av kronetilstand og skader (Eichhorn m. fl. 2020) og i tidligere rapporter (f.eks. Timmermann m. fl. 2012).

Hvert år i mai avholdes det kurs for Landsskogtakseringens feltarbeidere der opplæring og kalibrering i kronebedømmelse og skaderegistrering inngår. I 2021 måtte dette kurset imidlertid avlyses for andre år på rad pga. den pågående koronapandemien. Feltarbeiderne fikk i stedet opplæring enkeltvis under det løpende feltarbeidet, og det ble holdt tre dagssamlinger der hoveddelen av programmet besto av kronetetthetsvurderinger på gran og furu i felt. Landsskogtakseringen gjennomfører årlige kontrolltakster på noen utvalgte prøveflater, der kronetetthet inngår som en av variablene som sammenlignes. Kontrolltakstene er et ledd i Landsskogtakseringens kvalitetssikring av de registrerte dataene.

1.2.3 Utvalgskriterier til dataanalysen

Både flateutvalget og vektingen av enkelttrærs kronetetthet, -farge og skader som inngår i datanalysen er annerledes enn i tidligere rapporter. I foreliggende rapport er utvalget av flater som inngår i analysene og vektingen av trær gjort på en annen måte enn før for å oppnå et mest mulig representativt utvalg. En direkte sammenligning av resultatene fra den landsrepresentative overvåkingen presentert her med tidligere rapporter, vil derfor være misvisende.

Utvalg av prøveflater

Flateutvalget følger Landsskogtakseringens skogdefinisjon, der arealtype er begrenset til produktiv og uproduktiv skog (ATY 1, 12) og arealanvendelse omfatter skog/utmark, reservat og friluftsområde (ANV 1, 5, 9).

Flateutvalget som brukes til beregning av langtidsseriene av kronetetthet og -farge varierer med tidsperioden:

- 1989–2000: Årlige registreringer på de samme flatene i 9x9 km nett.
- 2001–2012: Årlige registreringer på de samme flatene i et teoretisk 16x16 km nett (= ICP Forests Level I).
- 2013–i dag: Registreringer med femårige omdrev i 3x3 km nett.

Vekting/representativitet av trær

Tidligere vekting lot unge trær, som var underrepresenterte i utvalget, telle mer enn gamle. Den nåværende vektingen tar ikke lenger hensyn til trærnes alder (dimensjon) siden utvalget av trær har endret seg, men gir hvert tre et mål for representativitet som er beregnet på grunnlag av størrelsen på

flatenettet (flatetetthet) og antall bedømte/ikke bedømte trær på flata. For eksempel representerer et tre som står på en flate i 3x3 km nettet færre trær og får derfor en lavere vekt enn et tre som står i 9x9 km nettet. Videre vil for eksempel ett av 10 bedømte trær på en flate med 30 trær totalt veie dobbelt så mye enn om det var 15 trær totalt på flata.

1.3 Resultater

1.3.1 Kronetetthet

1.3.1.1 Kronetetthet i 2021

Gjennomsnittlig kronetetthet for gran var 86,1 % og for furu 88,4 % i 2021. Dette utgjør en liten nedgang på 0,1 %-poeng for gran og en økning på 1,2 %-poeng for furu sammenlignet med kronetetthet i 2020 (Tabell 1).

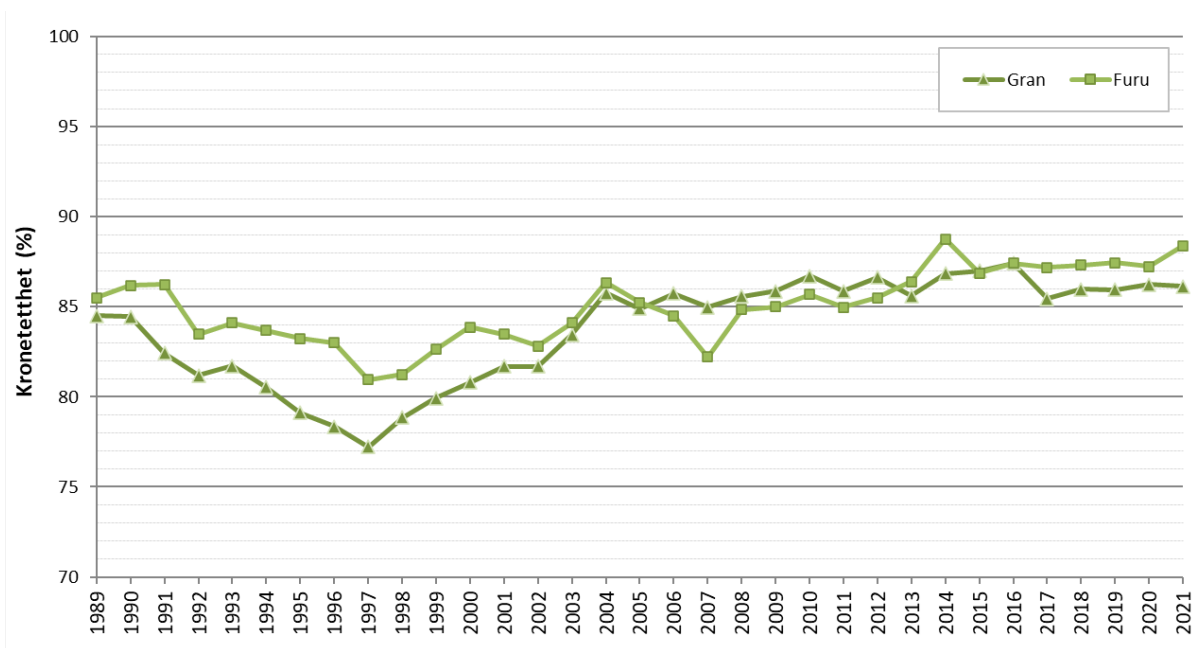
Hos gran sank prosentandelen trær med fulltett krone (kronetetthet ≥ 90 %) sett i forhold til året før til 53,4 %, mens den økte hos furu til 54,8 % (Tabell 1). Prosentandelen trær med svakt redusert kronetetthet (75–89 %) var 32,2 % for gran og 38,6 % for furu, som representerer en økning hos gran og en nedgang hos furu sammenlignet med året før. Andelen trær med moderat redusert kronetetthet (40–74 %) minket hos både gran og furu, mens andelen med sterkt redusert kronetetthet (≤ 40 %) økte noe hos begge. Det var som i tidligere år flere gran- enn furutrær med sterkt redusert kronetetthet.

Tabell 1. Kronetetthet og prosentandel trær i kronetetthetsklasser i 2021 (endringer fra året før i parentes).

	Gran	Furu
Gjennomsnittlig kronetetthet	86,1 (-0,1)	88,4 (1,2)
Klasse 0: Fulltett krone (≥ 90 % kronetetthet)	53,4 (-1,5)	54,8 (4,2)
Klasse 1: Svakt redusert krone (75–89 %)	32,2 (1,8)	38,6 (-1,5)
Klasse 2: Moderat redusert krone (40–74 %)	11,9 (-0,9)	5,8 (-3)
Klasse 3: Sterkt redusert krone (< 40 %)	2,5 (0,5)	0,8 (0,3)

1.3.1.2 Utvikling over tid

Gran hadde den høyeste kronetettheten i hele overvåkingsperioden i 2016 og furu i 2014 (Figur 3). Begge treslagene hadde lavest kronetetthet i 1997, sannsynligvis som følge av gjentatte perioder med sommertørke i Sørøst-Norge i første halvdel av 1990-tallet. Siden da har kronetettheten hos gran økt med 8,9 %-poeng og hos furu med 7,4 %-poeng. Gjennomsnittlig kronetetthet for hele overvåkingsperioden (1989–2021) er 83,8 % for gran og 85 % for furu.



Figur 3. Utvikling i gjennomsnittlig kronetthet for gran og furu i den landsrepresentative overvåkingen 1989–2021. Merk at verdiene for gjennomsnittlig kronetthet i figuren gjennomgående er noe høyere enn i tidligere rapporter, særlig for gran f.o.m. 2001. Dette skyldes at utvalget av flater som inngår i tidsserien og vektingen av trær er gjort på en annen måte enn før for å oppnå et mest mulig representativt utvalg (se kapittel 1.2.3).

1.3.1.3 Trærnes alder og dens betydning for kronetthet

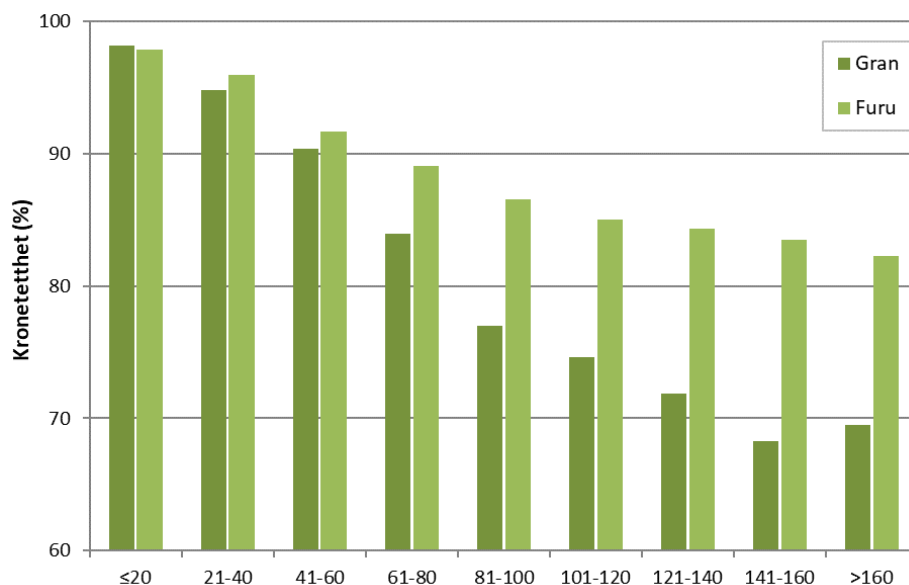
Høy alder på trærne påvirker vanligvis kronettheten negativt, særlig hos gran (Figur 4). I 2021 var mer enn halvparten (58 %) av grantrærne 60 år eller yngre, og 24 % var mellom 61 og 100 år, mens andelen gamle trær over 100 år var 18 %. Gjennomsnittsalderen for gran var 67 år. Det eldste grantreet var ca. 265 år gammelt og ble registrert i Telemark. Det hadde moderat redusert kronetthet, men verken misfarging eller skader til tross for meget høy alder.

Furu har en annen og jevnere aldersfordeling. Drøyt en tredjedel (34 %) av furutrærne i 2021 var 60 år eller yngre, 28 % var mellom 61 og 100 år, mens 38 % var over 100 år. 7 % av furutrærne var mer enn 160 år gamle, mens bare 2 % av grantrærne kom i samme aldersklasse. Gjennomsnittsalderen for furu var 90 år på landsbasis, altså 23 år høyere enn for gran. De to eldste furutrærne ble registrert i hhv. Nord-Trøndelag og Telemark og var anslagsvis 320 år gamle, uten misfarging og skader, det ene med fulltett krone og det andre med bare svakt redusert krone.

Eldre trær har som nevnt generelt lavere kronetthet enn yngre trær. Gjennomsnittlig kronetthet i 2021 for gran på 60 år og yngre var 92,4 %, mens den for gran eldre enn 60 år var 77,3 % – altså 15,1 %-poeng lavere. For furu var forskjellen i kronetthet mellom yngre (93,5 %) og eldre (85,7 %) trær ikke så markant (7,8 %-poeng), og eldre furutrær hadde gjennomsnittlig høyere kronetthet enn eldre grantrær. Sett i forhold til resultatene fra året før var det en økning i kronettheten for begge aldersgruppene hos både gran og furu.

Deler vi inn trærne i aldersklasser på 20 år, ser vi at kronettheten faller jevnt med økende alder hos både gran og furu (Figur 4). Dette kommer dels av at økt alder reduserer vitaliteten, men også av økt konkurranse med høyere tetthet (volum/ha) og økt konkurranse om næringsstoffer og lys.

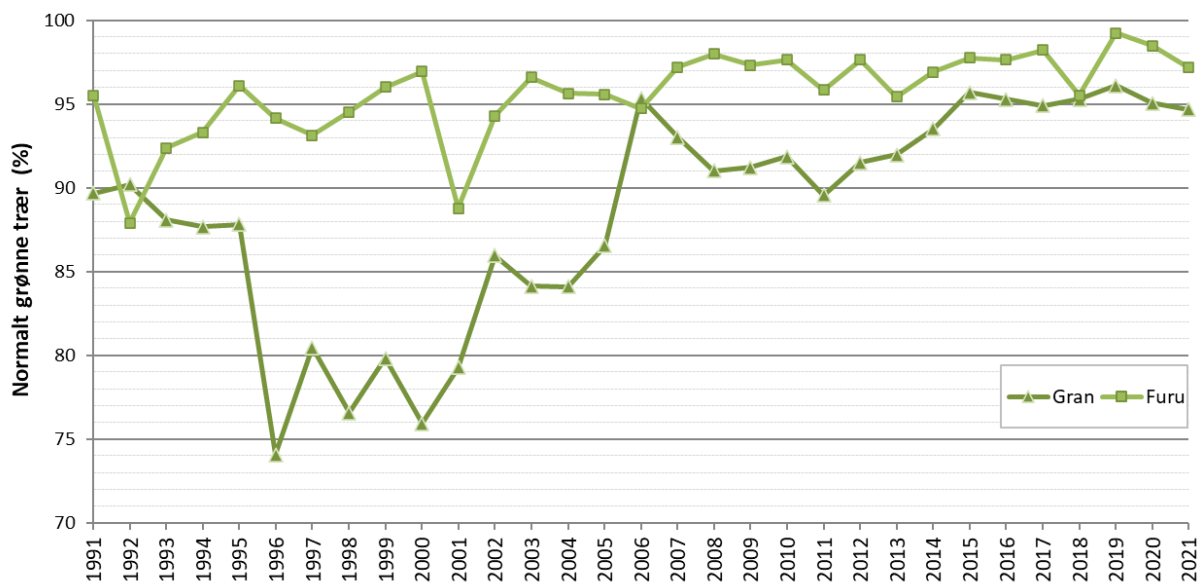
Kronettheten er likevel meget stabil hos furu med økende alder, og selv de eldste trærne (>160 år) har en gjennomsnittlig kronetthet på over 80 %. Kronettheten indikerer dermed en generell god helsestatus hos furu, også for trær eldre enn 100 år. Hos gran derimot faller kronettheten jevnt med økende alder til under 70 % hos trær eldre enn 140 år, og de eldste grantrærne (>160 år) hadde 13 %-poeng lavere kronetthet enn furutrærne i samme aldersklasse i 2021.



Figur 4. Gjennomsnittlig kronetetthet i ulike aldersklasser for gran og furu i 2021.

1.3.2 Misfarging

Det var generelt lite misfarging å observere hos både gran og furu i 2021 (Figur 5). Andelen gran- og furutrær med normalt grønn farge (0–10 % misfarging) var henholdsvis 95 og 97 %. Svært få trær hadde sterk misfarging (mer enn 60 %).

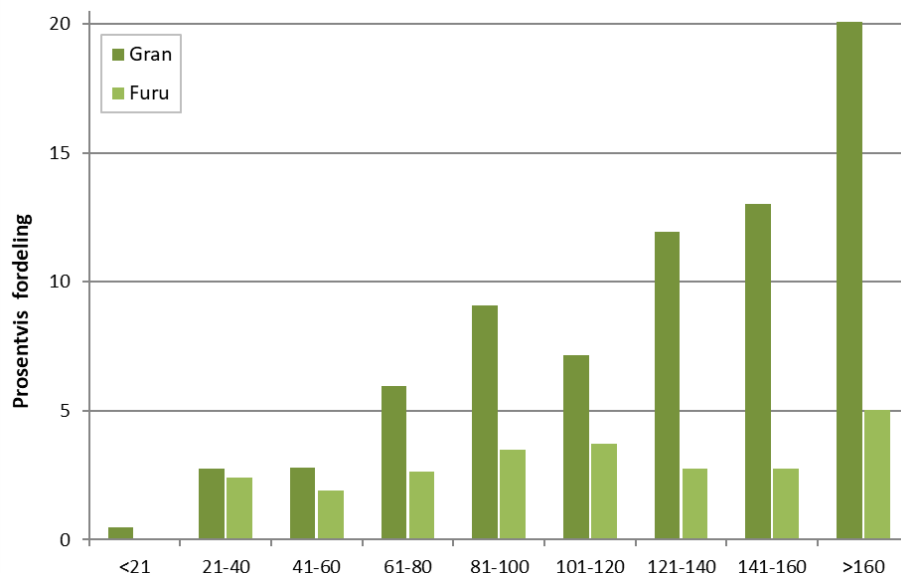


Figur 5. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging) hos gran og furu 1991–2021.

Misfarging har blitt registrert etter samme metode siden 1991. Utviklingen over tid viser at gran hadde lite misfarging i perioden 1991–1995, mens perioden 1996–2001 var preget av stor grad av misfarging (Figur 5). Siden 2006 har det vært lite misfarging hos gran med rundt 90 til over 95 % normalt grønne trær hvert år. Furu har generelt hatt lite misfarging i hele overvåkingsperioden.

Andelen trær med misfarging er vanligvis størst blant grantrær eldre enn 80 år. I 2021 var det først blant trær eldre enn 120 år at andelen trær med misfarging var over 10 % (Figur 6). Hos grantrær eldre

enn 160 år var det en større andel (20 %) som hadde noe misfarging av betydning. Hos furu var det ikke store forskjeller mellom aldersgruppene i andelen trær med misfarging, og selv hos de eldste furutrærne (>160 år) var det bare 5 % som hadde noe misfarging av betydning.



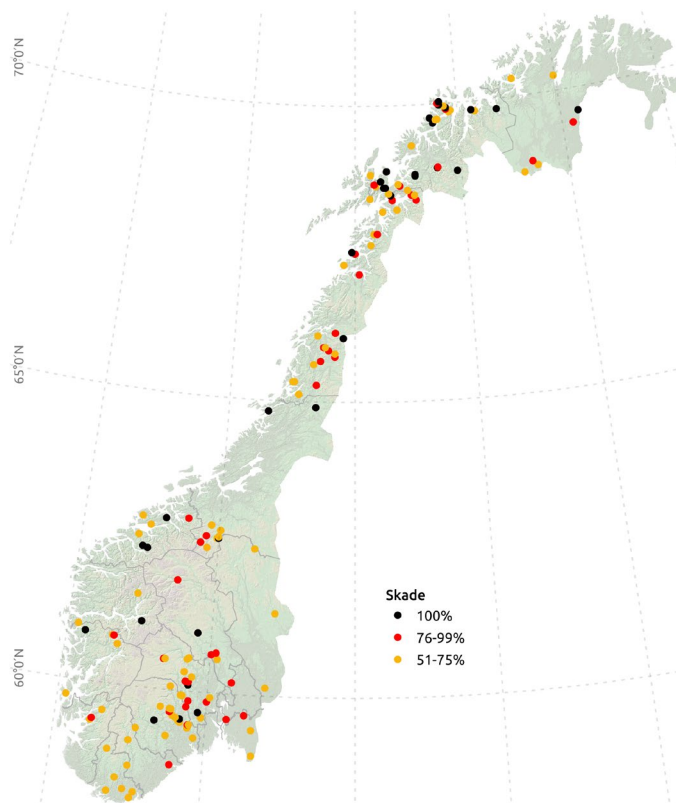
Figur 6. Prosentandel trær med misfarging (>10 % misfarging) fordelt på ulike aldersklasser hos gran og furu i 2021.

1.3.3 Skader

1.3.3.1 Skaderegistreringer 2021

Skaderegistreringer ble utført på 2 324 prøveflater (se Figur 1). På 41 % av de undersøkte flatene ble det registrert ett eller flere skadde trær. Av flater med minimum 3 trær, var det 6,6 % av flatene der mer enn halvparten av trærne var skadet (Figur 7).

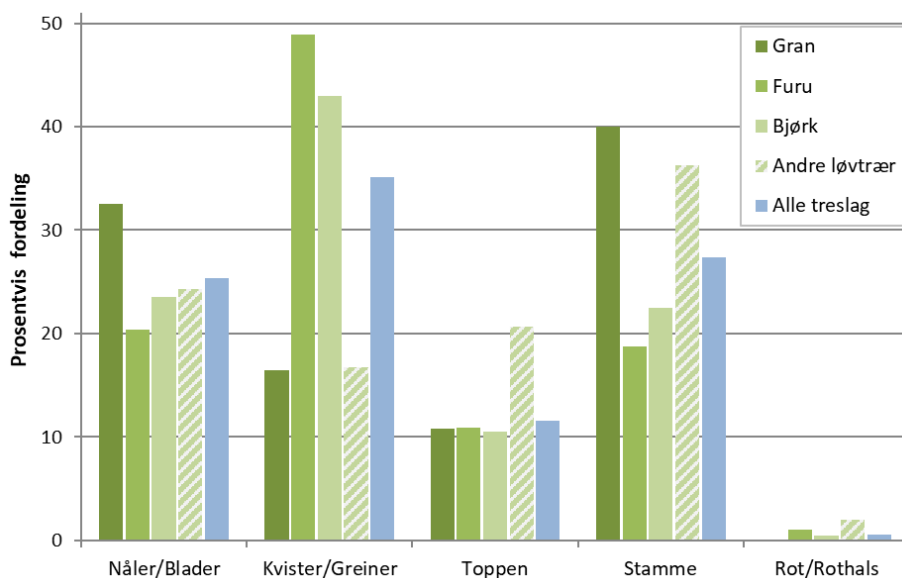
Av alle trær som inngikk i analysen (alle treslag), hadde 12,8 % en eller annen form for skade (se også Figur 11). Gran hadde en skadeandel på 9 %, furu 6,4 %, bjørk 18,9 % og andre løvtrær 13 %. For de vanligst forekommende løvtreslagene utenom bjørk, ble det beregnet følgende andeler med skader: selje 26,6 %, gråor 10,9 %, rogn 9,6 %, osp 9,6 % og eik 5,1 %. For ask og alm ble det beregnet skadeandeler på hhv. 35,2 og 49,3 %, men disse treslagene er representert med få trær i utvalget.



Figur 7. Flater som hadde størst andel skadde trær i 2021 (flater med minimum 3 trær).

1.3.3.2 Skadet del av treet

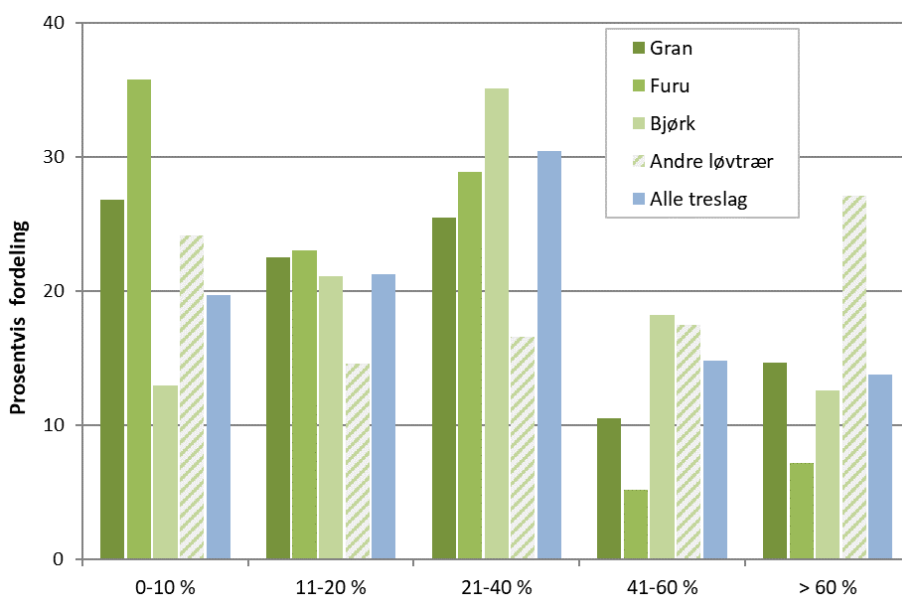
Hos gran var det først og fremst stammen (40 % av skadene) som var skadet (Figur 8), fulgt av skader på nåler (33 %) og på kvister og greiner (16 %). Hos furu var det mest skader på kvister og greiner (49 %), etterfulgt av skader på nåler (20 %) og stamme (19 %). Hos bjørk forekom 43 % av skadene på kvister og greiner, 24 % på bladene og 22 % på stammen. Andre løvtrær hadde mest skader på stammen (36 %), så på blader (24 %) og i toppen (21 %). Det ble generelt registrert få skader på rot eller rothals.



Figur 8. Prosentvis fordeling av skader på de ulike delene av trærne i 2021.

1.3.3.3 Skadeomfang

I gjennomsnitt for alle treslag hadde 41 % av skadene bare et lite omfang i krona (≤ 20 % av krona skadet), 45 % hadde et moderat omfang (21-60 % av krona skadet), mens det var relativt få skader (14 %) med et stort omfang (>60 % av krona skadet). Hos gran hadde 15 % av skadene et stort omfang, hos furu 7 %, mens det var 13 % hos bjørk og 27 % hos andre løvtrær (Figur 9).



Figur 9. Prosentvis fordeling av skadeomfanget pr. treslag i 2021.

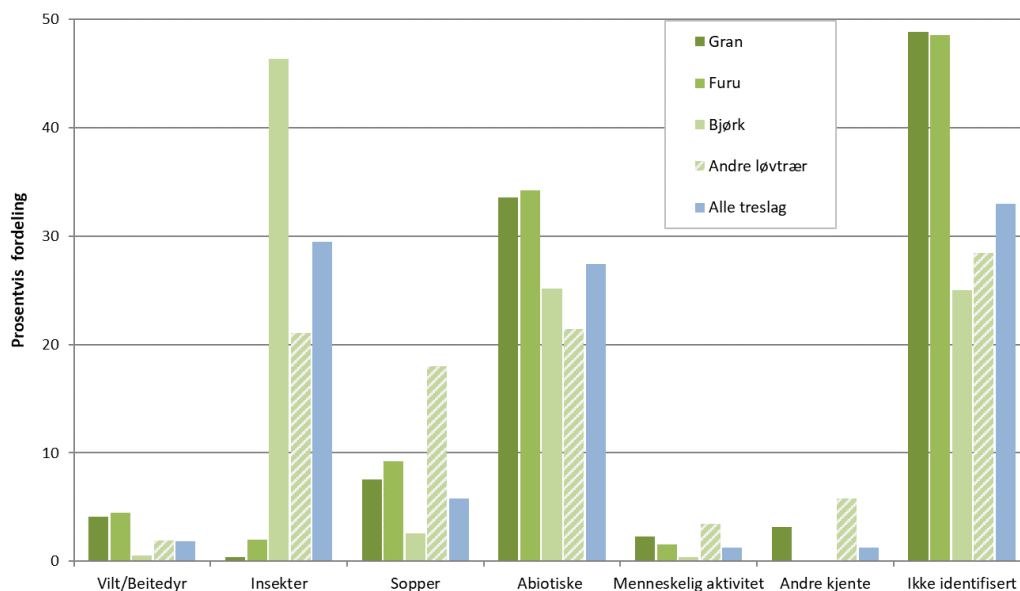
1.3.3.4 Skadeårsaker

Gran: Av skadene på gran var 34 % forårsaket av abiotiske faktorer med snø (snøbrekk), vind og tørke som de viktigste årsakene (Figur 10). Sopper (granrustsopp) forårsaket 8 % av skadene, vilt og beitedyr 4 %, direkte menneskelig aktivitet 2 % (f.eks. hogst- og kjøreskader) og insekter (granbarkbillen) under 1 %. Abiotiske skader dominerte særlig på Sør- og Østlandet. På Vestlandet var en stor andel skader forårsaket av hjortedyr. En vesentlig andel av skadene på gran lot seg ikke identifisere i felt, særlig i Midt- og Nord-Norge.

Furu: Snø, tørke og vind var dominerende som skadeårsaker blant de abiotiske faktorene, som i alt sto for 34 % av skadene på furu. Sopp (tyritopp) forårsaket 9 % av skadene, vilt og beitedyr 4 %, menneskelig aktivitet og insekter (furubarveps) begge 2%. Abiotiske skader og soppangrep dominerte på Sør- og Østlandet, mens menneskeskapt skader var vanligst i Midt-Norge. På Vestlandet og i Midt- og Nord-Norge var andelen uidentifiserte skader svært høy.

Bjørk: Angrep av bjørkemålere økte kraftig og utgjorde 46 % av skadene på landsbasis. Bjørkemålerangrep preget særlig skadebildet i bjørkeskogen i Midt- og Nord-Norge (se kapittel 3), samt i fjellbjørkeskogen på Østlandet. Skader med abiotiske årsaker utgjorde 25 %, og de aller fleste av disse skyldtes snø (snøbrekk). Abiotiske skader var den dominerende skadeårsaken på bjørk på Sør-, Øst- og Vestlandet. Sopp var ansvarlige for 3 % av skadene, og det forekom få angrep av bjørkerustsopp i 2021.

Andre løvtrær: Andre løvtrær hadde 21 % skader med abiotiske årsaker med snø og vind som de viktigste enkeltfaktorene. Insekter og sopp sto for hhv. 21 % og 18 % av skadene, menneskelig aktivitet for 3 % og vilt og beitedyr for 2 %. Mens sopp- og abiotiske skader dominerte på Sør- og Østlandet, var insektskader et problem for løvtrærne på Vestlandet og i Midt-Norge. Selje var først og fremst skadet av insekter. Hos gråor dominerte skader av insekter, snø og vind, hos rogn skader av snø, mens det ikke var noen dominerende skadeårsak hos osp. Det var lite skader på eik i 2021. Askeskuddsyken var den vanligste skadeårsaken på ask.



Figur 10. Prosentvis fordeling av grupperte skadeårsaker i 2021.

For **alle treslag** sett under ett var flest skader forårsaket av insekter (29 %) (Figur 10), fulgt av abiotiske faktorer (27 %), sopp (6 %), vilt og beitedyr (2 %) og direkte menneskelig aktivitet (1 %). For 33 % av skadene kunne årsakene ikke identifiseres i felt. For alle treslag med unntak av furu gikk andelen uidentifiserte skadeårsaker kraftig ned sammenlignet med året før, men var fortsatt nær 50 % for gran og furu. Minst var andelen uidentifiserte skadeårsaker hos bjørk (25 %). En stor del av de

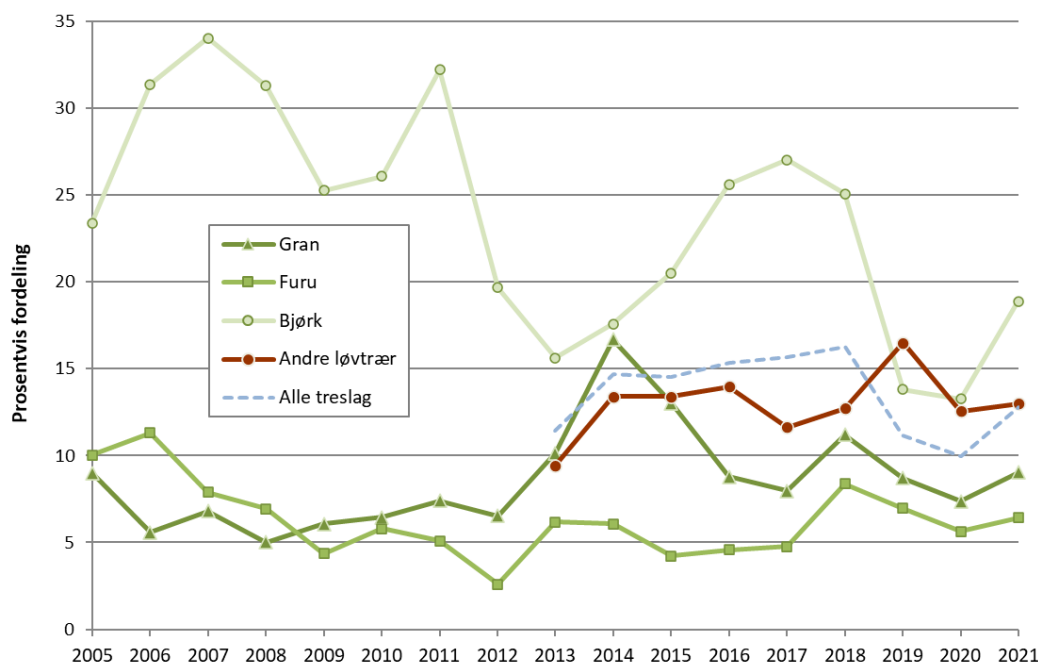
uidentifiserte skadene skyldes observasjoner av nokså uspesifikke symptomer, som f.eks. døde eller knekte greiner, kvister og toppskudd, som i mange tilfeller er vanskelig å tilordne en bestemt årsak.

1.3.3.5 Skadeutvikling over tid

Sammenlignet med 2020, økte andelen skader i 2021 for alle treslag (Figur 11). Hos gran og furu skyldtes økningen først og fremst hyppige snøbrekkskader på Østlandet, samt en økning i angrep av granrustsopp på gran. Hos bjørk var det en kraftig økning av målerskader i midt- og Nord-Norge, samt mange snøbrekkskader på Østlandet.

Bjørk har i de fleste årene siden 2005 hatt et betydelig høyere skadenivå enn gran og furu (Figur 11) med topper i 2007, 2011 og 2017. I 2020 var nivået på det laveste siden skaderegistreringene startet i 2005. Utfra økningen i skader forårsaket av både insekter, sopp og abiotiske faktorer i 2021 kan det se ut til at det går mot en ny skadetopp for bjørk de nærmeste årene, særlig i Nord-Norge.

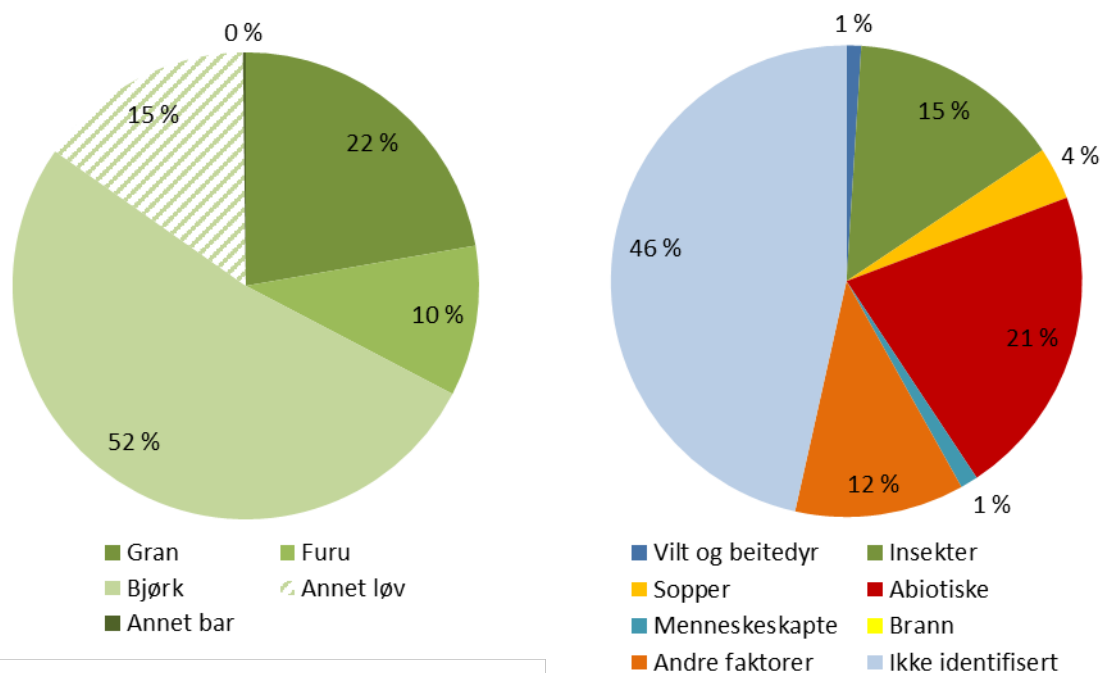
Skadenivået hos andre løvtrær økte noe i 2021, men var vesentlig lavere enn i toppåret 2019 (Figur 11). Også for disse artene var det en økning i skader forårsaket av insekter, sopp og abiotiske faktorer.



Figur 11. Utvikling i samlet skadefrekvens hos gran, furu og bjørk 2005–2021 og hos andre løvtrær 2013–2021.

1.3.3.6 Døde trær

Mer enn halvparten av trærne som hadde død på Landsskogtakseringens prøveflater siden forrige registrering på de samme flatene i 2016 var bjørketrær (52 %), 22 % var grantrær, 10 % furutrær og 15 % andre løvtrær (for det meste gråor, rogn og osp) (Figur 12, venstre). For nesten halvparten (46 %) av de døde trærne kunne dødsårsaken ikke fastslås med sikkerhet (Figur 12, høyre). Den viktigste kjente årsaken som førte til trærns død var abiotiske faktorer (21 %), først og fremst snø, tørke og vind. Deretter var det insekter (15 %) som forårsaket trærns død. Årsaksgruppen «andre faktorer» besto nesten utelukkende av undertrykte trær som døde, og utgjorde 12 %, mens sopper sto for 4 %, vilt og beitedyr for 1 % og menneskeskapt faktorer for 1 %. Tørke var den viktigste av de identifiserte enkeltårsakene til at grantrær døde, etterfulgt av vind og granbarkbiller. Hos furu var det snøskader som førte til flest døde trær. Hos bjørk var det hovedsakelig målere og snøbrekk som tok livet av trærne. Dødsårsaken hos gruppen andre løvtrær lot seg som oftest ikke identifisere i felt. Men av de identifiserte årsakene var det først og fremst askeskuddsyke og snø som tok livet av andre løvtrær.



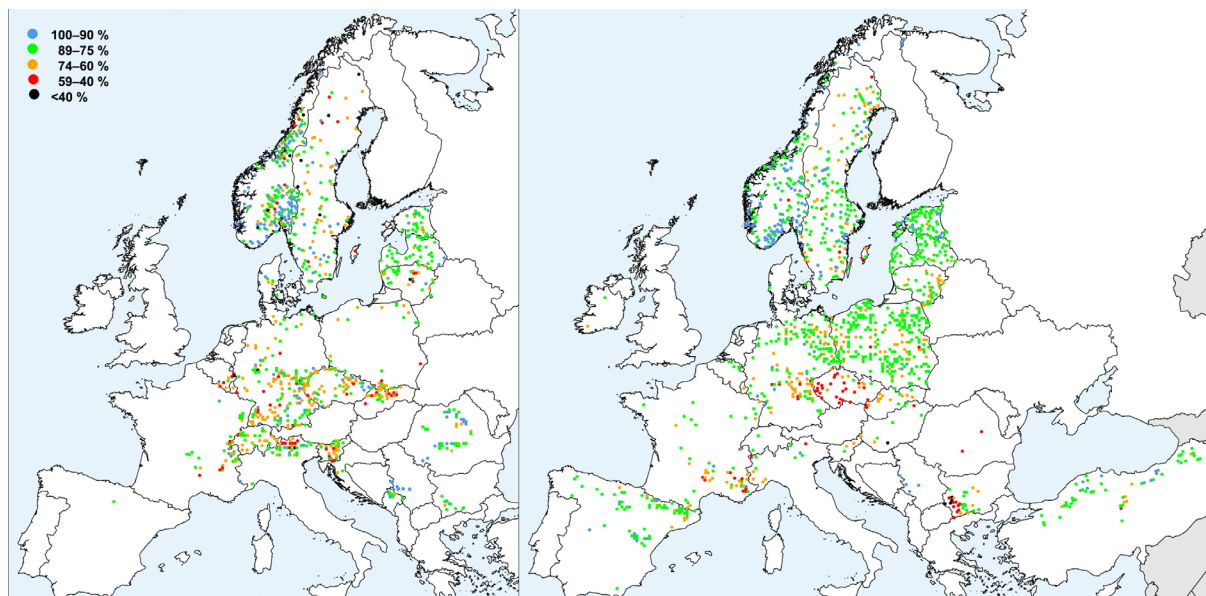
Figur 12. Trær på Landsskogtakseringens prøveflater som har dødd siden forrige registreringen på de samme flatene i 2016. Prosentvis fordelt på treslag (venstre) og grupperte dødsårsaker (høyre).

1.4 Diskusjon

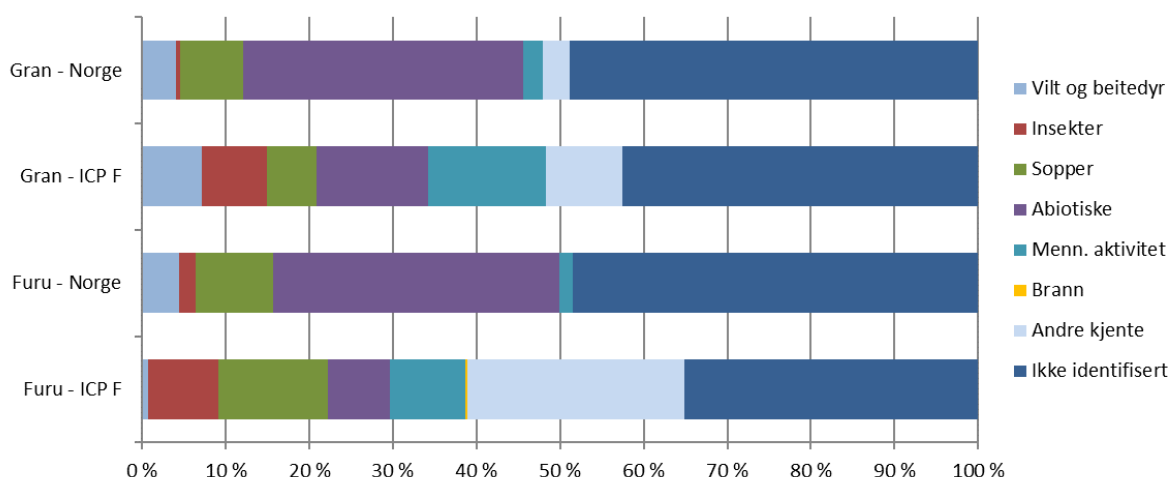
Utvalget av flater og trær som inngår i overvåkingen varierer fra år til år som følge av Landsskogtakseringens metodikk der hver flate oppsøkes hvert femte år. Dermed kan både antall og alder av overvåkingstrærne variere fra år til år, og det kan i tillegg være variasjoner i antall trær pr. landsdel. Over tid vil likevel trender i utviklingen av kronetetthet bli tydelige i og med at de samme flatene og de samme trærne inngår i overvåkingen hvert 5. år (med unntak av flater og trær som har blitt avvirket, stormfelt o.l.). Metodikken gjør også at noen av de registrerte skadene kan være opptil 5 år gamle. Det er likevel for de fleste skadene mulig å skille mellom årets og eldre skader ved å kombinere årsak med symptomer og skadet del (jf. kapittel 3). Hos løvtrærne vil skader på blader opplagt stamme fra inneværende sesong, det samme gjelder skader som er registrert på årets nåleårgang hos bartrærne.

Gran og furu finnes i de fleste europeiske land og utgjorde hhv. 11,5 og 17 % av de mer enn 100.000 trærne på ICP Forests' Level I flater i 2021 (Timmermann m. fl. 2022, Figur 13). Grunnet den store geografiske utbredelsen og til dels vide økologiske nisjer, vil disse artene stå overfor svært forskjellige utfordringer mht. klima og skadelige sopp- og insektarter.

Både gran og furu i Norge har høyere gjennomsnittlig kronetetthet sammenlignet med trær på ICP Forests Level I flater i andre land i Europa (hhv. 10,1 og 12,2 %-poeng høyere). Noen regioner i Mellom-Europa har vært rammet av tørke over flere år som har gitt utslag i lav kronetetthet hos gran og furu og generelt svekket helsetilstand hos trærne. Dette gjelder særlig i Tsjekia, Slovakia og deler av Tyskland (Figur 13, venstre). Granskogen i de samme regionene har dessuten vært utsatt for omfattende barkbilleangrep de siste årene, drevet fram av rik tilgang på egnet substrat av tørkesvekkete trær, samt vindfall fra tidligere års stormer. I kombinasjon har disse faktorene ført til en massiv avdøying av gran i Mellom-Europa. I regionen Harz i Tyskland regner man for eksempel med at 70–80 % av granskogen, tilsvarende et område på rundt 20 000 ha, har blitt drept. Gjenreising av ny skog med andre treslag enn gran vil ta lang tid.



Figur 13. Forekomsten av gran (*Picea abies*, venstre) og furu (*Pinus sylvestris*, høyre) på ICP Forests Level I flater i 2021 (kart etter Timmermann m. fl. 2022). Fargene på symbolene indikerer gjennomsnittlig kronetetthet på hver flate (forklaring øverst til venstre).



Figur 14. Prosentvis fordeling av skadeårsaker på gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*) i den landsrepresentative skogovervåkingen i Norge og på ICP Forests Level I flater i 2021 (data for ICP Forests fra Timmermann m. fl. 2022).

Fordelingen av skadeårsaker tyder på at det er forskjeller mellom Norge og andre europeiske land i hvilke skadegjørere som har størst betydning for helsetilstanden hos gran og furu (Figur 14).

Mens 34 % av både gran- og furutrærne i Norge var skadet av abiotiske faktorer som snø, vind og tørke i 2021, hadde bare 13 % av grantrærne og 7 % av furutrærne på ICP Forests Level I flater i andre europeiske land skader med abiotiske årsaker (Timmermann m. fl. 2022, Figur 14). Insektangrep på gran og furu var mye vanligere på ICP Forests flatene i andre land i Europa enn i Norge, mens forekomsten av soppangrep på gran var større i Norge. Andre faktorer som konkurranse mellom trærne (om lys, næring og kronerom) i tette bestand, samt direkte menneskelig aktivitet, hadde langt større betydning for helsetilstanden til gran og furu i det europeiske Level I nettet enn tilfellet var i Norge. Andelen uidentifiserte skadeårsaker på ICP Forests Level I flater var også høyere for gran enn for andre treslag, men var likevel lavere ellers i Europa enn i Norge (Timmermann m. fl. 2022).

Det er nok flere årsaker til at andelen uidentifiserte skader, og da særlig for gran, generelt er såpass høy: i) Ofte blir nokså uspesifikke symptomer observert og registrert i felt, noe som er vanskelig å tilordne en bestemt årsak uten videre analyser. ii) For å kunne identifisere spesifikke skader kan det være behov for eksperter eller trente patologer/entomologer. iii) Kunnskapsnivået blant feltarbeiderne varierer innen land og mellom land. Generelt vil opplæring gjennom kurs i skadebestemmelse, ledet av eksperter, kunne forbedre kunnskapen om skadegjørere hos feltarbeiderne. Uten informasjon om hvilke faktorer som påvirker trærnes helse vil det være vanskeligere å tolke resultatene fra kronebedømmelsen.

Litteraturreferanser

- Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.-W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 49 p. + annex. ISBN: 978-3-86576-162-0. Last update 12/2021. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Ferretti, M. 2020. Criterion 2: Maintenance of Forest Ecosystem Health and Vitality. In FOREST EUROPE 2020: State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- Michel, A., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2022. Forest condition in Europe: The 2022 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- Timmermann, V., Andreassen, K. & Hysten, G. 2012. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2011. Rapport fra Skog og landskap 11/12: VIII, 26 s.
- Timmermann, V., Potočić, N., Ognjenović, M. & Kirchner, T. 2022. Tree crown condition in 2021. In: Michel, A., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2022. Forest condition in Europe: The 2022 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2022. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2020-2022. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Viken, K.O. 2021 Landsskogtakseringens feltinstruks – 2021. NIBIO BOK 7(5) 2021. ISBN: 978-82-17-02934-2.

2 Intensiv skogovervåking

Volkmar Timmermann, Nicholas Clarke, Jørn-Frode Nordbakken (NIBIO), Wenche Aas og Sverre Solberg (NILU)

2.1 Innledning

På de intensive skogovervåkingsflatene (ICP Forests Level II) går man mer i dybden med analyser av skogøkologiske forhold, økosystemprosesser og målinger av luftkjemi, som sammen med registrering av kronetilstand bidrar til en bedre forståelse av de enkelte stressfaktorers betydning for skoghelsen. De norske flatene er en del av ICP Forests' Level II nettverk med totalt ca. 500 flater i mange land i Europa. Det europeiske overvåkingsprogrammet framskaffer viktige data for karbonbudsjetter, om biomangfold, grunnvannskvalitet, næringscykluser og klimaendringens innvirkning på skogen. Våre norske data rapporteres årlig til ICP Forests og inngår dermed i den europeiske skogovervåkingen og rapporteringen (Michel m. fl. 2022), men data fra ICP Forests' langtidsserier brukes først og fremst i mange internasjonale studier¹ og vitenskapelige publikasjoner².

2.2 Metoder

2.2.1 Overvåkingsflater

I Norge er tre intensive skogovervåkingsflater i drift (Figur 15). Tabell 2 gir en oversikt over viktige karaktertrekk ved flatene. Flatene i Birkenes og Hurdal har et areal på omkring ett dekar, mens flata i Osen er på rundt tre dekar. Alle flatene er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på flatene er dominert av gran. Innblanding av furu forekommer, og er størst i Osen. Her registreres kronetilstand både hos gran og furu. Overvåkingen startet i Birkenes i 1986, i Osen i 1987 og i Hurdal i 1996.

Tabell 2. Oversikt over de intensive overvåkingsflatene. Hoh = Høyde over havet. Alder = Bestandsalder.

Flatenavn	Treslag	Areal (daa)	Bonitet (H40)	Alder 2021	Hoh (m)	Tre-antall	Etablering	Vegetasjonstype	Startår
Birkenes (BI)	Gran	1,12	12,9	136	190	149	Naturlig	Blåbærskog	1986
Hurdal (HU)	Gran	1,03	17,0	94	275	74	Naturlig	Blåbærskog	1996
Osen (OS)	Gran+furu	3,15	12,4	168	510	391	Naturlig	Blåbærskog	1987

Birkenes

Overvåkingsflata i Birkenes ligger i blåbærdominert granskog i boreonemoral vegetasjonssone ca. 190 moh. (sørboreal overtar fra drøyt 300 moh. i området) og klart oseanisk vegetasjonsseksjon (Moen 1998). Berggrunnen i området består av granitt, som er dekket av morenejord av vekslende tykkelse. Noen mindre torvmarksområder forekommer rundt bekkene utenfor overvåkingsområdet.

¹ <http://icp-forests.net/page/project-list>

² <http://icp-forests.net/page/scientific-publications>

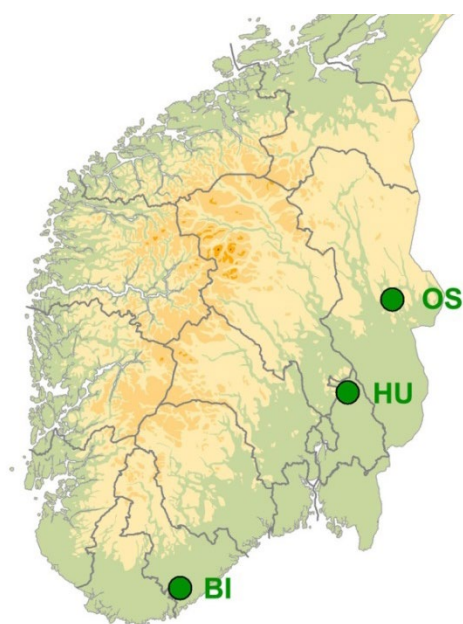
Høydeforskjellene i terrenget i inntil fem hundre meters avstand fra feltet er på 50–90 m, mens høydeforskjellene innen feltet er ca. 2 m. Vekst- og fuktighetsforhold varierer noe innen feltet.

Hurdal

Overvåkingsfeltet i Hurdal ligger i blåbærdominert granskog ca. 275 moh., og inngår bioklimatisk i overgangsseksjon (OC) og sørboreal sone (SB) (Moen 1998). Berggrunnen, som består av dypbergarten kvartssyenitt, er dekket av morenejord. Noen mindre torvmarksområder forekommer utenfor overvåkingsområdet. Området har over lengre tid vært påvirket av beite fra et mindre antall storfe og sau. Beitetrykket har trolig vært nokså konstant i overvåkingsperioden. Deler av området har fått noe økt lystilgang på bakkenivå det siste tiåret forårsaket av en hogst vest for overvåkingsfeltet.

Osen

Overvåkingsfeltet i Osen er eksponert mot nord-vest, og ligger ca. 510 moh., ved foten av stigningen opp mot Talsnesberget (659 moh.) og Sissilknollen (727 moh.). Feltet ligger ca. 30 høydemeter over et flatere myrrikt område med slak helning mot nord og vestover mot Osensjøen (438 moh.). Overvåkingsfeltet ligger i blåbærdominert granskog, og inngår bioklimatisk i overgangsseksjon (OC) og mellomboreal sone (SB) (Moen 1998). Berggrunnen består av sedimentære bergarter fra kambrium-ordovicium, dekket av morenejord. Etter etableringen i 1987 har det blitt utført hogst i området omkring, først i sør (ca. 2005), siden i vest og nord (ca. 2007), men en buffer med trær omkring overvåkingsfeltet antas å ha hindret økt lystilgang på bakkenivå.



Figur 15. Lokalisering av de intensive overvåkingsflatene.

2.2.2 Måleprogram

Med unntak for luftmålinger har alle flatene et nesten identisk måleprogram. Metodene er iht. ICP Forests' manual (UNECE 2022), som også anvendes i de andre europeiske land. I måleprogrammet inngår vurdering av trærnes kronetilstand, tilvekstmålinger, analyser av kjemisk innhold i jord, luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt analyser av skogsvegetasjonen (Tabell 3). Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom, mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom.

Tabell 3. Måleprogram og frekvens på de intensive overvåkingsflatene.

Målinger	Flater	Frekvens
Kronetilstand	Alle flater	Årlig
Tilvekst	Alle flater	Hvert femte år
Jordkjemi	Alle flater	Hvert tiende til tjuende år
Barnålkjemi	Alle flater	Annethvert år
Nedbør (Fritt fall)	Alle flater	Kontinuerlig (NILU i BI og HU, NIBIO i OS)
Nedbør (Kronedrypp)	Alle flater	Kontinuerlig
Jordvann	Alle flater	Kontinuerlig i vekstsesongen
Vegetasjon	Alle flater	Hvert femte år
Strøfall	-	Avsluttet i 2011
Meteorologi	BI, HU	Kontinuerlig (NILU)
Luftkjemi	BI, HU	Kontinuerlig (NILU)
Fenologi	-	Utføres ikke i Norge
Ozonskader	-	Utføres ikke i Norge

Trærnes kronetilstand

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av trærnes kronetilstand basert på registreringer av blant annet kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde etter ICP Forests' standardmetoder (Eichhorn m. fl. 2020), med særlig vekt på registrering av biotiske og abiotiske skader og deres årsaker. Kronebedømmelse utføres med kikkert på alle gran- og furutrær som ikke er undertrykt, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status (Kraftklasse). Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet. Feltarbeidet i 2021 ble utført 25.8. i Birkenes, 1.–2.9. i Osen og 13.9. i Hurdal.

Kjemiske komponenter i luft

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU, Aas m. fl. 2022). I 2021 ble svovel- (S) og nitrogen- (N) forbindelser i luft målt på fire stasjoner i Fastlands-Norge (Birkenes, Hurdal, Kårvatn og Tustervatn), hvorav to er tilknyttet intensive skogovervåkingsflater (BI, HU). Innholdet av magnesium (Mg), kalsium (Ca), kalium (K), klorid (Cl⁻) og natrium (Na⁺) i luft ble også bestemt. Prøver ble tatt døgnavis.

Konsentrasjonen av bakkenært ozon ble målt med UV-monitor på syv stasjoner på fastlandet i 2021: Birkenes (Aust-Agder), Haukenes (Telemark), Prestebakke (Østfold), Hurdal (Akershus), Sandve (Rogaland), Kårvatn (Møre og Romsdal) og Tustervatn (Nordland).

Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Innsamling og analyse av frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann skjedde på samme måte i 2021 som i tidligere år. Dette gjør det mulig å se på langtidstrender over de siste 31 årene og å sammenligne mellom årene. Frittfallende nedbør og kronedrypp er samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren, mens jordvannet er samlet inn hver uke i den frost- og telefrie delen av året. Frittfallende nedbør er innsamlet i tre innsamlere på ei åpen flate nær skogen omtrent 1,5 m over bakken, mens kronedrypp er samlet inne i skogen i ti innsamlere omtrent 50 cm over bakken.

Lysimeter for jordvannprøvetaking er sonder, unntatt platelysimeter ved 15 cm jorddybde på Birkenes. De er plassert slik at de suger jordvann kontinuerlig fra omkring den nedre grensen av humussjiktet (omtrent ved 5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (omtrent ved 15 og 40 cm jorddybde). Det er normalt tre lysimeter på hver dybde, altså ni totalt. Prøvene blir slått sammen til en

prøve per sjikt for hver 4-ukers periode og kjemiske analyser blir utført på NIBIOs kjemiske laboratorium etter metodene beskrevet av Ogner m. fl. (1999). Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen elementer og forbindelser i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av H⁺-aktivitet. For frittfallende nedbør og kronedrypp, er avsetning, dvs. årlig mengde per hektar, beregnet som konsentrasjon ganget med vannmengde i mm. Ledningsevne er ikke volumveid. Der konsentrasjonen var under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO₄-S) er beregnet ut fra klorid (Cl⁻)-konsentrasjoner med formelen: nmSO₄-S = SO₄-S - (0,054 * Cl⁻), der vi antar at klorid har sin opprinnelse kun fra sjøsalt og er upåvirket av økosystemprosesser i skogen, noe som omtrent stemmer for flater med høy kloridavsetning (Svensson m.fl. 2012).

Næringsstoffer i barnåler

Kjemisk analyse av næringsstoffer i barnåler blir gjennomført annethvert år. Metodikken for både prøvetaking og analyse er nærmere omtalt i ICP Forests' manual (Rautio m. fl. 2020). I randsona rundt hver flate befinner det seg fem prøvetrær som med ett unntak har vært de samme siden 1995. I 2021 måtte imidlertid to skrantende/døende prøvetrær i Hurdal og ett i Osen byttes. Fra hvert prøvetre blir det klippet en grein fra den øvre del av krona, omtrent mellom den 7. og den 15. grein-krans fra toppen. Fra hver grein tas det prøver av både årets og fjorårets nåler, i alt ti prøver pr. flate. Nåleprøvetaking i felt i 2021 ble utført 10.10. (Birkenes), 13.11. (Hurdal) og 14.11. (Osen). NIBIOs kjemiske laboratorium utførte tørking ved 60°C, oppmaling og kjemiske analyser. Både makro- og mikronæringsstoffer samt andre elementer måles med standard analysemetoder (KAN20000 for CHN, TOR00000 for tørrstoff og ICP21100 for andre elementer; Ogner m. fl. 1999) i både årets og fjorårets nåler. I resultatdelen presenteres tall for makronæringsstoffer i årets nåler. Normalområdet for makronæringsstoffer i nåler av eldre gran er fra Göttelein m. fl. (2011). Normalområdet for forholdet mellom nitrogen og andre næringsstoffer er beregnet etter formel i Stefan m. fl. (1997). Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i normalområdet anses for å være tilstrekkelige, mens konsentrasjoner over (overskudd) ikke lenger fører til bedre vekst og konsentrasjoner under (mangel) fører til dårligere vekst og, ved enda lavere konsentrasjoner, til synlige mangelsymptomer (Stefan m. fl. 1997).

Vegetasjonsanalyser

Bakkevegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene analyseres hvert 5. år. I 2021 ble vegetasjonen på flata i Osen undersøkt. Feltarbeidet ble utført i månedsskiftet juli-august.

Overvåking av bakkevegetasjon i Osen ble startet i 1999 ved at 50 permanent merkede vegetasjonsflater à 1 m² ble fordelt i buffersona omkring overvåkingsflata (Solberg m. fl. 2000). Hver vegetasjonsflate er delt opp i 25 småruter (Figur 16). Samlet gir de 50 vegetasjonsflatene et representativt utvalg av vegetasjonen i den blåbærdominerte skogen i området. Rapporter fra vegetasjonsanalysene i 1999, 2004, 2009 og 2016 er tidligere publisert (Solberg m. fl. 2000, Andreassen m. fl. 2005, 2010, Timmermann m. fl. 2017). Fra og med 2004 ble plantearters dekning registrert i 5 permanente makroflater (7 x 10 m) plassert 10–20 m utenfor overvåkingsflata. Overvåkingen omfatter registrering av samtlige plantearters prosent dekning i tre-, busk-, felt- og bunnsjikt (trær: > 2 m høyde, busker: 0,8–2,0 m høyde, feltsjikt: < 0,8 m høyde, bunnsjikt: lever-, blad- og torvmoser (det er ikke forekomst av lav i vegetasjonsflatene)). Makroflatene anvendes i denne rapporten kun for å registrere eventuelle tilleggsarter. Smårutefrekvens registreres i 10 utvalgte vegetasjonsflater, men rapporteres ikke her. Samtlige vegetasjonsflater fotograferes i forbindelse med analysene (Figur 16).

Nedbørmålinger fra Rena (Haugedalen og Rena flyplass), noe under 30 km sørvest for Osen, viser at det fra 2016 til 2021 falt noe mindre nedbør fra april til august, og noe mer i september og oktober, enn i årene 2009 til 2015 (Norsk klimaservicesenter <https://seklima.met.no/observations/>). I årene

1999 til 2009 falt det i gjennomsnitt noe mer nedbør fra mai til september enn i tiåret deretter. I årene 2016 til 2021 var det noe høyere middeltemperatur fra mai til august, og noe lavere i april og september enn for perioden 2009–2015. I årene fra 2010 til 2020 var gjennomsnitt for mai og juni henholdsvis 0,3 og 0,4 °C varmere enn årene fra 1999 til 2009, temperaturen for juli var den samme i begge periodene, mens august og september var 0,5 °C kjøligere.

Årsaker til vegetasjonsendringer i overvåkingsperioden ble vurdert på grunnlag av variasjon i nedbør og temperatur, samt endringer i nærmiljøet (strømengder, hogst mm.). Hvert analyseår ble artenes faktortall for lys (Ellenberg 1992) anvendt for å beregne et veiet gjennomsnittlig lystall (vektet av artenes dekning) for hver enkelt vegetasjonsflate (Økland 1990, Såstad & Moen 1995, Diekmann 2005, Aarrestad m. fl. 2011), for bedre å vurdere om hogst og endringer i lystilgang på bakkenivå utenfor overvåkingsfeltet har påvirket artssammensetningen i vegetasjonsflatene. Faktortall for karplanter og moser modifisert for britiske forhold ble benyttet (Hill m. fl. 2004, 2007). I datasettet inngår arter med lystall fra 3–7, fra halvskygge til mer lysåpent. Tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for parete data, utført i SPSS (IBM SPSS Statistics 27), ble benyttet for å teste om enkeltarters dekning (for arter registrert i minst 4 vegetasjonsflater hvert år) og estimert lystall for vegetasjonsflatene viste signifikante endringer fra gang til gang, eller fra første til siste år.

Nomenklatur for karplanter, moser og lav følger Artsdatabankens artsnavnebase for vitenskapelige navn (<http://www2.artsdatabanken.no/artsnavn/Contentpages/Hjem.aspx>).



Figur 16. Fra overvåkingsflata i Osen. Vegetasjonsflate nr. 36 med 1 x 1 m ramme som er delt inn i 25 småruter (venstre). Vegetasjonsflate nr. 40 der området med hogst kan skimtes i bakgrunnen (høyre). Foto: J.-F. Nordbakken.

2.3 Resultater

2.3.1 Trærnes kronetilstand

Birkenes

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran på den intensive overvåkingsflata i Birkenes var på 78,6 % i 2021, en nedgang på 1,6 %-poeng i forhold til 2020 (Figur 17).

Det ble ikke registrert misfarging på trærne i Birkenes. Flata var ellers fortsatt preget av snøbrekk og vindfall etter den snørike vinteren 2017/18. Ett grantre var dødt i 2021 som følge av snøbrekk i krona i 2018, 12 grantrær (28 % av de kronebedømte trærne) hadde en kronetetthet lavere enn 75 % og ett hadde skuddavdøing i krona.

Hurdal

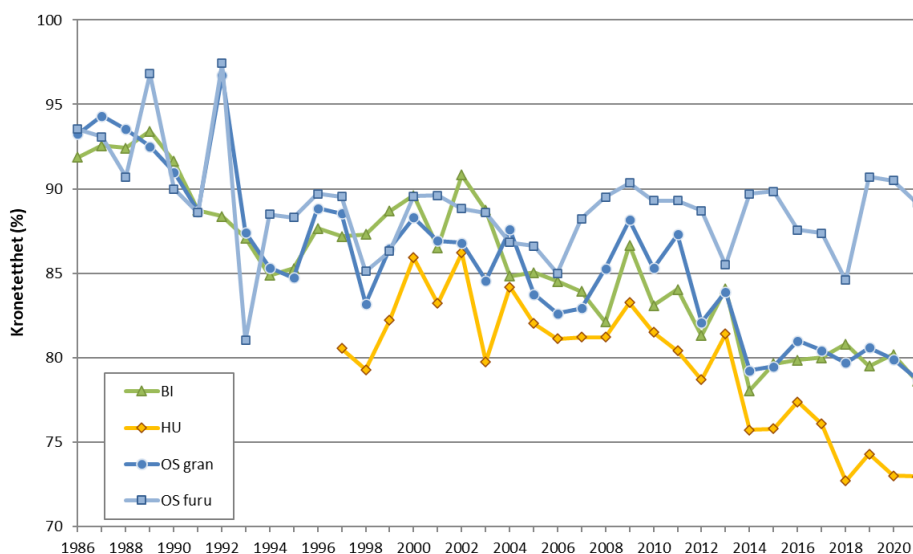
Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Hurdal var med 73 % uforandret lavt i 2021 (Figur 17). Som tidligere hadde flata i Hurdal lavest kronetetthet av alle overvåkingsflater.

18 grantrær (40 %) hadde en kronetetthet lavere enn 75 % i 2021, hvorav 2 forventes å dø innen kort tid med en kronetetthet under 25 %. Skuddavdøing ble observert på 9 grantrær, og kan blant annet skyldes honningsoppangrep (toppskranting) eller tørke, 2 var angrepet av barkbiller, 3 trær hadde hull etter svartspett og 10 hadde misfarging. Det var 6 nye døde grantrær i Hurdal, de fleste av disse viste tegn til barkbilleangrep.

Osen

Gjennomsnittlig kronetetthet hos gran i Osen var på 78,7 % i 2021, en nedgang på 1,6 %-poeng i forhold til 2020 (Figur 17). Kronetettheten hos gran i Osen har vært relativt lav (rundt 80 %) men stabil siden 2014. 15 grantrær (22 %) hadde en kronetetthet lavere enn 75 %, og ett av disse hadde skuddavdøing og misfarging. Alle andre grantrær i Osen var normalt grønne. Det ble registrert en god del vind- og snøskader på flata i 2021, og 6 grantrær hadde blitt vindfelt eller dødd som følge av snøbrekk. Ytterligere 10 grantrær hadde snø- eller vindskader som stamme- eller toppbrekk, men levde.

Kronetetthet hos furu i Osen gikk ned med 1,3 %-poeng til 89,2 % i 2021. Ett furutre var dødt som følge av snø/stammebrekk, to hadde toppbrekk av samme årsak og to døde topper pga. angrep av tyritoppopp, mens bare ett furutre var misfarget.



Figur 17. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet over tid for gran og furu på de intensive overvåkingsflater i Birkenes (BI) og Osen (OS) fra 1986 og i Hurdal (HU) fra 1996.

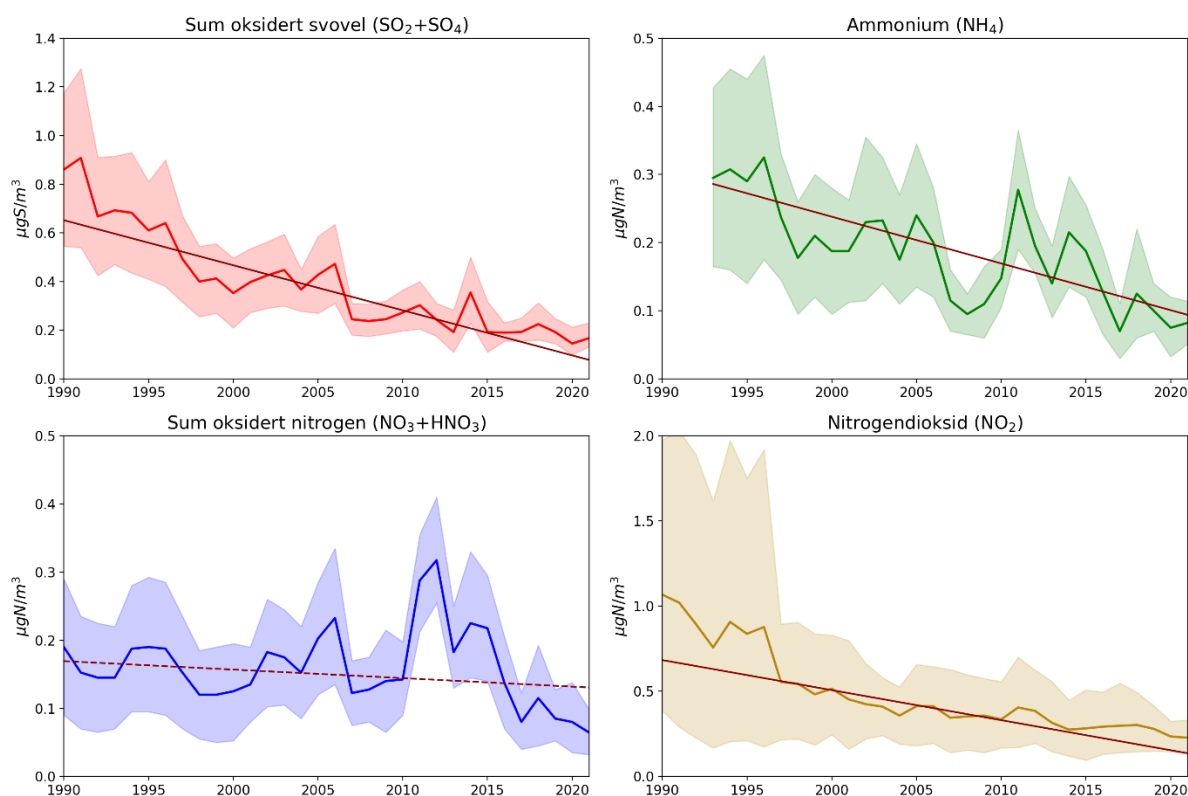
2.3.2 Kjemiske komponenter i luft

Svovel- og nitrogenforbindelser

Observatoriet i Birkenes hadde de høyeste nivåene av svoveldioksid (SO_2) og partikulært sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+) i 2021 (Tabell 4). I Hurdal ble den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid (NO_2) observert. Den totale avsetningen av forurensing fra atmosfæren er summen av våt- og tørravsetning. Tørravsetning beregnes ved å kombinere luftkonsentrasjonen med estimerte avsetningshastigheter, mens våtavsetning er et produkt av nedbørmengde og konsentrasjonen av komponenter i frittfallende nedbør, som diskuteres i kapittel 2.3.3. Både tørr- og våtavsetning av svovel- og nitrogenkomponenter var større om sommeren enn om vinteren. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetning var $20 \pm 5\%$ om sommeren og $8 \pm 4\%$ om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar med $28 \pm 12\%$ i sommerhalvåret og $10 \pm 5\%$ på vinteren.

Tabell 4. Årsmiddelkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner i 2021.

Stasjon	SO_2 $\mu\text{g-S}/\text{m}^3$	SO_4^{2-} $\mu\text{g-S}/\text{m}^3$	NO_2 $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	sum NO_3^- $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	NO_3 $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	sum NH_4^+ $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	NH_4^+ $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	Mg $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ca $\mu\text{g}/\text{m}^3$	K $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cl $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Na $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Birkenes	0,07	0,19	0,25	0,12	0,09	0,27	0,13	0,05	0,04	0,04	0,46	0,37
Hurdal	0,02	0,12	0,40	0,07	0,06	0,22	0,09	0,02	0,03	0,03	0,11	0,12
Kårvatn	0,03	0,10	0,14	0,03	0,02	0,69	0,05	0,02	0,03	0,02	0,20	0,15
Tustervatn	0,03	0,11	0,13	0,03	0,02	0,40	0,05	0,02	0,02	0,02	0,26	0,18



Figur 18. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2 + \text{SO}_4$), sum nitrat ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$), ammonium (NH_4) og nitrogendioksid (NO_2) på fire norske bakgrunnsstasjoner (Birkenes, Hurdal, Kårvatn, Tustervatn) 1990–2021. Det fargede området indikerer IQR (Interquartile range) rundt gjennomsnittet. Den røde linjen indikerer trenden for perioden (Sen's slope). Hel linje viser signifikant trend, stiplet linje ikke signifikant trend.

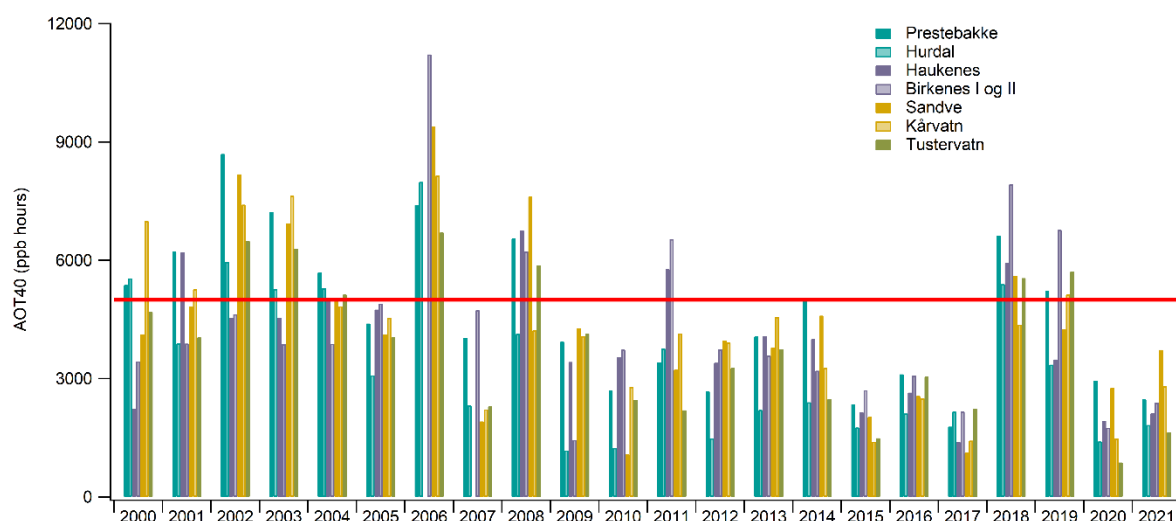
Konsentrasjonene av nitrogen- og svovelkomponenter i luft i 2021 var likt eller noe høyere enn i 2020. I et lengre perspektiv har det vært betydelig nedgang (Figur 18). Den gjennomsnittlige reduksjonen for svovel i luft ($\text{SO}_2 + \text{SO}_4$) med 1990 som referanseår var på $91 \pm 4\%$, og $68 \pm 11\%$ med 2000 som referanseår. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium i luft viser en gjennomsnittlig signifikant reduksjon på $68 \pm 10\%$ fra 1993 og $56 \pm 8\%$ fra 2000, mens for sum nitrat i luft var det kun en signifikant reduksjon på Hurdal (86% fra 1990). Gjennomsnittet for alle stasjoner viser ingen signifikant nedgang (Figur 18). Det har imidlertid vært en tydelig og signifikant nedgang for nitrogendioksid ($65 \pm 21\%$) siden 1990 og $50 \pm 17\%$ fra 2000.

Ozon

Ozonnivåene er i stor grad styrt av værforholdene og vil dermed variere fra år til år avhengig av meteorologien. Grovt sett kan man si at ozonnivået i Norge er en sum av bakgrunnsnivået på den nordlige halvkule og kortvarige episoder (med noen dagers varighet) på toppen av det i sommerhalvåret. Til forskjell fra andre forurensninger utgjør bakgrunnsnivået en stor del av totalnivået for ozon. Ozonepisodene i sommerhalvåret henger gjerne sammen med høytrykk i sør/sørøst med transport av varme luftmasser inn til landet.

UN-ECE og EU opererer med litt ulike definisjoner av grenseverdier knyttet til vegetasjon. Alle grenseverdiene er basert på en langtidseksponering gjennom vekstsesongen, men definisjonene varierer litt med hensyn på hvilke timer av døgnet som skal regnes med. UN-ECE opererer også med ulike grenseverdier for skog og annen vegetasjon.

De tradisjonelle grenseverdiene har vært knyttet til AOT40 (Akkumulert Ozonoverskridelse over Terskelverdien 40 ppb), mens UN-ECE (Working group on effects) i seinere år har anbefalt å gå over fra AOT40 til såkalte POD-verdier (Phytotoxic Ozone Dose), som gir et bedre mål for den faktiske fluksen av ozon inn i plantene og dermed et bedre mål for skadene. Ulempen med POD-verdier er at disse krever modellberegninger med detaljerte data for lokal meteorologi og vegetasjon som ofte ikke er tilgjengelig på stasjonene. Av den grunn brukes fortsatt AOT40 i stor grad ved rapportering av effekter av ozon på vegetasjon, men det er viktig å være klar over begrensningene ved AOT40 som indikator.



Figur 19. Seks måneders AOT40-verdi (april–september) for årene 2000–2021. UNECEs grenseverdi på 5000 ppb-timer for skog er markert i figuren. AOT40 = Akkumulert Ozonoverskridelse over Terskelverdien 40 ppb (=80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

UN-ECEs tålegrense «critical level» for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april–september) og er vist i Figur 19 sammen med de målte AOT40-verdiene på de norske stasjonene i perioden 2000–2021. Figuren viser at det har vært overskridelser av tålegrensen for skog i Norge i

rundt halvparten av årene siden 2000. I 2021 var det ingen overskridelser av denne grenseverdien. Høyest var verdien på Sandve med 3728 ppb-timer.

EUs langtidsmål for beskyttelse av planter, tre-måneders AOT40 < 3000 ppb-timer basert på perioden mai-juli, ble heller ikke overskredet i 2021. Høyest var verdien på Sandve med 1668 ppb-timer.

Generelt var det lave ozonnivåer i Norge i 2021. Sammenligninger med tidligere år viser at både antall episoder og det generelle bakgrunnsnivået var lavt.

2.3.3 Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør og kronedrypp

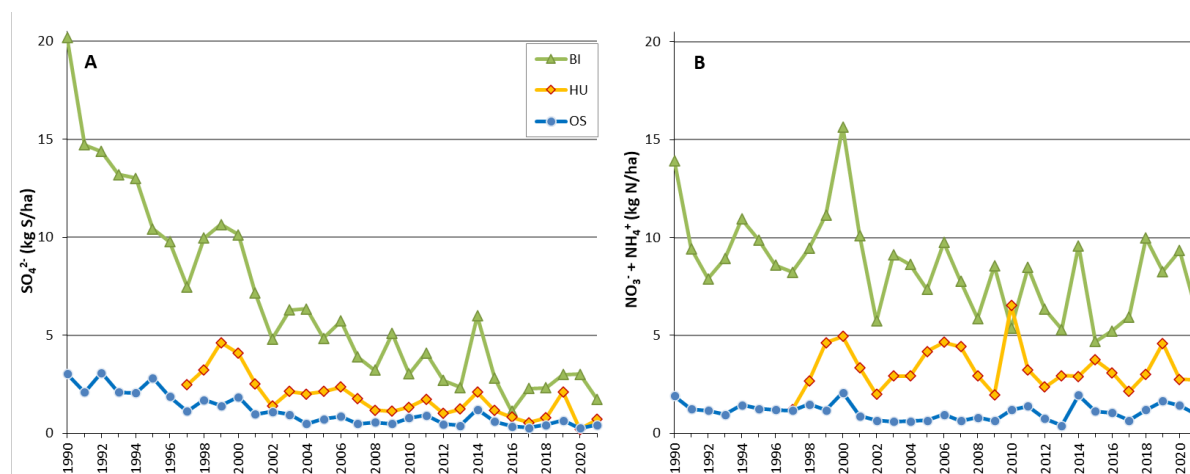
Nedbørsmengde (mm), pH, og beregnet avsetning av noen grunnstoffer og forbindelser i frittfallende nedbør og kronedrypp i 2021 er vist i Tabell 5.

Tabell 5. Nedbørsmengde (mm), pH, og deponisjon av kjemiske grunnstoffer og forbindelser (kg/ha/år) i 2021.

Tot-N = total N, nm = ikke-marint, M = manglende verdi. Data for frittfallende nedbør i BI og HU er fra NILU, øvrige data fra NIBIO.

Flate	mm	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	SO ₄ -S	nmSO ₄ -S	Ca	K	Mg	Na	Cl
Frittfallende nedbør:												
BI	1478	5,02	4,50	4,85	M	4,18	2,46	2,89	1,41	2,29	19,04	32,70
HU	920	5,18	2,87	2,60	M	1,75	1,46	1,47	0,81	0,43	3,02	4,78
OS	727	5,23	0,80	0,51	1,89	0,44	0,38	0,29	0,49	0,05	1,11	1,67
Kronedrypp												
BI	1443	5,08	3,46	2,74	8,51	4,47	1,72	4,04	15,93	3,39	29,00	51,95
HU	666	5,19	2,00	0,73	4,00	1,00	0,71	1,00	10,68	0,36	3,20	5,39
OS	564	5,31	0,73	0,23	1,86	0,56	0,42	0,85	6,27	0,27	1,48	2,20

Som i tidligere år er avsetning av forurensende stoffer (uorganisk nitrogen og ikke-marint sulfat) høyere i Birkenes på Sørlandet enn i Hurdal og Osen, grunnet kortere avstand til de største forurensningskildene lengre sør i Europa. Figur 20 viser langtidstrender i avsetning av ikke-marint SO₄²⁻ og uorganisk nitrogen (NO₃⁻ + NH₄⁺) i kronedrypp på de tre intensive flatene.



Figur 20. Langtidstrender i (A) ikke-marint SO₄²⁻ og (B) uorganisk nitrogen (NO₃⁻ + NH₄⁺) i kronedrypp i kg/ha/år.

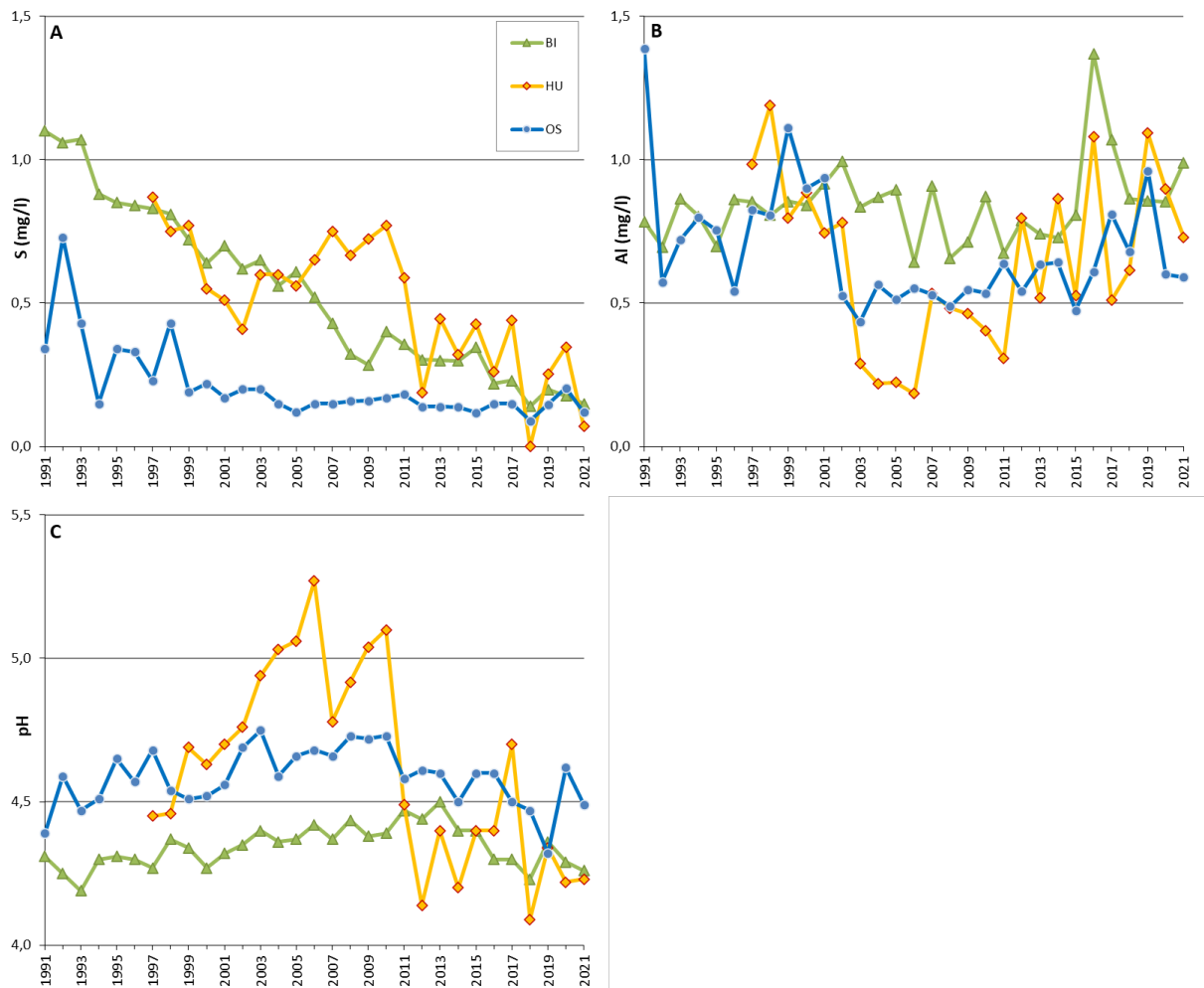
Jordvann

Tabell 6 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner av noen kjemiske grunnstoffer og forbindelser (unntatt ledningsevne, som ikke er volumveid) og pH i jordvann i 2021. Langtidstrender for total Al, ikke-marint $\text{SO}_4\text{-S}$ og pH i jordvann ved 15 cm dybde på de tre flatene er vist i Figur 21.

Tabell 6. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) av kjemiske grunnstoffer og forbindelser i jordvann i 2021.

Led = ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$, ikke volumveid), Tot = total, nm = ikke marint, * = platelysimeter, øvrige lysimeter er sonder. Alle data er fra NIBIO.

Flate	Sjikt	Led	pH	Tot-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{SO}_4\text{-S}$	nm $\text{SO}_4\text{-S}$	Cl^-
BI	15*	36	4,26	0,99	0,12	0,21	0,10	0,12	0,001	2,58	0,03	0,03	0,29	0,15	2,7
BI	40	30	4,60	0,43	0,17	0,04	0,10	0,24	0,002	3,47	0,03	0,03	0,73	0,41	5,9
HU	5	50	3,95	0,70	0,15	0,24	0,58	0,07	0,017	0,88	0,05	0,03	0,06	0,04	0,4
HU	15	20	4,23	0,73	0,12	0,20	0,48	0,04	0,012	1,05	0,10	0,03	0,09	0,07	0,3
HU	40	10	5,15	0,06	0,07	0,00	0,11	0,05	0,080	1,13	0,04	0,03	0,41	0,37	0,7
OS	5	0	4,43	0,96	0,35	0,79	0,42	0,33	0,039	0,64	0,26	0,04	0,15	0,12	0,6
OS	15	15	4,49	0,59	0,22	0,66	0,56	0,25	0,009	0,59	0,15	0,03	0,13	0,12	0,2
OS	40	11	4,90	0,50	0,11	0,06	0,41	0,13	0,011	0,58	0,02	0,03	0,31	0,29	0,4



Figur 21. Langtidstrender i (A) ikke-marint $\text{SO}_4\text{-S}$ (mg/l), (B) total Al (mg/l) og (C) pH i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

2.3.4 Næringsstoffer i barnåler

Konsentrasjonen av næringsstoffer i 2021

I 2021 lå konsentrasjonen av makronæringsstoffer i årets barnåler, med noen unntak, enten innafor eller over normalområdet for eldre grantrær (Tabell 7).

I Birkenes lå konsentrasjonen av kalium (K), nitrogen (N), fosfor (P) og svovel (S) innafor normalområdet (= i tilstrekkelige konsentrasjoner), mens det ble målt høye verdier for kalsium (Ca) og magnesium (Mg), som indikerer et overskudd av dette elementet. I Hurdal lå verdiene for Ca, Mg og S innafor normalområdet, mens det ble målt lave (underoptimale) konsentrasjoner av K, N og P. I Osen lå konsentrasjonen av K, Mg og S innafor normalområdet, mens verdiene for Ca og P var høye og verdiene for N lave.

Tabell 7 viser også prosentvise endringer i konsentrasjonen av næringsstoffer i barnåler fra forrige næringsstoffanalyse i 2019. Det var en økning av Ca, Mg, N og S i barnåler på alle tre flater.

Konsentrasjonen av P sank i Hurdal, økte i Osen og forble uendret i Birkenes. Konsentrasjonen av K sank på alle tre flater i forhold til forrige analyse.

Tabell 7. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff i årets barnåler 2021 (prosentvise endringer fra 2019 i parentes). Normal: Området med normale næringsstoffkonsentrasjoner for eldre gran (Göttlein m. fl. 2011).

	Ca	K	Mg	N	P	S
BI	6,0 (+29,6 %)	6,1 (-9,1 %)	1,8 (+18 %)	14,2 (+12,2 %)	1,4 (+0,9 %)	0,96 (+2,7 %)
HU	4,2 (+12,4 %)	4,2 (-40,1 %)	1,3 (+47,5 %)	11,7 (+38,7 %)	1,2 (-7,6 %)	0,79 (+8,6 %)
OS	6,7 (+7,7 %)	6,5 (-37,5 %)	1,3 (+25 %)	11,3 (+26,5 %)	2,0 (+5 %)	0,78 (+6,3 %)
Normal	2,5–5,6	4,6–7,3	0,8–1,3	13,2–15,3	1,3–1,9	0,8–1,4

Forholdet mellom nitrogen og de andre næringsstoffene

Tabell 8 viser forholdet mellom konsentrasjonen av nitrogen og andre viktige elementer i barnålene. På alle 3 flater var det mangel av N i barnålene i forhold til de høye Mg-verdiene som ble målt i 2021. I Osen ble det funnet for lite N i forhold til alle andre makronæringsstoffer med unntak av S. Det ble ikke påvist mangel av andre makronæringsstoffene i forhold til N i barnåler på noen flate.

Tabell 8. Forholdet mellom N og de andre makronæringsstoffene i årets barnåler 2021. Normal: Området der næringsstoffene fins i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til hverandre (beregnet etter Stefan m. fl. 1997 og Göttlein m. fl. 2011). Tall lavere enn normalområdet indikerer for lite N i forhold til de andre næringsstoffene, mens tall høyere enn normalområdet indikerer for lite av de andre næringsstoffene i forhold til N

	N:Ca	N:K	N:Mg	N:P	N:S
BI	2,4	2,3	7,8	9,8	14,7
HU	2,8	2,8	9,1	9,5	14,9
OS	1,7	1,7	8,7	5,7	14,5
Normal	2,4–6,1	1,8–3,3	10,2–19,1	6,9–11,8	9,4–19,1

Utvikling over tid

Konsentrasjonen av Ca i barnåler i Osen har i alle år ligget over nivåene som har blitt målt på de andre flatene, og det har kun en gang tidligere blitt målt en tilsvarende høy verdi som i 2021 for dette elementet i Osen (Figur 22 A), men det har vært til dels vært store variasjoner mellom årene og ingen tydelig trend. I Birkenes ble de høyeste Ca-verdiene målt i 2021, og det har vært en kraftig økning over tid her siden 1995.



Figur 22. Endringer i konsentrasjon av makronæringsstoffer (mg/g tørrstoff) i barnåler på flatene i Birkenes, Hurdal og Osen 1995–2021. Normalområdet med tilstrekkelige konsentrasjoner av makronæringsstoffer er mellom de stiplede linjene; lavere verdier indikerer mangel, høyere verdier et overskudd (etter Göttelein m. fl. 2011). For svovel er grensa for overskudd 1,4 mg (vises ikke). (A) kalsium, (B) kalium, (C) magnesium, (D) nitrogen, (E) fosfor og (F) svovel.

Etter de eksepsjonelt høye verdiene for K i Osen i 2019, falt konsentrasjonen i 2021 til det 3. laveste siden 1995 (Figur 22 B). I Hurdal falt K-verdiene til det laveste nivået som har blitt målt i tidsserien etter 3 målinger med relativt høye nivåer (2015–2019) og lå under mangelgrensa i 2021. I Birkenes falt konsentrasjonen til det nest laveste med en svakt synkende trend over tid.

På alle tre flater ble de høyeste Mg-verdiene gjennom tidsserien målt i 2021 (Figur 22 C). I Birkenes var det et overskudd av Mg i barnåler i 2021, og konsentrasjonen har hatt en tydelig økning her siden 2007, mens det ikke er noen klar trend på de andre flatene.

Etter at det i 2019 ble målt de laveste N-verdier i barnåler siden 1995, var N-verdiene tilbake på et mer gjennomsnittlig nivå på de 3 flatene i 2021 (Figur 22 D). Birkenes hadde vesentlig høyere konsentrasjoner av N i barnåler enn de andre flatene, som i alle år siden 1995, men uten trend. Trenden for N har vært nedadgående i Osen fra 2007 til 2019 og i Hurdal fra 2013 til 2019.

Konsentrasjonen av P i barnåler i Osen har i hele perioden vært høyere enn på de andre flatene og var i 2021 på det høyeste nivået siden 1997/95 (Figur 22 E), men uten at det fins en tydelig trend over tid. Heller ikke Birkenes og Hurdal viser noen trend for P i barnåler over tid, og i Hurdal har konsentrasjonen ligget stort sett nokså stabilt under eller ved mangelgrensa.

Også for S hadde Birkenes de høyeste verdiene i barnåler av alle flater gjennom hele tidsserien (Figur 22 F), og trenden viser en svak økning av S i barnåler over tid. I Hurdal og Osen har S-konsentrasjonene vært underoptimale men relativt stabile gjennom hele overvåkingsperioden, og uten tydelig trend.

2.3.5 Vegetasjonsanalyser

I alt 33 arter ble registrert i de 50 vegetasjonsflatene i Osen i 2021 (Tabell 9), 4 arter færre enn i 1999. 29 arter ble registrert alle fem gjentakene. Skogskjeggmosse (*Barbilophozia barbata*) ble kun funnet i 1999 og 2004, mens stormarimjelle (*Melampyrium pratense*) og glefsemose (*Cephalozia* sp.) ikke ble funnet i 2016 og 2021. Bakkefrynse (*Ptilium ciliare*) ble ikke registrert i 2016. Orkideen knerot (*Goodyera repens*) ble påvist fra og med 2004.

Ved hver av de fem analysene i Osen ble det i gjennomsnitt registrert 11 arter i hver vegetasjonsflate, med 6 arter i feltsjiktet og 5 i bunnsjikt. I de fem makroflatene ble det i alt påvist 30 arter, hvorav skogjamne (*Diphasiastrum complanatum*), skogstorkenebb (*Geranium sylvaticum*), og nikkevintergrønn (*Orthilia secunda*) ikke ble funnet i vegetasjonsflatene.

Tresjiktet inneholder noe mer gran enn furu (i 2021 dekning i henholdsvis 34 og 26 vegetasjonsflater, begge arter med midlere dekning på litt over 19 %), men midlere total tredekning har økt fra 32 % til 39 % i løpet av overvåkingsperioden (Figur 23). Småplanter av gran (< 80 cm) ble i løpet av denne perioden registrert i inntil 7 vegetasjonsflater, og granbusker i inntil 15. Furu, derimot, var nær fraværende både i felt- og busksjikt. Rogn opptrer kun som småplanter i et fåtall vegetasjonsflater.

Med i alt 17 arter (foruten småplanter av gran, furu og rogn) er **feltsjiktet** i Osen relativt artsfattig. I 1999 og 2004 dekket feltsjiktet om lag 60 % (av dette utgjør lyng om lag 2/3), med en reduksjon til 32 % i 2009, fulgt av en økning til litt over 50 % i 2016 og 2021. Hoveddelen av disse endringene skyldes den dominerende arten blåbær (*Vaccinium myrtillus*), som ble registrert i alle vegetasjonsflatene ved samtlige analyser. Dekningen av blåbær gikk signifikant tilbake fra 1999 til 2004, fra 40 til 36 % dekning. Dekningen sank til 11 % i 2009, før den igjen økte til 33 % i 2016, som også tilsvarer nivået i 2021. Antall vegetasjonsflater med tyttebær (*V. vitis-idaea*) har vært noenlunde stabilt i hele overvåkingsperioden, med forekomst i minst 44 av vegetasjonsflatene, men dekningen har gått signifikant tilbake fra 8 til 3 % i overvåkingsperioden.

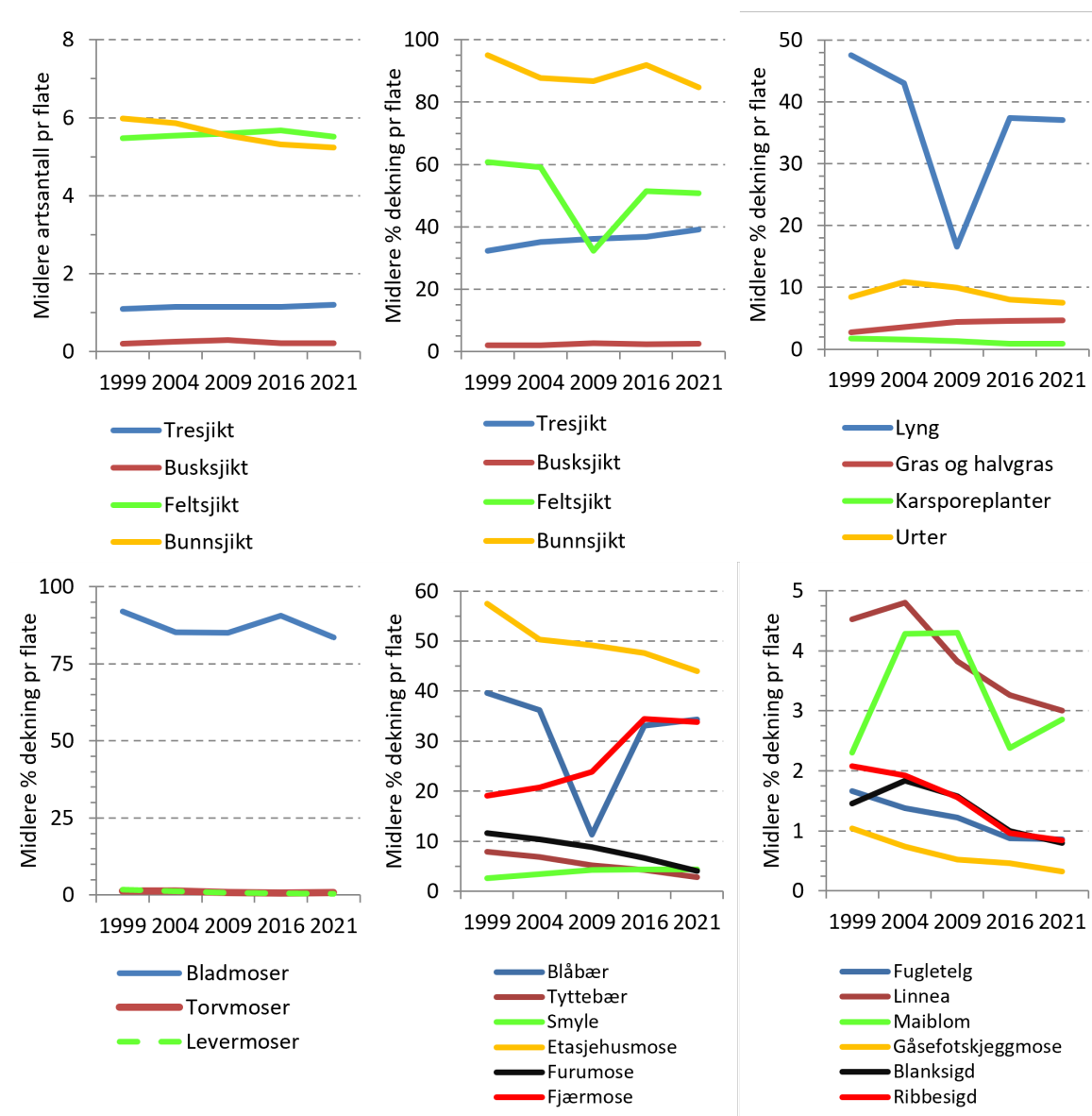
Den midlere dekningen til graslet smyle (*Avenella flexuosa*), som alle ganger ble registrert i minst 43 av vegetasjonsflatene, økte signifikant i overvåkingsperioden, og hadde en midlere dekning på 4,4 % i 2021. Karsporeplantene var relativt stabile med hensyn til antall ruteforekomster, med samlet midlere dekning under 2 %.

Tabell 9. Antall forekomster og gjennomsnittlig dekning av arter i vegetasjonsflatene i Osen i 1999–2021. F = feltsjikt, B = busksjikt, T = tresjikt. Signifikansnivået (P) fra en Wilcoxon test angir sannsynligheten for at artsdekningen er den samme i de to årene som sammenlignes. Testen er ikke utført når arten begge år forekommer i færre enn 5 småruter. ns = ikke signifikant, * = signifikant (P<0,05), ** = signifikant (P<0,01).

Art	Antall 1-m ² ruter					Midlere % dekning pr. 1-m ² rute					Signifikans (år til år endringer)				
	1999	2004	2009	2016	2021	1999	2004	2009	2016	2021	1999-2004	2004-2009	2009-2016	2016-2021	1999-2021
Vedplanter															
<i>Picea abies</i> T	32	34	34	34	34	15,68	17,70	18,76	18,62	19,92	ns	ns	ns	ns	*
<i>Picea abies</i> B	10	13	15	11	11	2,04	2,06	2,62	2,36	2,56	ns	ns	*	ns	ns
<i>Picea abies</i> F	7	2	5	6	6	0,24	0,04	0,10	0,60	0,60	*	ns	ns	ns	ns
<i>Pinus sylvestris</i> T	23	23	23	23	26	16,62	17,42	17,42	18,16	19,26	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Pinus sylvestris</i> B	0	0	1	0	0	0	0	1,20	0	0	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Pinus sylvestris</i> F	1	1	0	0	1	0,02	0,02	0	0	0,02	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Sorbus aucuparia</i> F	3	2	1	1	1	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02	ns	ns	ns	ns	ns
Lyng															
<i>Vaccinium myrtillus</i>	50	50	50	50	50	39,60	36,16	11,34	33,10	34,32	**	**	**	ns	*
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	45	46	46	45	44	7,92	6,86	5,22	4,28	2,78	ns	**	ns	**	**
Graminider															
<i>Avenella flexuosa</i>	44	43	43	44	44	2,56	3,38	4,24	4,32	4,38	**	**	ns	ns	**
<i>Luzula pilosa</i>	8	9	8	11	13	0,16	0,20	0,16	0,22	0,26	ns	ns	ns	ns	ns
Karsporeplanter															
<i>Dryopteris expansa</i>	1	1	1	1	0	0,02	0,04	0,04	0,02	0	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	10	11	12	13	10	1,66	1,38	1,22	0,88	0,86	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Lycopodium annotinum</i>	1	1	1	1	1	0,04	0,10	0,04	0,02	0,02	ns	ns	ns	ns	ns
Urter															
<i>Goodyera repens</i>	0	1	3	3	2	0	0,04	0,06	0,06	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Linnaea borealis</i>	42	45	47	42	44	4,52	4,80	3,82	3,26	3,00	ns	**	*	ns	**
<i>Listera cordata</i>	2	2	3	5	4	0,04	0,04	0,06	0,10	0,08	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Maianthemum bifolium</i>	16	21	22	24	24	2,30	4,28	4,30	2,38	2,86	**	ns	*	*	ns
<i>Melampyrum pratense</i>	15	8	1	0	0	0,30	0,16	0,02	0	0	**	**	ns	ns	**
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	10	8	9	10	9	0,24	0,16	0,22	0,32	0,26	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Moneses uniflora</i>	1	1	1	1	1	0,06	0,06	0,02	0,40	0,16	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Oxalis acetosella</i>	5	9	10	9	9	0,60	0,80	0,82	0,88	0,64	**	ns	ns	ns	ns
<i>Solidago virgaurea</i>	1	2	2	2	2	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Lysimachia europaea</i>	12	14	15	16	11	0,30	0,48	0,56	0,56	0,44	**	ns	ns	ns	ns
Levermoser															
<i>Barbilophozia barbata</i>	4	4	0	0	0	0,10	0,08	0	0	0	ns	*	ns	ns	ns
<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	22	24	20	19	13	0,94	0,70	0,50	0,46	0,30	ns	*	ns	**	**
<i>Cephalozia</i> sp.	7	5	3	0	0	0,14	0,10	0,06	0	0	ns	ns	ns	ns	**
<i>Lophozia</i> sp.	3	1	4	6	6	0,06	0,02	0,08	0,12	0,12	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Ptilidium ciliare</i>	3	3	1	0	1	0,06	0,06	0,02	0	0,02	ns	ns	ns	ns	ns
Bladmoser															
<i>Dicranum fuscescens</i>	3	2	2	3	2	0,20	0,06	0,04	0,06	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Dicranum majus</i>	33	34	31	35	37	1,46	1,84	1,58	1,00	0,80	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Dicranum polysetum</i>	2	4	3	2	2	0,04	0,08	0,06	0,04	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Dicranum scoparium</i>	46	45	47	42	42	2,08	1,92	1,56	0,96	0,84	ns	*	**	ns	**
<i>Hylocomium splendens</i>	50	50	50	50	50	57,50	50,30	49,20	47,58	43,96	**	ns	ns	**	**
<i>Plagiomnium affine</i>	1	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Pleurozium schreberi</i>	48	49	49	48	48	11,58	10,32	8,82	6,62	4,04	ns	*	**	**	**
<i>Ptilium crista-casTnsis</i>	49	49	49	49	49	19,10	20,70	23,82	34,40	33,82	*	**	**	ns	**
<i>Rhodobryum roseum</i>	1	1	2	1	1	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	ns	ns	ns	ns	ns
Torvmoser															
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	7	8	10	11	10	1,36	1,28	0,82	0,62	0,78	ns	ns	ns	ns	ns
Antall arter	37	37	36	32	33										

Urter hadde en relativt stabil midlere dekning på 7,5–10,9 % i hele overvåkingsperioden. Antall ruteforekomster for maiblom (*Maianthemum bifolium*) har i overvåkingsperioden økt fra 16 til 24 %, mens midlere dekning økte til noe over 4 % i 2004 og 2009, før den sank til under 3 % i 2016 og 2021. Dekningen til linnea (*Linnea borealis*), som hvert år fantes i minst 42 av vegetasjonsflatene, har gått signifikant tilbake i overvåkingsperioden, fra 4,5 % midlere dekning til 3 %. Antall vegetasjonsflater med skogstjerne (*Lysimachia europaea*) økte fra 12 til 16 % fram til 2016, men sank til 11 % i 2021 samtidig som midlere dekning gikk signifikant tilbake.

Midlere dekning av **bunnsjiktet** var på hele 95 % ved oppstart av vegetasjonsovervåkingen i 1999. Siden har det svingt litt opp og ned, og i 2021 var midlere dekning 85 %, den laveste i overvåkingsperioden (Figur 23). Bunnsjiktet har hele tiden vært dominert av store bladmoser, med noen spredte forekomster av levermoser. Flere av de 14 registrerte moseartene viste imidlertid negative endringer fra et analyseår til neste. Dekningen av etasjehusmose (*Hylocomium splendens*) gikk tilbake fra 58 til 44 % i overvåkingsperioden, mens furumose (*Pleurozium schreberi*) gikk tilbake fra 11 til 4 %. Dekningen av fjærmose (*Ptilium crista-castrensis*) derimot, har økt signifikant gjennom overvåkingsperioden, fra 19 til 34 %. Både levermoser og torvmoser hadde lav dekning alle år, med under 1 % i 2021.



Figur 23. Endringer i gjennomsnittlig artsantall og dekning for artsgrupper og arter i Osen mellom 1999 og 2021.

Gjennomsnittlig lystall for de 50 vegetasjonsflatene i Osen har i overvåkingsperioden variert mellom 5,74 (1999) og 5,60 (2009), og var i 2021 med 5,62 signifikant lavere enn i 1999. Verdien av lystallet sank signifikant ($P < 0,001$) den første tiårsperioden, men har vært noenlunde stabilt den siste tiårsperioden.

Tung våt snø hadde vinteren 2021 forårsaket en del toppbrekk i området (Figur 24). Toppbrekk og påfølgende barnålstrøfall påvirket vegetasjonen i 6 vegetasjonsflater (nr. 4, 20, 21, 30, 37, 47), mens ei av flatene var påvirket av rotvelt (nr. 34).



Figur 24. Fra overvåkingsflata i Osen. Toppbrekk forårsaket av tung og våt snø påvirket 6 av vegetasjonsflatene. Foto: J.-F. Nordbakken (venstre), V. Timmermann (høyre).

2.4 Diskusjon

Trærnes kronetilstand

Det var store variasjoner i kronetettheten på granflatene i Birkenes, Hurdal og Osen på 1990-tallet, i begynnelsen av 2000-tallet og i perioden etter 2007 på alle flater. På 1990-tallet var det også store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging på gran i Birkenes og Hurdal, som mest sannsynlig var relatert til hyppige tørkeperioder. Det er en tydelig trend med synkende kronetetthet over tid for gran i Birkenes og Osen som delvis kan tilskrives trærnes økende alder, mens en tilsvarende trend først inntreffer fra 2004 i Hurdal. Flata i Birkenes har vært preget av topp- og snøbrekk, særlig i årene 1988, 2006 og 2018. Når toppbrekket skjer høyt oppe i krona vil trærne som oftest overleve og sette ny topp etter noen år. Enkeltrær på flata i Hurdal er sterkt preget av råteskader med lav kronetetthet og mye misfarging som følge, og flere trær på flata har dødd de seinere årene som følge av slike skader, ofte i kombinasjon med andre faktorer som vindfelling og tørken i 2018 med påfølgende barkbilleangrep. Siden 2018 har den gjennomsnittlige kronetettheten i Hurdal ligget under 75 %, og etter definisjonen i Lorenz m. fl. (2009) må derfor hele bestandet anses som skadet. Ferretti m. fl. (2021) fant en negativ påvirkning på trærnes tilvekst allerede ved en kronetetthet lavere enn 85 %. Kronetettheten for furu i Osen har vært relativt stabil siden midten av 1990-tallet, uten tydelig trend i utviklingen over tid, men med noen variasjoner de siste årene. Tørkesommeren 2018 ser ut til å ha påvirket kronetilstanden hos furu negativt med lav kronetetthet og en del misfarging i 2018. Kronetilstanden har imidlertid vært stabil god etter dette, og det ser ut til at furutrærne har kommet seg igjen.

Kjemiske komponenter i luft

De høyeste nivåene av svovel- og nitrogenforbindelser i luft ble målt i Birkenes som tidligere (Aas m. fl. 2021). Dette skyldes fortsatt langtransportert forurensing fra kontinentet. I Hurdal ble den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid målt, noe som skyldes utslipp fra veitrafikken i denne regionen.

UNECEs tålegrense («critical level») for bakkenært ozon for skog ligger på 5000 ppb-timer for 6-måneders AOT40 (april–september) og det har vært overskridelser av tålegrensen for skog i Norge i rundt halvparten av årene siden 2000. I 2021 var det ingen overskridelser av denne grenseverdien. Forurensningsnivået i 2021 var generelt lavt selv om det var noe høyere enn i 2020. Dette kan trolig forklares med en kombinasjon av flere faktorer: Reduserte utslipp av ozonforløpere (nitrogenoksider, NO_x, og flyktige organiske forbindelser, VOC) i Europa de siste tiårene har hatt en effekt og bidratt til mindre ozondannelse. Videre var værforholdene i 2021 ikke spesielt gunstige for dannelse av ozon eller lufttransport av ozon inn til landet.

Kjemiske komponenter i frittfallende nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Resultatene for 2021 viser en fortsettelse av tidligere trender. Nedgangen i avsetning av ikke-marint sulfat over tid er sett også i andre europeiske land (Waldner m. fl. 2014) og har ført til en signifikant nedgang i tilsvarende konsentrasjoner i jordvann (Johnson m. fl. 2018) og i avrenning av spesielt ikke-marint sulfat (Forsius m. fl. 2020). Reduksjonen har i stor grad flatet ut under de siste årene. Det er stor variasjon mellom årene, avhengig av forskjeller i nedbørsmengdene.

I jordvannet ser vi en tendens til noe økte aluminiumkonsentrasjoner og redusert pH i de siste årene, men det er usikkert om dette er signifikant grunnet store variasjoner mellom årene. Fordi avsetning av forsurende stoffer er redusert, virker det usannsynlig at eventuell forsuring med redusert pH og økt Al-konsentrasjon skyldes dette. Eventuelt kan dette være en naturlig forsuring der trærne tar opp basekationer og erstatter dem med hydrogenioner (Tamm og Hallbäcken 1986). Nitratkonsentrasjoner i jordvann var i 2021 som vanlig lave, oftest under deteksjonsgrensa.

Næringsstoffer i barnåler

Innhold og sammensetning av næringsstoffer i barnåler er en indikator på trærnes næringsstatus, tilvekst og helsetilstand. Unormalt lave eller høye verdier av noen elementer kan føre til nedsatt fotosyntese med misfarging, nåletap og dårlig tilvekst som følge (Stefan m. fl. 1997). Også næringsstoffenes konsentrasjon i forhold til hverandre er viktig for optimale vekstforhold. Hvis et næringsstoff fins i for høy eller for lav konsentrasjon i forhold til et annet, kan dette føre til næringsubalanse og over tid til næringsmangel (Kjønaas & Stuanes 2008), og dermed til redusert helse og tilvekst. Kjemisk analyse av barnålenes innhold av næringsstoffer er derfor viktig for å få en oversikt over trærnes næringsstatus og vekstforhold og for å kunne forklare eventuelle mangelsymptomer.

I 2021 ble det målt en kraftig økning i nitrogenverdier i barnåler på alle 3 overvåkingsflater sammenlignet med 2019. Nitrogenverdiene var likevel for lave i forhold til det høye magnesiuminnholdet og lå fortsatt under mangelgrensa i Osen og Hurdal, noe som indikerer ugunstige næringsforhold der. På flata i Osen ble det også målt for lite nitrogen i forhold til alle andre makronæringsstoffer (med unntak av svovel). De svært lave nitrogenverdiene som ble målt i barnåler i 2019, skyldtes antakelig den langvarige tørken i 2018. Analyser av fjorårets nåler i hhv. 2019 og 2021 viste svært lave nitrogenverdier på alle flater både i 2018 og 2020 (data ikke vist). Gran har et grunt rotsystem og er dermed tørkeutsatt. Tørken i 2018 kan ha ført til at en del av finrøttene i det øverste råhumussjiktet døde. Her dannes det også mest mykorrhiza (sopprot) som bidrar til å forsyne trærne med vann og næringsstoffer. Stor avdøing av finrøtter i 2018 hadde sannsynligvis en negativ innvirkning på tærnes vann- og næringsopptak, og dermed også på barnålenes næringsstatus, over flere år.

Vegetasjonsanalyser

Samlet dekning av store gran- og furutrær over vegetasjonsflatene i Osen økte jevnt i løpet av overvåkingsperioden, fra 32 % i 1999 til 39 % i 2021, hvorav kun økningen for gran var signifikant. En

kontinuerlig økt tredekning kan forklares ved at trær og greiner normalt vokser år for år, og at noen busker på grunn av høydetilvekst endret status til trær. Den signifikant reduserte dekningen av granbusker fra 2009 til 2016 kan skyldes overgang fra busk til tre. Bortsett fra en reduksjon i antall vegetasjonsflater med forekomst av små granplanter fra 1999 til 2004 var det ingen særlige endringer for denne arten. Foruten et fåtall smårogn av feltsjikhøyde ble ikke flere arter vedplanter registrert. Manglende forekomst av furu og rogn i felt- og bunnsjikt kan skyldes beite av elg. At kun 2 av de i alt 37 planteartene som er registret i overvåkingsperioden opptrer i tre og busksjikt bekrefter at det er felt- og bunnsjikt som gir størst bidrag til biomangfoldet i blåbærskogen (Gilliam 2007, Buriánek m. fl. 2013). Bakkevegetasjon i boreale skoger påvirker dynamikk og produktivitet til småplanter av trær, samt underjordisk nedbrytning og næringsflyt (Nilson & Wardle 2005, Gilliam 2007, Lindo & Gonzales 2013).

Felthsjiktets midlere dekning i vegetasjonsflatene i Osen har alle analyseår vært over 50 %. I overvåkingsperioden har midlere dekning pr. vegetasjonsflate for nøkkelarten blåbær, som ble registrert i samtlige vegetasjonsflater alle fem analyseår, gått tilbake fra litt under 40 % i 1999 til 34 % i 2021. Reduksjonen til kun 11 % dekning for blåbær i 2009 viser at tidlig bladfelling forårsaket av den sykdomsframkallende soppen blåbærstjerne (*Valdensinia heterodoxa*) enkelte år kan gi betydelig redusert dekning. Blåbærstjerne, som kan gjenkjennes ved at blåbærbladene får små brune flekker med dødt vev, er særlig vanlig forekommende i fuktige år eller på steder hvor det tørker sent opp etter regn og dogg (Gjærum 1970, Nestby m. fl. 2011).

Gjennomsnittlig lystall (Ellenberg m. fl. 1992) for vegetasjonsflatene sank fra 5,74 i 1999 til 5,62 i 2021, noe som antyder endringer i artsinventaret tilpasset mer skygge, mindre lys. Redusert dekning av blåbær, som typisk har størst dekning ved delvis skygge (Nestby m. fl. 2011, Nielsen m. fl. 2007, Nybakken m. fl. 2013, Eldegard m. fl. 2019), og økt dekning av grasets smyle ser ikke ut til å skyldes økt lystilgang som følge av hogst omkring deler av overvåkingsfeltet.

Tross et velutviklet feltsjikt i Osen er dekningen av store bladmoser i bunnsjiktet høy. Midlere dekning av bunnsjiktet har vært stabilt høyt (85–95 % dekning i snitt pr. vegetasjonsflate) i hele overvåkingsperioden, men en del endringer på artsnivå forekommer. Mye strøfall av barnåler fra nylige toppbrekk påvirket bunnsjiktet negativt i 6 vegetasjonsflater ved siste analyse. Sett over hele overvåkingsperioden har fjærrose, som eneste art i bunnsjiktet, økt fra 19 til 34 % dekning, mens gåsefotskjeggrose (*Barbilophozia lycopodioides*), har gått tilbake år for år, fra forekomst i 26 vegetasjonsflater i 1999 til 13 i 2021. Fremgang for store moser og tilbakegang for små moser er beskrevet for flere av TOV-områdene (Økland m. fl. 2019), hvor økt vekst for store moser forklares ved at flere milde og nedbørrike høster de siste tiårene har forlenget vekstsesongen (Halvorsen 2010). Manglende smågnager-topper og andre forstyrrelser synes også å være til fordel for de store mosene (Halvorsen 2010). Er mosene fuktet vokser de så lenge de får nok lys, selv ved relativt lave temperaturer (Glime 2020). Lengre vekstsesonger fører til at åpninger i skogbunnen tettes igjen av store moser som vokser og forgreiner seg raskere enn små moser. Når matta av store moser blir tettere, begraves de små mosene, og mulighetene for nyetablering/overlevelse av små moser reduseres (Økland m. fl. 2009, Halvorsen 2010). Begravde moseskudd lider under lysmangel, vokser dårligere enn sine naboskudd, og dør oftest i løpet av få år.

Litteraturreferanser

- Andreassen K., Clarke N., Røsberg I. & Timmermann V. 2010. Intensiv skogovervåking i 2009. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Rapport fra Skog og landskap 08/2010: 1-27.
- Andreassen K., Clarke N., Røsberg I., Timmermann V. & Aas W. 2005. Intensiv skogovervåking i 2004. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Aktuelt fra skogforskningen 8/05: 1–19.
- Buriánek V., Novotný R., Hellebrandová K. & Šrámek V. 2013. Ground vegetation as an important factor in the biodiversity of forest ecosystems and its evaluation in regard to nitrogen deposition. *Journal of Forest Science* 59(6): 238–252.

- Diekmann M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and Applied Ecology*, 4(6), 493-506.
- Eichhorn, J., Roskams, P., Potočić, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., Seletković, I., Schröck, H.-W., Nevalainen, S., Bussotti, F., Garcia, P., Wulff, S. 2020. Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. In: UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 49 p. + annex. ISBN: 978-3-86576-162-0. Last update 12/2021. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Eldegard K., Scholten J., Stokland J.N., Granhus A. & Lie M. 2019. The influence of stand density on bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) cover depends on stand age, solar irradiation, and tree species composition. *Forest Ecology and Management* 432: 582–590.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica XVII*. Göttingen. 258 sider.
- Ferretti, M., Bacaro, G., Brunialti, G., Calderisi, M., Croisé, L., Frati, L., & Nicolas, M. 2021. Tree canopy defoliation can reveal growth decline in mid-latitude temperate forests. *Ecological Indicators* 127, 107749. doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107749
- Forsius, M., Posch, M., Holmberg, M., Vuorenmaa, J., Kleemola, S., Augustaitis, A., Beudert, B., Bochenek, W., Clarke, N., de Wit, H., Dirnböck, T., Frey, J., Grandin, U., Hakola, H., Kobler, J., Kram, P., Lindroos, A.-J., Löfgren, S., Pecka, T., Rönnback, P., Skotak, K., Szpikowski, J., Ukonmaanaho, L., Valinia, S., Váňa, M. 2020. Assessing critical load exceedances and ecosystem impacts of anthropogenic nitrogen and sulphur deposition at unmanaged forested catchments in Europe. *Science of the Total Environment*, 753: 141791 (2021) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141791.
- Gilliam F.S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *BioScience* 57(10): 845-858.
- Gjærum H.B. 1970. En merkelig sopp på blåbær. *Blyttia* 28(3): 159-163.
- Glime J.M. 2020 *Bryophyte Ecology*. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. <https://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology/>.
- Göttlein, A., Baier, R. & Mellert, K.H. 2011. Neue Ernährungskennwerte für die forstlichen Hauptbaumarten in Mitteleuropa – Eine statistische Herleitung aus VAN DEN BURG's Literaturzusammenstellung. *Allg. Forst- u. J.Ztg.* 182(9/10):173-186.
- Halvorsen R. 2010. Demografiundersøkelser av etasjemose i sju granskogsområder 1990–2009. I: Framstad, E. (red.), *Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2009: Markvegetasjon, smågnagere og fugl*. NINA Rapport 580: 17-27.
- Hill M.O., Preston C.D., Bosanquet S.D.S. & Roy D.B. 2007. BRYOATT - Attributes of British and Irish Mosses, Liverworts and Hornworts. With information on Native Status, Size, Life Form, Life History, Geography and Habitat. - NERC Centre for Ecology and Hydrology and Countryside Council for Wales.
- Hill M.O., Preston, C.D., & Roy, D.B. 2004. PLANTATT - attributes of British and Irish plants: status, size, life history, geography and habitats. Huntingdon: Centre for Ecology & Hydrology.
- Johnson, J., Graf Pannatier, E., Carnicelli, S., Cecchini, G., Clarke, N., Cools, N., Hansen, K., Meeseburg, H., Nieminen, T.M., Pihl-Karlsson, G., Titeux, H., Vanguelova, E., Verstraeten, A., Vesterdal, L., Waldner, P., Jonard, M. 2018. The response of soil solution chemistry in European forests to decreasing acid deposition. *Global Change Biology*, DOI: 10.1111/gcb.14156.
- Kjønaas, O.J. & Stuanes, A.O. 2008. Effects of experimentally altered N input on foliage, litter production and increment in a Norway spruce stand, Gårdsjön, Sweden over a 12-year period. *International Journal of Environmental Studies* 65: 433-465.
- Lindo Z. & Gonzalez A. 2010. The bryosphere: an integral and influential component of the Earth's biosphere. *Ecosystems* 13: 612-627.
- Lorenz, M., Fischer, R., Becher, G., Mues, V., Granke, O., T. Braslavskaya, T., Bobrinsky, A., Clarke, N., Lachmanová, Z., Lukina, N. & Schimming, C. 2009: *Forest Condition in Europe. 2009 Technical Report of ICP Forests*. Work report of the Institute for World Forestry 2009/1, Hamburg, 85 pp + Annexes.
- Michel, A., Prescher, A.K. & Schwärzel, K. (eds.) 2022. *Forest condition in Europe: The 2022 Assessment*. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute, *in prep*.
- Moen, A. 1998. *Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon*. Statens kartverk, Hønefoss.

- Nestby R., Percival D., Martinussen I., Opstad N. & Rohloff J. 2011. The European blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the potential for cultivation. A review. *The European journal of plant science and biotechnology* 5: 5-16.
- Nielsen A., Totland Ø. & Ohlson M. 2007. The effect of forest management operations on population performance of *Vaccinium myrtillus* on a landscape-scale. *Basic and Applied Ecology* 8(3): 231- 241.
- Nilsson M.C. & Wardle D.A. 2005 Understorey vegetation as a forest ecosystem driver evidence from the northern Swedish boreal forest. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(8): 421-428.
- Nybakken L, Selås V, Ohlson M. 2013. Increased growth and phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) following forest clear-cutting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28:319-330.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82-7169-917-2. 23 pp.
- Rautio, P., Fürst, A., Stefan, K., Raitio, H., Bartels, U. 2020: Part XII: Sampling and Analysis of Needles and Leaves. Version 2020-3. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, 16 p. + Annex. Last update 01/2021. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Solberg S., Andreassen K., Clarke N., Røsberg I., Tørseth K. Aamlid D. & Aas W. 2000. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1999. *Aktuelt fra skogforskningen* 5/00: 1-22.
- Stefan, K., Fürst, A., Hacker, R. & Bartels, U. 1997. Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, 1997, Brussels, Geneva, 207.
- Svensson, T., Lovett, G.M., Likens, G.E. 2012. Is chloride a conservative ion in forest ecosystems? *Biogeochemistry* 107: 125-134, DOI 10.1007/s10533-010-9538-y.
- Såstad S., & Moen A. 1995. Classification of mire localities and mire species in central Norway by vegetational regions, Ellenberg species indicator values and climatic data. *Gunneria*, 70: 177-198.
- Tamm, C.O., Hallbäck, L. 1986. Changes in soil pH over a 50-year period under different forest canopies in SW Sweden. *Water, Air & Soil Pollution* 31: 337-341.
- Timmermann V., Andreassen K., Clarke N., Flø D., Magnusson C., Nordbakken J.-F., Røsberg I., Solheim H., Thunes K.H., Wollebæk G., Økland B. & Aas W. 2017. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2016. NIBIO rapport / vol. 3/107: 1-80.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.) 2022. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde. ISBN: 978-3-86576-162-0. Revised 2020-2022. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>.
- Waldner, P., Marchetto, A., Thimonier, A., Schmitt, M., Rogora, M., Granke, O., Mues, V., Hansen, K., Pihl Karlsson, G., Žlindra, D., Clarke, N., Verstraeten, A., Lazdins, A., Schimming, C., Iacoban, C., Lindroos, A.-J., Vanguelova, E., Benham, S., Meesenburg, H., Nicolas, M., Kowalska, A., Apuhtin, V., Nappa, U., Lachmanová, Z., Kristoefel, F., Bleeker, A., Ingerslev, M., Vesterdal, L., Molina, J., Fischer, U., Seidling, W., Jonard, M., O’Dea, P., Johnson, J., Fischer, R., Lorenz, M. 2014. Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment* 95: 363-374.
- Økland R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. *Sommerfeltia Supplement* 1: 1-233.
- Økland T., Nordbakken J.-F., Engan G. & Røsberg I. 2019. Vegetasjonsundersøkelser av boreal granskog i Gutulia nasjonalpark i 2017. I: Framstad E. (red.) 2019. Terrestrisk naturovervåking i 2017: Markvegetasjon, epifytter, smånagere og fugl. Sammenfatning av resultater. NINA Rapport 1608: 34-49.
- Økland, T., Røsberg, I. & Bratli, H. 2009. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal granskog i Rausjømarka i Akershus. I: Framstad, E (red.), Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2010: Markvegetasjon, epifytter, smånagere og fugl. NINA Rapport 490: 70-79.
- Aarrestad P.A., Bakkestuen V. & Stabbetorp O.E. 2011. Utprøving av metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk tilført nitrogen på fattig fjellvegetasjon. Pilotprosjekt for Natur indeks for Norge-NINA Rapport 741: 1-26.
- Aas, W., Berglen, T. F., Eckhardt, S., Fiebig, M., Solberg, S., Yttri, K.E. 2022. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway. Annual Report 2021. NILU report 18/2022, Norwegian Environment Agency report M-2303|2022. Kjeller, NILU.

3 Overvåking av bjørkemålere i Troms og Finnmark

Ole Petter Laksforsmo Vindstad (UiT) og Jane Uhd Jepsen (NINA)

3.1 Innledning

Utbrudd av bjørkemålere er den viktigste naturlige forstyrrelsesfaktoren i bjørkeskogen i Nord-Norge og i fjellbjørkeskogen lenger sør i landet. Bjørkemålere har sykliske bestandssvingninger, og utbrudd av varierende geografisk omfang og alvorlighetsgrad forekommer omtrent hvert 10. år. Alvorlige utbrudd som pågår over flere år, kan føre til høy dødelighet hos bjørk. Utbrudd som berører store arealer forårsakes hovedsakelig av artene fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*) og brun høstmåler (*Operophtera brumata*), men gul frostmåler (*Agriopsis aurantiaria*) kan også oppnå høye tettheter lokalt. Fjellbjørkemåleren er en stedegen art i Nord-Norge, mens brun høstmåler er en sørlig art som gradvis har spredt seg lenger nord og øst i regionen (Jepsen m. fl. 2008). I dag forekommer brun høstmåler i stort sett hele Nord-Norge. Gul frostmåler har også spredt seg nordover i senere år (Jepsen m. fl. 2011), men nordøstgrensen for artens utbredelse per i dag er dårlig kjent. Lokalt i Sør- og Midt-Norge kan arten blek høstmåler (*O. fagata*) oppnå utbruddstettheter, men det finnes hittil ingen sikre observasjoner av denne arten i Troms og Finnmark. Arten kan ikke anses som en alvorlig skadegjører i Norge.

Bestandsovervåking og forskning på bjørkemålere har pågått i Troms siden 1999 i et samarbeid mellom UiT og NINA. Overvåkingen faller i dag inn under skogtundramodulen i Klimaøkologisk Observasjonssystem for Arktisk Tundra (COAT, <https://www.coat.no/>). Etter omfattende utbrudd i Øst-Finnmark på 2000-tallet ble overvåkingen utvidet til å omfatte skoghelse (fra 2010), og bestands-overvåking av målere (fra 2015) i denne regionen. En utvidet skoghelsekartlegging som også omfattet nord-vestlige, midtre og sørlige deler av Finnmark ble gjennomført i 2020. Fra 2019 har bestands-overvåkingen også omfattet vierkratt i overgangssonene mellom fjellbjørkeskog og lavarktisk tundra på Varangerhalvøya. Dette som følge av at brun høstmåler nylig har etablert seg som utbruddsart i kystnære vierkratt i dette området (Vindstad m. fl. 2022). I tillegg til den feltbaserte overvåkingen gjennomføres det hvert år en satellittbasert utbruddskartlegging for hele Troms og Finnmark.

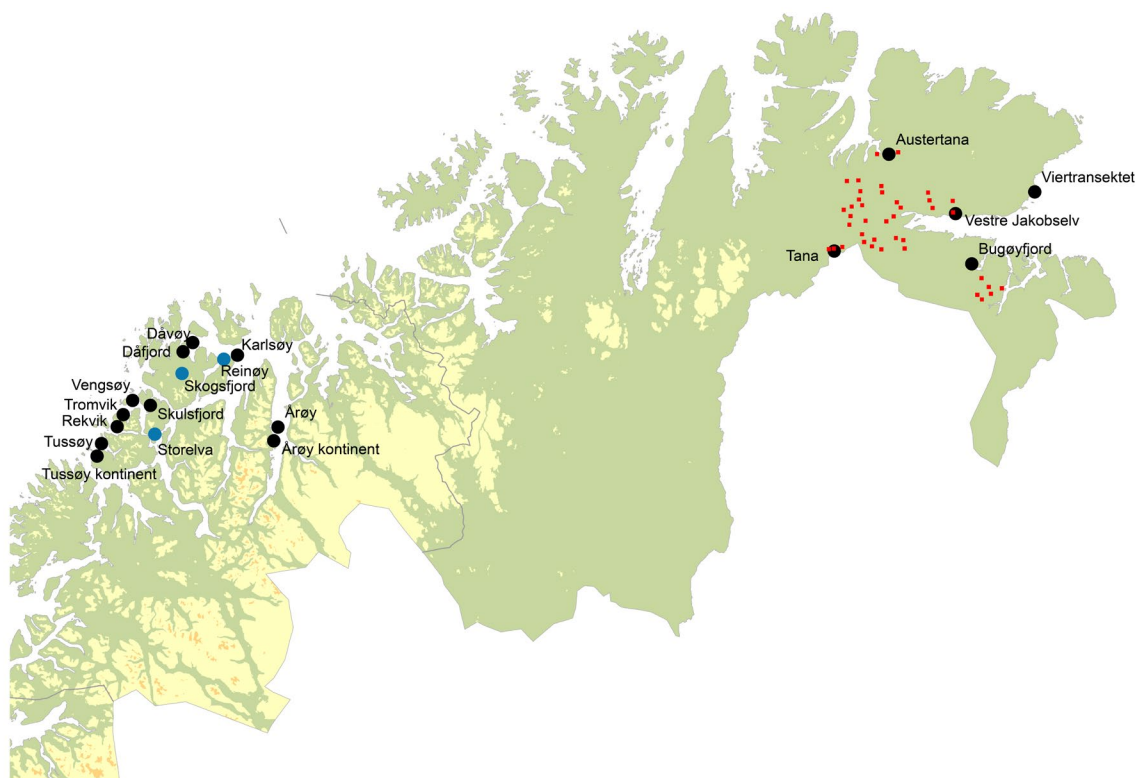
Under presenterer vi en oppdatert oversikt over bestandsutviklingen hos bjørkemålere i Troms og Finnmark, samt en kort oppsummering av innrapporterte skader fra 2021 fra Skogskader.no. Vi viser til rapporten fra 2018 (Timmermann m. fl. 2018) for utvalgte resultater fra den satellittbaserte utbruddskartlegging og skogskadekartleggingen i Øst-Finnmark, og til rapporten fra 2021 (Timmermann m. fl. 2021) for en oppsummering av skoghelsekartleggingen fra 2020.

3.2 Metoder

Bestandsovervåkingen for målere i bjørkeskog utføres på 288 stasjoner fordelt på 14 lokaliteter i Troms og 4 lokaliteter i Øst-Finnmark (Figur 25). På tre av lokalitetene i Troms overvåkes bestanden i høydegradienter med 40–44 replikerte stasjoner fordelt på fire høyder fra havnivå til tregrense. På de øvrige lokalitetene overvåkes bestanden langs enkle transekter med 10 replikerte stasjoner, alle på samme høyde, midtveis mellom havnivå og tregrense. Bestandsovervåking på vier i Øst-Finnmark utføres i et transekt på 28 stasjoner som løper nordøstover langs kysten fra Vadsø mot Vardø. Dette representerer en gradient fra fjellbjørkeskog til lavarktisk tundra.

All bestandsovervåking gjennomføres i henhold til samme standardiserte metodikk. Målerlarvene klekker fra egg rundt tidspunktet for bjørkas løvsprett og gjennomgår fem larvestadier før de forpupper seg i bakken. Bestandsovervåkingen tilpasses larvenes fenologi og gjennomføres når

flertallet av larvene har nådd fjerde larvestadium, typisk fra midten av juni til begynnelsen av juli. På hver stasjon klippes en gren i armlengde fra hvert av 10 tilfeldig utvalgte trær og grenene bankes enkeltvis i en stor plastkasse, slik alle larver faller ned i kassen. Larvene telles og artsbestemmes og totalt antall larver av hver art noteres (Ims m. fl. 2004).

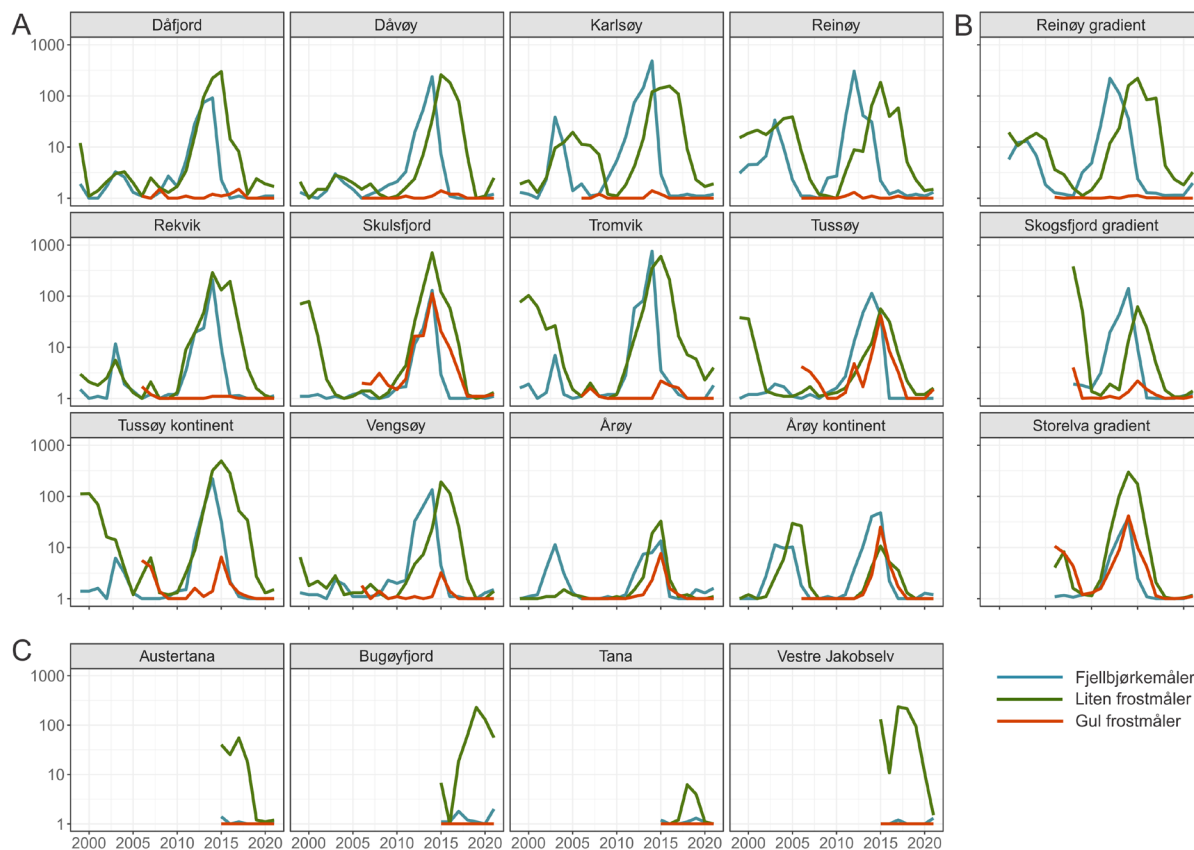


Figur 25. Beliggenheten til de i alt 19 lokalitetene med bestandsovervåking i bjørkeskog (18 lokaliteter) og på vierkratt (1 lokalitet). Overvåkingen foregår i hhv. enkle transekter (svart) og høydegradienter (blå). Overvåkingsflater for skagskade i Finnmark er markert med små røde symboler.

3.3 Resultater

3.3.1 Bestandsovervåking

De fleste overvåkingslokalitetene i Troms har hatt to bestandstopper av bjørkemålere siden bestandsovervåkingen startet i 1999 (Figur 26). Den første av disse inntraff tidlig på 2000-tallet og hadde kun moderate bestandstettheter. Den neste toppen hadde mye høyere tettheter og inntraff i perioden 2012–2016. For regionen som helhet samstemmer dette godt med 10-års intervallet mellom bestandstopper som er typisk for skandinaviske målerbestander. I likhet med andre skandinaviske bestander viser bestandene i Troms også stor grad av geografisk synkronitet, slik at bestandstopperne inntreffer omtrent samtidig på de ulike overvåkingslokalitetene. Det er imidlertid verdt å merke seg at det er betydelig variasjon mellom enkeltlokaliteter både i tidsintervallet mellom bestandstopper og grad av synkronitet med andre lokaliteter. Et annet karakteristisk fenomen som fremkommer av bestandsovervåkingen, er at topper av fjellbjørkemåleren vanligvis inntreffer 1–3 år før topper av de andre artene. Denne tidsforsinkelsen mellom artene var særlig tydelig under den andre bestandstoppen i Troms, og dette resulterte i en samlet bestandstopp på 3–4 år på flere lokaliteter.



Figur 26. Bestandsovervåking. A) Gjennomsnittlig antall larver per stasjon (logaritmisk skala) på 12 transekter i Troms, B) på tre høydegradienter i Troms, og C) på fire transekter i Øst-Finnmark. Transektet på Reinøy utgjør en del av høydegradienten på samme lokalitet.

Bestandstallene fra Troms domineres av fjellbjørkemåler og brun høstmåler gjennom hele tidsserien. Gul frostmåler ble imidlertid funnet sporadisk fra 2004 og inkludert som en ny art i overvåkingen fra 2006. Arten er siden funnet på alle overvåkingslokaliteter i Troms og oppnådde tettheter som er sammenlignbare med de to andre artene på fire lokaliteter (Storelva, Årøy kontinent, Skulsfjord og Tussøy) under den siste bestandstoppen.

Det seneste utbruddet i Troms hadde gjennomsnittstettheter på opp mot 1000 larver per stasjon (dvs. 100 per gren) på noen lokaliteter. Dette resulterte i betydelig kronetap over flere år på alle lokaliteter unntatt de to østligste (Årøy, Årøy kontinent), og forårsaket stammedødelighet særlig på lokalitetene Reinøy, Rekvik, Karlsøy, Tromvik og Skulsfjord.

Bestandstettheten av målere i Troms var sterkt nedadgående etter 2016, og pr. 2019 hadde bestandene på de fleste lokalitetene nådd et lavpunkt på under 5 larver per stasjon i gjennomsnitt for alle arter. Disse lave tetthetene vedvarte i 2020 og 2021. I årene som kommer må vi forvente at målerbestandene i Troms vil begynne å øke mot en ny topp. Svake tilløp til økning ble observert på noen lokaliteter i Troms allerede i 2021.

På de fire overvåkingslokalitetene i bjørkeskog i Øst-Finnmark har fjellbjørkemåleren vært nesten fraværende siden overvåkingen startet i 2015 (Figur 26). Dette indikerer at arten har befunnet seg i lavfasen av syklus i Øst-Finnmark i de seneste årene. Dette stemmer med at (Klemola m. fl. 2016) rapporterte at bestanden av fjellbjørkemåler i Hana nord for Varangerfjorden var gått inn i kollapsfasen av syklus i 2015. Samtidig var bestanden av brun høstmåler i Hana økende. Dette samstemmer med relativt høye tettheter av sistnevnte art i 2015–2017 på de to overvåkingslokalitetene Austertana

og Vestre Jakobselv, lokalisert hhv. nord og øst for Hana. Per 2021 hadde bestandene av brun høstmåler i både Austertana og Vestre Jakobselv kollapset og gått inn i lavfase av syklus.

I Bugøyfjord (sør for Varangerfjorden) viste bestanden av brun høstmåler en kraftig økning i perioden 2017–2019. I 2019 resulterte dette i alvorlig kronetap i overvåkingstransektet og nærliggende områder. Per 2021 var bestanden i Bugøyfjord på tydelig retur, selv om gjennomsnittstettheten fortsatt lå på over 50 larver per stasjon. Det ser dermed ut til at bestandstoppen av brun høstmåler i Bugøyfjord er forsinket med 2–3 år sammenlignet med lokalitetene nord for Varangerfjorden. Det er også verdt å merke seg at det i 2021 ble innrapportert et betydelig utbrudd av brun høstmåler øst for Kirkenes til [Skogskader.no](https://www.skogskader.no). Dette samstemmer med resultatene fra satellittovervåking av forrige utbruddssyklus i Øst-Finnmark (2002–2008), hvor områdene sør for Varangerfjorden var de siste som opplevde alvorlig kronetap (Jepsen m. fl. 2009). For Øst-Finnmark som helhet må vi derfor forvente at bestandene av brun høstmåler nå vil holde seg lave i de nærmeste årene.

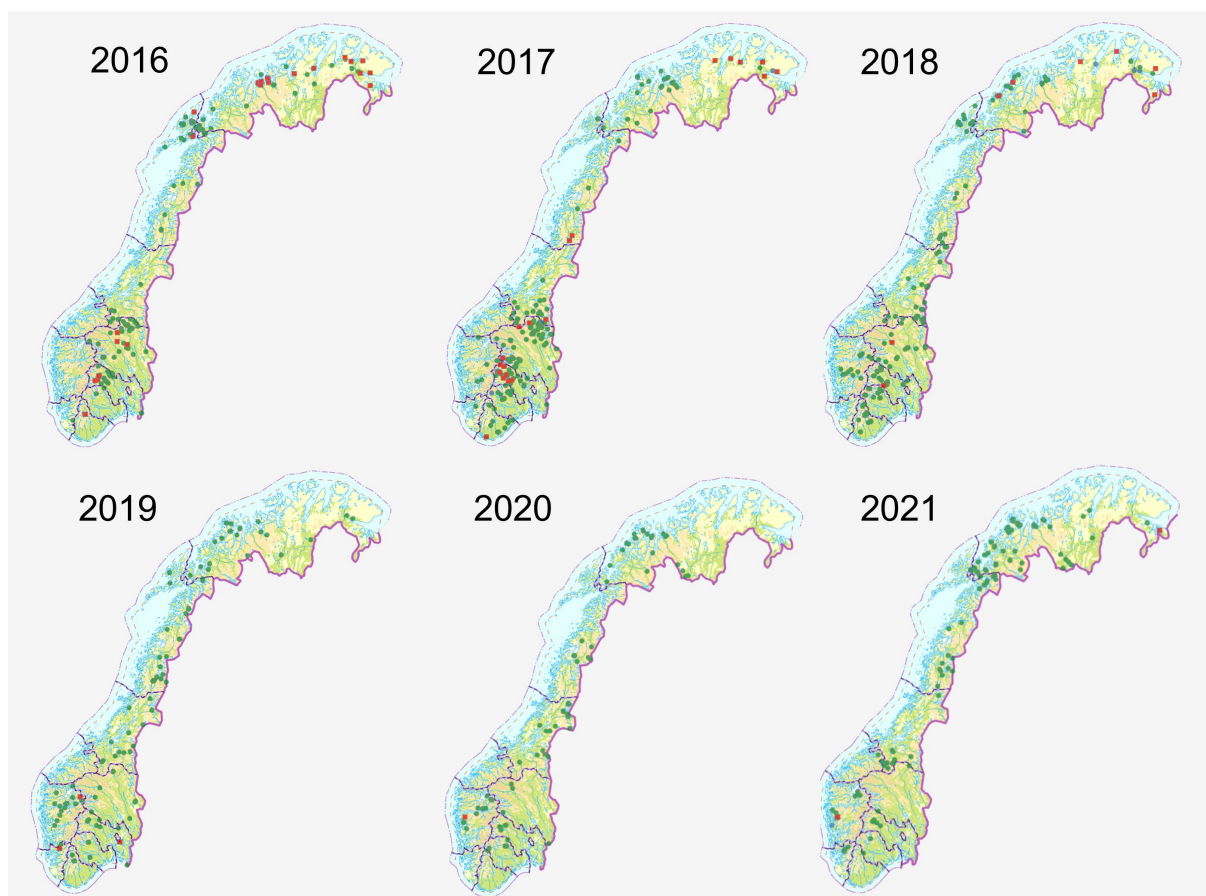
Tettheten av høstmålerlarver langs viertransektet i tundraen øst for Vadsø viste også en sterk tilbakegang mellom 2019 og 2021. Dette samstemmer med en regional nedgang i høstmålerbestandene på bjørk.

3.3.2 Innrapporterte skader

De fleste skadeobservasjonene for bjørkemålere rapportert til [Skogskader.no](https://www.skogskader.no) for perioden 2017–2018 var lokalisert i fjellregionene sør i landet, mens Nord-Norge kun hadde mer sporadiske skaderapporter i denne perioden (Figur 27). Sistnevnte samstemmer med kollapsen i målerbestandene som har blitt fanget opp av bestandsovervåkingen i Troms etter 2016, mens rapportene fra fjellet i sør i denne perioden må antas å representere en bestandstopp lenger sør i landet. Etter 2019 har imidlertid tettheten av rapporter avtatt betraktelig også i fjellet i sør. Dette tyder på at målerbestandene har vært nedadgående eller lave også i denne delen av landet i de seneste årene. For 2021 er det verdt å merke seg at det har vært en betydelig økning i antall innrapporterte skader for sørlige deler av Troms og nordlige deler av Nordland. Dette tyder på at målerbestandene i denne regionen øker litt tidligere enn bestandene litt lenger nord (jf. Figur 26). En ny bestandstopp må forventes i Troms og Nordland i de kommende 2–3 årene.

De fleste observasjonene til [Skogskader.no](https://www.skogskader.no) er rapportert av Landsskogtakseringen. Det er viktig å være klar over at disse observasjonene ikke nødvendigvis representerer årets skader, da Landsskogtakseringens flater ikke besøkes årlig og skader som registreres på bestandsnivå kan være akkumulert over flere år. Landsskogtakseringens overvåking av enkelttrær gir et tydeligere bilde av årets situasjon, da man her også registrerer skader på blader, som nødvendigvis må være påført i inneværende år. I tillegg registreres skader på kvist, grener og topp, som kan være akkumulert over flere år.

I 2021 ble det registrert skader av målere på totalt 460 trær, hvorav 98 % var bjørk (Tabell 10). Dette er nesten tre ganger så mange trær som det ble rapportert om skade på i 2020. Denne økningen har i all hovedsak funnet sted i Nord-Norge, hvor antall skadde trær er mer enn firedoblet siden 2020. Halvparten (51 %) av de skadde trærne i Nord-Norge hadde skade på blader, som betyr at skaden var påført i inneværende år. Alle trærne med skader på blader i Nord-Norge var lokalisert i Sør-Troms eller Nordland. I likhet med de innrapporterte observasjonene til [Skogskader.no](https://www.skogskader.no), tyder overvåkingen av enkelttrær dermed på at målerbestandene i Troms og Nordland nå er i økning.



Figur 27. Den geografiske fordelingen av innrapporterte skader etter målerangrep på [Skogskader.no](https://www.skogskader.no) for årene 2016–2021.

Tabell 10. Antall trær (%) med skader etter målere i 2021 fordelt på landsdel og skadetype i Landsskogstakseringens overvåkingsflater.

	Antall trær (%) med skader på blader	Antall trær (%) med skader på kvist, grener og topp	Totalt
Østlandet	3 (9%)	29 (91%)	32
Sørlandet	0	0	0
Vestlandet	43 (96%)	2 (4%)	45
Midt-Norge	2 (4%)	51 (96%)	53
Nord-Norge	168 (51%)	162 (49%)	330
Hele landet	216 (47%)	244 (53%)	460

3.4 Diskusjon

Fjellbjørkeskogen både i Nord-Norge og fjellregionene i sørlige halvdel av landet opplevde betydelige utbrudd av bjørkemålere i perioden 2012–2018. Bestandsovervåkingen i Troms viser at bestandene her begynte å kollapse rundt 2016, og har befunnet seg i en lavfase i de siste 2–3 årene. Innrapporterte skader fra fjellet i sør tyder på at bestandskollapsen her fant sted noe senere enn i Troms, men at målerbestandene var nedadgående eller lave i også i sørlige halvdel av landet etter 2019. Det samme ser ut til å gjelde for Finnmark, med unntak av et pågående utbrudd lengst øst i denne regionen i 2021.

Den viktigste observasjonen fra årets overvåkingsdata, er at en ny bestandstopp nå antageligvis er under oppbygging i deler av Troms og Nordland. Dette bildet fremkommer hovedsakelig fra de

innrapporterte skadene til Skogskader.no og Landsskogtakseringens overvåking av enkelttrær. At målerbestandene i Troms og Nordland nå er i økning, samstemmer godt med tiårsintervallet som forventes mellom bestandstopper hos målere i fjellbjørkeskogen. Dermed kan vi forvente at skogen i disse regionene vil oppleve økende påvirkning fra målere i årene som kommer.

Utbrudd av bjørkemålere, både i Nord-Norge og i fjellet i sør, har forekommet langt tilbake i tid (Tenow 1972), og er en naturlig del av fjellbjørkeskogens dynamikk. Også historiske utbrudd har forårsaket omfattende dødelighet i bjørkeskogen f.eks. på 1960-tallet, der store arealer av bjørkeskog nord i Finland, Sverige og Norge ble drept av et utbrudd av fjellbjørkemåler (Tenow 1972). Med et mildere klima har imidlertid brun høstmåler og gul frostmåler ekspandert utbruddsområdene sine stadig lenger nordover og østover, og dette har gitt mer artsrike samfunn av utbruddsarter både i Troms og Øst-Finnmark. Dermed må vi også forvente mer skade på skogen. Dette skyldes særlig den karakteristiske tidsforskyvningen mellom bestandstopper av fjellbjørkemåler og brun høstmåler, som fører til at skogen utsettes for mer langvarige utbrudd når de to artene opptrer sammen.

For å forstå dynamikken til et system som er i endring er det viktig at overvåkingen er både langsiktig og tilpasningsdyktig (adaptiv). De langsiktige larvetidsseriene i Troms og Øst-Finnmark er en av kjerneaktivitetene til skogtundramodulen i COAT. Disse tidsseriene har tillatt oss å dokumentere etablering og spredning av gul frostmåler i Troms, og etableringen av brun høstmåler i kratt-tundra lengst øst i Finnmark, og kan også hjelpe oss til å fange opp etableringen av eventuelle andre nye skadearter i fremtiden. Larvetidsseriene gir også et detaljert bilde av kvantitativ variasjon i måler-tettheten i tid og rom. Seriene er imidlertid arbeidskrevende å samle inn, og de kan dermed driftes bare på et begrenset antall lokaliteter. Innrapporterte skader fra Landsskogtakseringen er et viktig supplement til larvetidsseriene, fordi de innrapporterte skadene har en større romlig dekning. Dette gjør det mulig å fange opp overordnede mønstre i målerdynamikken i områder hvor det ikke utføres larvetellinger. Verdien av dette er tydelig i årets data, hvor innrapporterte skader fra Troms og Nordland fanger opp en økning i skadeomfang som foreløpig er lite synlig i larvetidsseriene fra kysten av Troms.

Litteraturreferanser

- Ims, R. A., N. G. Yoccoz, and S. B. Hagen. 2004. Do sub-Arctic winter moth populations in coastal birch forest exhibit spatially synchronous dynamics? *Journal of Animal Ecology*, 73: 1129-36.
- Jepsen, J. U., L. Kapari, S. B. Hagen, T. Schott, O. P. L. Vindstad, A. C. Nilssen, and R. A. Ims. 2011. Rapid northwards expansion of a forest insect pest attributed to spring phenology matching with sub-Arctic birch, *Global Change Biology*, 17: 2071-83.
- Jepsen, J.U., S.B. Hagen, R.A. Ims, and N.G. Yoccoz. 2008. Climate change and outbreaks of the geometrids *Operophtera brumata* and *Epirrita autumnata* in sub-arctic birch forest: evidence of a recent outbreak range expansion, *Journal of Animal Ecology*, 77: 257-64.
- Jepsen, J. U., S. B. Hagen, S. Karlsen, and R. A. Ims. 2009. Phase-dependent outbreak dynamics of geometrid moth linked to host plant phenology, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276: 4119-28.
- Klemola, T., T. Andresson, and K. Ruohomäki. 2016. No regulatory role for adult predation in cyclic population dynamics of the autumnal moth, *Epirrita autumnata*, *Ecological Entomology*, 41: 582-89.
- Tenow, O. 1972. The outbreaks of *Oporinia autumnata* Bkh. and *Operophtera* spp. (Lep., Geometridae) in the Scandinavian mountain chain and Northern Finland 1862-1968., *Zoologiska Bidrag från Uppsala, Suppl.* 2: 1-107.
- Timmermann, V., K. Andreassen, M.B. Brurberg, N. Clarke, M. Herrero, J.U. Jepsen, H. Solheim, G. Strømeng, V. Talgø, O.P.L. Vindstad, G. Wollebæk, B. Økland, and W. Aas. 2018. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2017. NIBIO rapport 4(102): 84 pp.
- Timmermann, V., Beachell, A.M., Brurberg, M.B., Børja, I., Clarke, N., Fløistad, I.S., Hietala, A., Hysten, G., Jepsen, J.U., Nordbakken, J.-F., Pettersson, M., Solberg, S., Solheim, H., Talgø, V., Vindstad, O.P.L., Økland, B., Aas, W. (2021). Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2020. NIBIO Rapport 7(166): 79 pp.
- Vindstad, O.P.L., J.U. Jepsen, H. Molvig, and R. A. Ims. 2022. A pioneering pest: the winter moth (*Operophtera brumata*) is expanding its outbreak range into Low Arctic shrub tundra, *Arctic Science*, 8: 450-70.

4 Barkbilleovervåkingen 2021 og mulig overgang til to generasjoner

Bjørn Økland, Paal Krokene, Jostein Gohli og Holger Lange (NIBIO)

4.1 Innledning

Stor granbarkbille (*Ips typographus* L.) regnes blant de verste skadegjørerne i europeiske barskoger. Arten har hatt gjentatte utbrudd flere steder i Europa – land som Tsjekkia, Slovakia og Tyskland har hatt store angrep av granbarkbiller under de varme og tørre somrene de siste årene (Hlásny m.fl. 2019). Særlig Tsjekkia har vært hardt rammet av tørke- og barkbilleskader, hvor 71 millioner kubikk-meter gran ble drept i tiåret 2011–2020 (Miloš Knižek pers. komm.). I Sverige har rundt 28 millioner kubikk-meter gran blitt avvirket i perioden 2018–2021 som følge av tørke- og barkbilleskader. I Norge har det ikke vært barkbilleutbrudd siden 1970-tallet, da det gikk med ca. 5 millioner kubikk-meter gran til en verdi av rundt 2,3 milliarder norske kroner (beregnet med tømmerpriser for 2016).

Den norske overvåkingen av stor granbarkbille har pågått årlig siden 1979. Stor granbarkbille utmerker seg i forhold til de fleste andre barkbillearter ved å kunne angripe og drepe friske grantrær i stort omfang når billene er svært tallrike (Berryman 1982, Økland m.fl. 2016). Stor granbarkbille bærer med seg blåvedsopper som hjelper billene å kolonisere levende trær som ellers er beskyttet av effektive forsvarsmekanismer (Krokene 2015). Overvåkingen av stor granbarkbille har til formål å varsle den lokale skogforvaltningen når barkbillepopulasjonene blir alarmerende store. Kommunenes oppgaver i overvåkingen er hjemlet i skogbruksloven §9 og forskrift om bærekraftig skogbruk §10 (www.lovdata.no).

Også andre faktorer i tillegg til mengden av barkbiller kan øke risikoen for barkbilleutbrudd. Tørke svekker trærnes motstandskraft mot angrep av billene (Netherer m.fl. 2015, Krokene 2015). Utbrudd av stor granbarkbille kan være flere år frem til «lageret» av svekkete trær blir brukt opp, eller tørkeperioden tar slutt og trærne får tilbake sin naturlige motstandskraft (Økland & Bjørnstad 2006, Kausrud m.fl. 2012). Mye tyder på at den lange varigheten av flere utbrudd i Sentral-Europa kan ha sammenheng med store lagre av svekkete trær. Mengden granskog (særlig hogstklasse 4 og 5) har også vist seg å være en viktig faktor for barkbilleutbrudd (Worrel 1983, Kärverno m.fl. 2014). Varmere land sør for Norge har gjerne to eller flere generasjoner av granbarkbiller per år. I Norge har én generasjon per år vært det vanlige, men to generasjoner synes nå å forekomme i de varmeste områdene i Norge (Økland m.fl. 2021b). Omfanget av to generasjoner i Norge kan bli økende med et varmere klima (Jönsson m.fl. 2011). En overgang til to generasjoner innebærer mer skogskade fordi billene da vil ha to angrepsperioder hver sommer.

Barkbilleovervåkingen er et redskap for å varsle skogforvaltningen når barkbillebestandene er store og risikoen for skogskader øker. Fra og med 2021 er varslingen oppgradert med kartlag i NIBIOs Skogportal som viser annen relevant informasjon for å bedømme utbruddsrisikoen, slik som beregnet dato for fullføring av første og en eventuell andre barkbillegenerasjon, mengde stående granskog og hvor mye granskog som ble drept i ulike kommuner under utbruddet på 1970-tallet (områder med skader nå overlapper delvis med de som var rammet på 1970-tallet). Samlet danner disse kartlagene, samt fylkesvise skaderapporter som samles inn av Landbruksdirektoratet, grunnlaget for en varsling av risiko for barkbilleutbrudd som Landbruksdirektoratet publiserer fire ganger i løpet av sesongen (i ukene 21, 24, 28 og 33) i samråd med NIBIO. Varslingen blir vist i et eget kartlag i Skogportalen (se lenke i www.nibio.no/barkbilleovervaking eller velg Skogportalen og kartlaget «Sonevis varsel» under <https://kilden.nibio.no>).

Dette kapittelet omfatter to temaer:

1. Resultatene fra barkbilleovervåkingen med feromonfeller i 2021 summeres opp. En mer utfyllende beskrivelse av overvåkingen og resultatene fra 2021 finnes i en egen rapport (Økland m.fl. 2021a).
2. Modellberegningene for utvikling av en eller to generasjoner i 2021 sammenlignes i ulike deler av Norge, og det diskuteres i hvilken grad andre generasjon faktisk kan ha forekommet i de ulike landsdelene.

4.2 Metoder

Attraksjonsferomonene for stor granbarkbille som brukes i den årlige barkbilleovervåkingen er de samme som billene benytter for å tilkalle artsfrender under angrep på levende trær. Disse feromonene ble identifisert og kunstig fremstilt for første gang under det store utbruddet på Østlandet på 1970-tallet (Bakke m.fl. 1977). Feromondispensere med attraksjonsferomoner (produsert av Kjemikonsult ANS: www.kjemikonsult.no) henges inne i insektfeller. Fra og med 2021 brukes det bare BEKA-feller, og alle fangstverdier fra andre fellemodeller som var i bruk tidligere år (1979–2020) blir omregnet til fangbarheten til BEKA-fellene (Økland m.fl. 2021a). Dette fører til gjennomgående høyere billeverdier enn i tidligere rapporter.

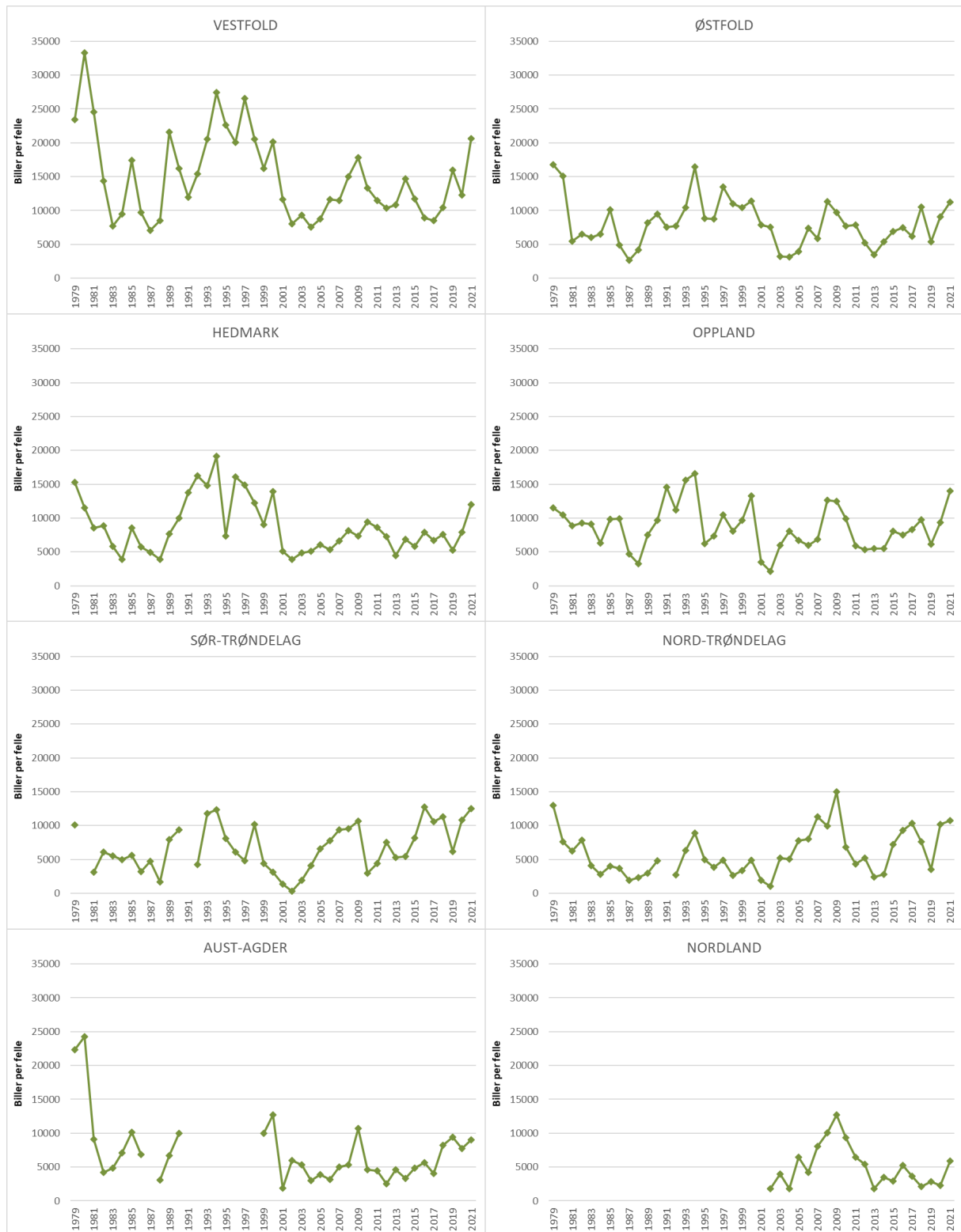
Barkbilleovervåkingen inkluderer data fra grandistriktene på Østlandet, Sørlandet, Trøndelag og Nordland (Helgeland). For at vi enkelt skal kunne sammenligne med overvåkingsdata fra tidligere år, har vi valgt å bruke geografiske inndelinger fra før siste runde med fylkessammenslåinger. I 2021 var det utplassert 580 barkbillefeller med feromoner fordelt på 116 kommuner (ved kommuneinndelingen per 2012). Data fra de tidligere årene i barkbilleovervåkingen (1979–2020) inkluderer omtrent det samme antallet barkbillefeller per år.

Fellene plasseres på hogstflater på minimum 2 dekar hvor det vinteren før ble avvirket gran. For å unngå billeskade på nærliggende skog blir fellene plassert minst 20 m fra skogkant. Hver fellelokalitet omfatter fire barkbillefeller plassert i hjørnene på en 3 × 3 m firkant. Når fellelokaliteten endres fra et år til et annet plasseres fellene så nær fjorårets fellested som mulig, og på tilnærmet samme skogtype. Fellene plasseres ut før 20. april og tømmes fire ganger gjennom sommeren (mandag eller tirsdag i ukene 21, 24, 28 og 33).

Fra og med 2021 omfatter overvåkingen også en varslingstjeneste med informasjon om hvor langt granbarkbillene har kommet i utviklingen av én og eventuelt to generasjoner gjennom sesongen. Beregningen av datoer og prosenter fullført utviklingsforløp av første og andre generasjon er basert på en utviklingsmodell NIBIO har laget for stor granbarkbille (Lange m.fl. 2006; 2009). Modellen er basert på kontrollerte laboratorieforsøk i Sveits (Wermelinger & Seifert 1998) og tar utgangspunkt i utviklingshastigheten for de ulike billestadiene under forskjellige temperaturer. Beregninger fra modellen har vært testet under norske forhold og viste godt samsvar med feltobservasjoner (Krokene 2011).

4.3 Resultater og diskusjon

De fleste fylkene/delfylkene viste en økning i fangstnivået av granbarkbiller i 2021 (Figur 28; Økland m.fl. 2021a). Økningen var størst i Vestfold som hadde over 20 000 biller per felle i snitt i 2021. Dette utgjør 69 % av nivået ved slutten av utbruddet på 1970-tallet og 75 % av nivået i 1994. Vestfold hadde også flest rapporterte tørke- og barkbilleskader i 2021. Vestfold og et par tilgrensende kommuner i Telemark er kjent for å ha mye tørkesvak mark som kan disponere for tørkestresset granskog og barkbilleskader, og på 1970-tallet var utbruddene av stor granbarkbille kraftigst på permiske bergarter i vestre og søndre deler av Vestfold (Worrel 1983). Tørkesommeren i 2018 bidro til mange tørke-svekkete grantrær som lett lar seg kolonisere av granbarkbillen.



Figur 28. Fangst av stor granbarkbille (snitt pr. felle) for Vestfold, Østfold, Hedmark, Oppland, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Aust-Agder og Nordland i perioden 1979–2021. Merk at verdiene i disse figurene er noe høyere enn i tilsvarende figurer i foregående års rapporter. Det skyldes at fangstverdiene i tidligere figurer var omregnet til fangbarheten for fellemodell 1980 (M80), mens de i år er omregnet til fangbarheten for BEKA-feller.

Barkbillepopulasjonene i Vestfold var relativt lave ved starten av 2018. Det har tatt et par år for disse populasjonene å ta i bruk svekkete trær og bygge seg opp til et høyt nivå, slik vi ser i 2021 (Figur 28). Populasjonsveksten har trolig vært raskest der tilgangen på svekkete trær har vært størst, og det kan

tenkes at tettheten av tørkesvekkete grantrær etter 2018 har vært størst i vestre og søndre deler av Vestfold. Dette er de samme områdene som hadde store skader under utbruddet på 1970-tallet (Worrel 1983). En annen viktig årsak til at det var mye barkbiller og skader i Vestfold i 2021 kan være at varme somre ha gitt grunnlag for to angrepsperioder for barkbillene i stedet for en (se mer om modellberegninger under).

Barkbillefangstene i de øvrige fylkene var vesentlig lavere enn i Vestfold, med nivåer som varierte fra 30 til 51 % av utbruddsnivået på 1970-tallet (Figur 28). Telemark hadde nest høyeste fangstverdier i 2021 med 15 255 biller per felle, men lå høyest i 2020 (Økland m.fl. 2021a). Økningen fra 2020 var betydelig i Hedmark og Oppland med henholdsvis 52 og 49 % økning. Fangstene i Hedmark og Oppland var imidlertid vesentlige lavere enn i Vestfold og Telemark, med under 10 000 biller per felle i 2020 og 12 000–14 000 biller per felle i 2021. Det er heller ingen meldinger om vesentlige skader i Hedmark og Oppland i 2021. På en tredjeplass kom Buskerud med 14 025 biller per felle i 2021 (Tabell 11).

Mye tyder på at grantrærne i den boreale sonen i de indre delene av Østlandet er mer vitale og har høyere motstandskraft mot barkbilleangrep enn trærne i den boreonemorale sonen. Den boreale skogen tåler dermed høyere billepopulasjoner uten at det blir angrep på levende trær. Imidlertid rammet stormen i november 2021 store områder i den boreale sonen og vindfelte skog tilsvarende mer enn 1,5 millioner kubikkmeter tømmer. Dette gjør at populasjonene av granbarkbiller kan komme til å øke i tiden som kommer, men eventuelle økninger og skader vil tidligst manifestere seg i 2023-sesongen. Det er også mulig at mange vindfelte trær tørker ut og blir ubrukelige for oppformering av granbarkbiller før disse billene rekker å bli tallrike nok til å gjøre vellykkete angrep på stående granskog.

Nivået i Østfold (11 263 biller per felle) var vesentlig lavere enn i Vestfold (Figur 28), til tross for at også Østfold har et klima som er gunstig for granbarkbiller. Mulige forklaringer på at Østfold gjennomgående har lavere fangstverdier kan være en høyere andel furuskog og en berggrunn som i mindre grad disponerer for tørkestresset gran (med unntak av de sandholdige moreneryggene i noen deler av Østfold).

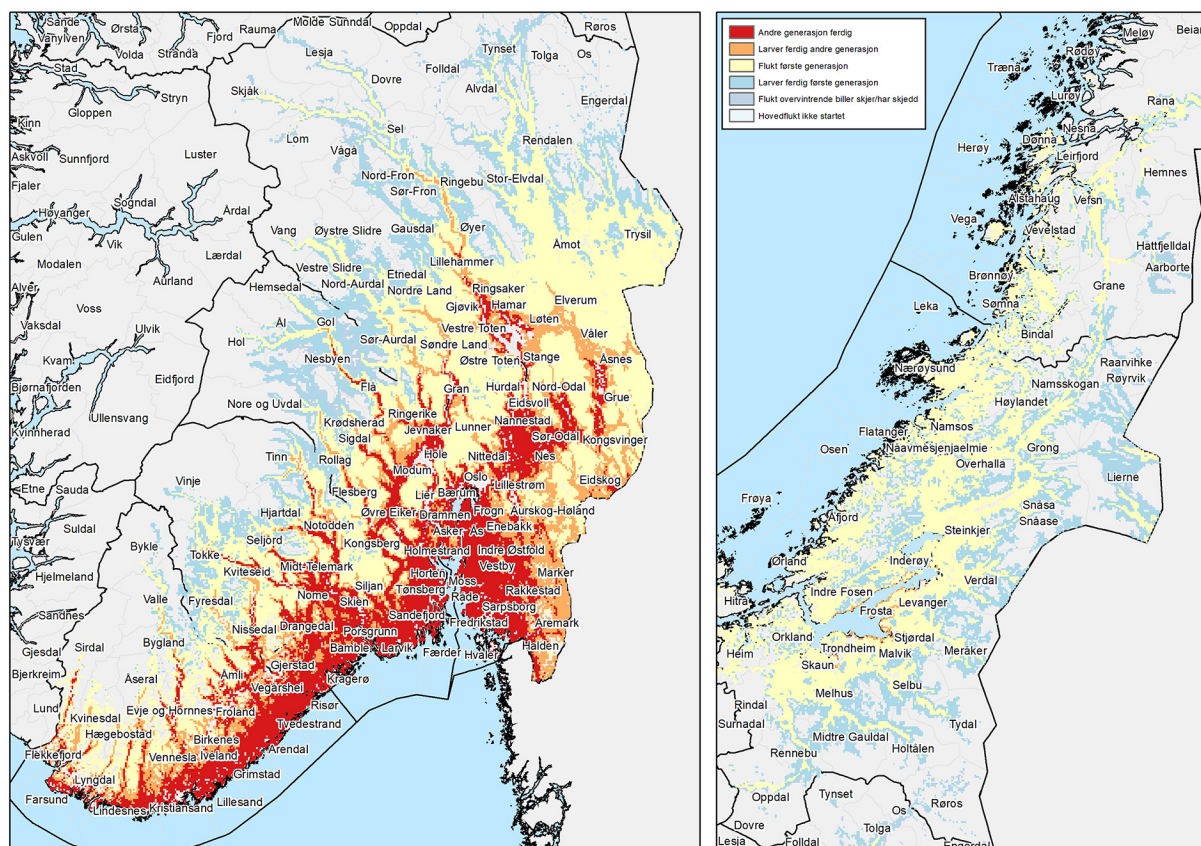
Fangstene i Trøndelag for 2021 var på nivå med Oppland og Hedmark, dvs. vesentlig lavere enn Vestfold. Både Sør- og Nord-Trøndelag viser en fortsettelse av den økende trenden vi har sett i de siste to tiårene (Figur 28), selv om nivået i Trøndelag bare er litt høyere i 2021 enn i 2020 (16 % økning for Sør-Trøndelag og 6 % økning for Nord-Trøndelag).

Det kom også noen skaderapporter fra kommuner i den boreonemorale sonen rundt Oslofjorden som ikke inngår i Vestfold, men det er ofte uklart om skadene skyldes tørke eller barkbilleangrep (Økland m.fl. 2021a). De boreale skogene i indre deler av Østlandet og i Trøndelag og Nordland hadde lite eller ingen tørke- og barkbilleskader i 2021. Fangstnivåene for 2021 var vesentlig lavere i Agder-fylkene og Nordland sammenlignet med øvrige fylker (Figur 28). For Aust-Agder er dette en kontrast til barkbilleutbruddet på 1970-tallet, hvor dette fylket var blant de som hadde høye fangstverdier (Worrel 1983). Både Agder og Nordland har relativt små volumer av moden granskog sammenlignet med granas kjerneområder på Østlandet (se kartlag for dette her: www.nibio.no/barkbilleovervaking). Nordland har dessuten et kjøligere klima enn Østlandet.

Normalen fram til nå har vært at stor granbarkbille gjennomfører en generasjon per år i Norge og at de ferdige billene fra første generasjon holder seg under barken fram til overvintring. Med et varmere klima kan en økende del av Norge få høye nok temperaturer til at billene kan gjennomføre to generasjoner per år. Slike betingelser synes å være til stede allerede nå i klimatisk gunstigste områder, slik som rundt Oslofjorden (Økland m.fl. 2021b).

Modellberegninger viser at en stor del av Østlandet og Sørlandet i 2021 kan ha hatt temperaturbetingelser for å fullføre to generasjoner (Figur 29). Det er imidlertid usikkert i hvor stor del av dette området billene faktisk har startet og sluttet en andre generasjon. Studier fra Sverige tyder på at en

ganske liten andel av billene som klekker midt på sommeren setter i gang andre generasjon, og at denne andelen synker fra sør mot nord i Skandinavia (Schroeder & Dalin 2017, Fritscher & Schroeder 2022). For å fortsette med en andre generasjon bør billene ha hatt nok døgngrader til å nå det daglengdefølsomme livsstadiet i første generasjon så tidlig at daglengden fortsatt er lang nok til at de ikke går i diapause (Schroeder & Dalin 2017), men vi vet ikke eksakt hvor disse grensene i døgngrader og fotoperiode går. Det betyr i så fall at en svært lav prosentandel av billene i den nordlige ytterkanten av området der billene kan gjennomføre to generasjoner (Figur 29) i praksis vil ha satt i gang en andre generasjon.



Figur 29. Beregnet gjennomføring av ulike utviklingsstadier i første og andre generasjon av stor granbarkbille i 2021 estimert med temperaturmodell (se metoder for modellbeskrivelse). Kilde: kilden.nibio.no.

Tabell 11 viser den modellerte generasjonsutviklingen i de ulike fylkene i 2021 rangert etter hvor stor prosent av lokalitetene som hadde høye nok temperaturer for full gjennomføringen av andre generasjon. Modellberegningene antyder at de første individene i andre generasjon kan ha vært ferdig utviklet allerede i første halvdel av september i de fleste av barkbilleovervåkingens lokaliteter rundt Oslofjorden. Dette området hadde også størst andel av lokaliteter med beregnet gjennomføring av andre generasjon. Størst andel gjennomføring ble beregnet for Vestfold (86 % av lokalitetene), men gjennomføringen i Østfold, Telemark, Akershus og Oslo kan også ha vært høy (rundt 60–70 %). De faktiske datoene for igangsetting av andre generasjon er usikre i disse modellberegningene, men vi kan anta at igangsetting og gjennomføring av en andre generasjon er mest sannsynlig i lokalitetene med de tidligste beregnede ferdigdatoene, slik som lokalitetene i Vestfold. Beregnet gjennomføring av en andre generasjon var vesentlig lavere i de øvrige delene av Østlandet. Første generasjon ble beregnet gjennomført tidligst i lokalitetene rundt Oslofjorden og suksessivt senere nordover i landet (Tabell 11). Dette kan tyde på at indre deler av Østlandet enten har hatt en svært liten eller ingen igangsetting av

en andre generasjon, mens Trøndelag og Nordland ikke har hatt noen andre generasjon i 2021 i det hele tatt.

Vestfold, som hadde størst andel av lokaliteter med beregnet gjennomføring av to generasjoner, hadde også de største billefangstene per felle (Tabell 11) og mest rapporterte skader i 2021 (Økland m.fl. 2021a). Dersom en stor andel av populasjonene her har satt i gang og gjennomført en andre generasjon både i 2021 og i de foregående årene, kan dette ha bidratt til en økning av populasjonene. Det er imidlertid usikkert hvor stor andre generasjon har vært og om biller fra den første generasjonen også har overvintret og overlevd til neste sesong. Økt skade på skogen kan skyldes at to generasjoner gir to angrepsperioder per sesong. Det antas også at flere av angrepene i andre angrepsperiode vil være vellykkete fordi granskogen ofte er mer tørkestresset på sensommeren (Horntvedt 1988), særlig når det er lengre perioder med lite nedbør (Öhrn m.fl. 2021). Andre faktorer, slik som større tilgang på tørkesvekket granskog, kan imidlertid også ha bidratt til flere granbarkbiller og angrepsskader i Vestfold. Østfold ligger rundt samme breddegrad som Vestfold og var nummer to på listen over beregnet gjennomføring av to generasjoner i 2021, men i Østfold var fellefangstene lavere enn selv i Trøndelag og indre deler av Østlandet (Tabell 11).

Tabell 11. Beregnet gjennomsnittlig dato for gjennomføring av første og andre generasjon, beregnet prosentandel av lokaliteter med andre generasjon gjennomført innen begynnelsen av oktober, og observert gjennomsnittlig fellefangst av stor granbarkbille per fylke/delfylke. Temperaturene etter begynnelsen av oktober er som regel for lave til å gi ytterligere utvikling.

	1. generasjon ferdig	2. generasjon ferdig		Biller pr. felle
	Snitt dato	% av lokaliteter	Snitt dato	
Vestfold	08.07.2021	86	06.09.2021	20 624
Østfold	09.07.2021	69	11.09.2021	11 263
Telemark	13.07.2021	64	15.09.2021	15 255
Akershus og Oslo	09.07.2021	59	12.09.2021	13 814
Buskerud	12.07.2021	25	07.09.2021	14 025
Aust-Agder	19.07.2021	25	16.09.2021	9 007
Hedmark	10.07.2021	17	24.09.2021	12 015
Oppland	17.07.2021	14	24.09.2021	13 982
Sør-Trøndelag	30.07.2021	0	-	12 477
Nord-Trøndelag	28.07.2021	0	-	10 716
Nordland	07.08.2021	0	-	5 872

Tidlig fullføring av utviklingen øker sjansen for at biller fra den andre generasjonen vil overleve vinteren, siden feltstudier tyder på at biller som overvintret på larve- eller puppestadiet har høy vinterdødelighet (Austaraa m.fl. 1977). Hovedeffekten av to generasjoner er at to flukt- og angrepsperioder per sommer kan gi økte skogskader, men risikoen for skade henger også sammen med størrelsene på barkbillepopulasjonen og trærnes motstandskraft (Økland m.fl. 2021b). Det kan tenkes at gjennomføring av to generasjoner vil bidra til at barkbillepopulasjonene øker, blant annet fordi dødeligheten vil være lavere mellom to generasjoner om sommeren enn når det er en vinter mellom to generasjoner.

Litteraturreferanser

- Austaraa, Ø., Pettersen, H. & Bakke, A. 1977. To generasjoner hos *Ips typographus* i Norge, og vinter-mortalitet i 2. generasjon. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning 33(7): 269-281.
- Bakke, A., Frøyen, P. & Skattebøl, L. 1977. Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. Naturwissenschaften 64: 98.
- Berryman, A. A. 1982. Biological control, thresholds, and pest outbreaks. Environmental Entomology 11: 544–549.
- Fritscher, D. & Schroeder, M. 2022. Thermal sum requirements for development and flight initiation of new generation spruce bark beetles based on seasonal change in cuticular colour of trapped beetles. Agricultural and Forest Entomology 24: 405-442. Doi: <https://doi.org/10.1111/afe.12503>.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M. & Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute. URL: <https://www.efi.int/publications-bank/living-bark-beetles-impacts-outlook-and-management-options>.
- Horntvedt, R. 1988. Resistance of *Picea abies* to *Ips typographus*: tree response to monthly inoculations with *Ophiostoma polonicum*, a beetle transmitted blue - stain fungus, Scandinavian Journal of Forest Research, 3:1-4, 107-114, DOI: 10.1080/02827588809382500
- Jönsson, A.M., Harding, S., Krokene, P., Lange, H., Lindelöw, Å., Økland, B., Ravn, H.P. & Schroeder, L.M. 2011. Modelling the potential impact of global warming on *Ips typographus* voltinism and reproductive diapause. Climatic Change 109: 695–718.
- Kausrud, K., Økland, B., Skarpaas, O., Gregoire, J.C., Erbilgin, N., Stenseth, N.C., 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. Biological Reviews 87, 34-51.
- Krokene, P. 2011. Granbarkbillens utviklingshastighet i liggende grantrær. Prosjekt barkbilleutvikling 2010. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 17: 1-10.
- Krokene, P. 2015. Conifer defense and resistance to bark beetles. In: Vega, F.E., Hofstetter, R.W. (Eds.), Bark Beetles. Biology and ecology of native and invasive species. Elsevier Academic Press, San Diego, 177–207.
- Kärvemo S, Van Boeckel TP, Gilbert M, Grégoire JC, Schroeder M. 2014. Large-scale risk mapping of an eruptive bark beetle - importance of forest susceptibility and beetle pressure. Forest Ecology and Management 318:158–66. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.01.025>.
- Lange, H., Økland, B. & Krokene, P. 2006. Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle under climate change. Interjournal for Complex Systems 1648: 1-10.
- Lange, H., Økland, B. & Krokene, P. 2009. To be or twice to be? The life cycle development of the spruce bark beetle under climate change. In: Minai AA, Braha D, Bar-Yam Y (red.) Unifying Themes in Complex Systems. Vol. IV: Proceedings of the 6th International Conference on Complex Systems. Springer Verlag, Berlin, pp 251-258.
- Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., Pennerstorfer, J., Rosner, S., Kikuta, S., Schume, H. & Schopf, A. 2015. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? New Phytologist 205: 1128-1141.
- Schroeder, M. & Dalin, P. 2017. Differences in photoperiod-induced diapause plasticity among different populations of the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanosimus formicarius*. Agricultural and Forest Entomology, 19, 146–153.
- Wermelinger B. & Seifert M. 1998. Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). Journal of Applied Entomology 122: 185-191.
- Worrell, R., 1983. Damage by the spruce bark beetle in south Norway 1970-80: a survey, and factors affecting its occurrence. Meddelelser fra Norsk Institutt for skogforskning 38: 1-34.
- Öhrn, P, Berlin, M., Elfstrand, M., Krokene, P., Jönsson, A.M. 2021. Seasonal variation in Norway spruce response to inoculation with bark beetle-associated bluestain fungi one year after a severe drought. Forest Ecology and Management 496. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119443>.
- Økland, B. & Bjørnstad, O.N. 2006. A resource depletion model of forest insect outbreaks. Ecology 87: 283-290.
- Økland, B., Erbilgin, N., Skarpaas, O., Christiansen, E. & Långström, B. 2011. Inter-species interactions and ecosystem effects of non-indigenous invasive and native tree-killing bark beetles. Biological Invasions 13(5): 1151-1164.
- Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P., Vakula, J. 2016. Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. Forest Ecology and Management 363: 63–73.

5 Asiatisk askepraktbille – en dørstokkart?

Jostein Gohli, Paal Krokene og Bjørn Økland (NIBIO)

Asiatisk askepraktbille (*Agrilus planipennis*) er en karanteneskadegjører med opphav i det nordøstlige Asia, hvor den ikke er særlig tallrik og kun angriper svekkede trær. I områder hvor arten har blitt introdusert kan den angripe friske individer av en rekke arter av ask (*Fraxinus* spp.), inkludert vår norske art (*Fraxinus excelsior*). Larvene dreper trær ved å ødelegge systemet for vann- og nærings-transport.

I 2002 ble askepraktbiller funnet i Michigan og har siden spredt seg videre over store deler av det vestlige USA og sørlige Canada (Anon. 2022). Skadene i Nord-Amerika beløper seg til flere titalls milliarder kroner. Første funn av billen i Europa var i Moskva i 2003. Den europeiske utbredelsen (Figur 30) dekker nå deler av det vestlige Russland, og arten har nylig (2019) blitt observert i Ukraina (Orlova-Bienkowskaja & Bienkowski 2022a). I 2020 ble tre eksemplarer funnet i St. Petersburg, omtrent 130 km fra grensen til Finland. Askepraktbiller har ikke blitt funnet i området mellom Moskva og St. Petersburg – til tross for systematiske takseringer langs hovedveiene hvor ask er plantet som prydrær – og man antar derfor at arten har gjort hoppet fra Moskva-området til St. Petersburg ved hjelp av vei- eller togtransport (Volkovitsh m. fl. 2021).



Figur 30. Observasjoner av askepraktbiller i Europa (Orlova-Bienkowskaja & Bienkowski 2022a) og utbredelsen av ask (Caudullo m. fl. 2017). Foto: Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources - Forestry Archive.

Dersom askepraktbiller skulle komme seg til Norge vil skadeomfanget begrenses av askens utbredelse i kystnære strøk av Sør-Norge (Figur 30). Et arbeid publisert i 2022 konkluderer med at svært små deler av Norge har et klima som vil tillate etablering av askepraktbiller (Orlova-Bienkowskaja & Bienkowski 2022b). Dette stemmer godt overens med et tidligere modelleringsarbeid som predikerte

en begrenset utbredelse av denne arten i Norge (Flø m. fl. 2015). I artikkelen fra 2022 antydes det at Norge og andre områder i askens nordlige utbredelsesområde kan tjene som refugier for dette treslaget dersom askepraktbillen skulle etablere seg i resten av Europa (Orlova-Bienkowskaja & Bieńkowski 2022b). Et slikt scenario forutsetter at askepraktbillen på sikt ikke tilpasser seg et nordlig klima, eller at fremtidige klimaendringer ikke gjør nordlige områder bedre egnet for denne alvorlige skadegjøreren. Videre må det nevnes at Norge per i dag ikke er en trygg havn for ask – askeskuddsyken, som infiserer og dreper ask i stort omfang både i Norge og Europa (se kapittel 6), viser ingen slik klimatisk begrensning.

Litteraturreferanser

Anonymous (2022). Emerald ash borer information network. <http://www.emeraldashborer.info/>.

Orlova-Bienkowskaja MJ, Bieńkowski AO (2022a). Southern range expansion of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in Russia threatens ash and olive trees in the Middle East and southern Europe. *Forests*. 2022;13(4):541.

Volkovitsh MG, Bieńkowski AO, Orlova-Bienkowskaja MJ (2021). Emerald ash borer approaches the borders of the European union and Kazakhstan and is confirmed to infest European ash. *Forests*. 2021;12(6):691.

Orlova-Bienkowskaja MJ, Bieńkowski AO (2022b). Low heat availability could limit the potential spread of the emerald ash borer to northern Europe (prognosis based on growing degree days per year). *Insects*. 2022;13(1):52.

Flø D, Krokene P, Økland B (2015). Invasion potential of *Agrilus planipennis* and other *Agrilus* beetles in Europe: Import pathways of deciduous wood chips and MaxEnt analyses of potential distribution areas. *EPPO Bulletin*. 2015;45(2):259-68.

Caudullo G, Welk E, San-Miguel-Ayanz J (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*. 2017;12: 662-6.

6 Askeskuddsyke

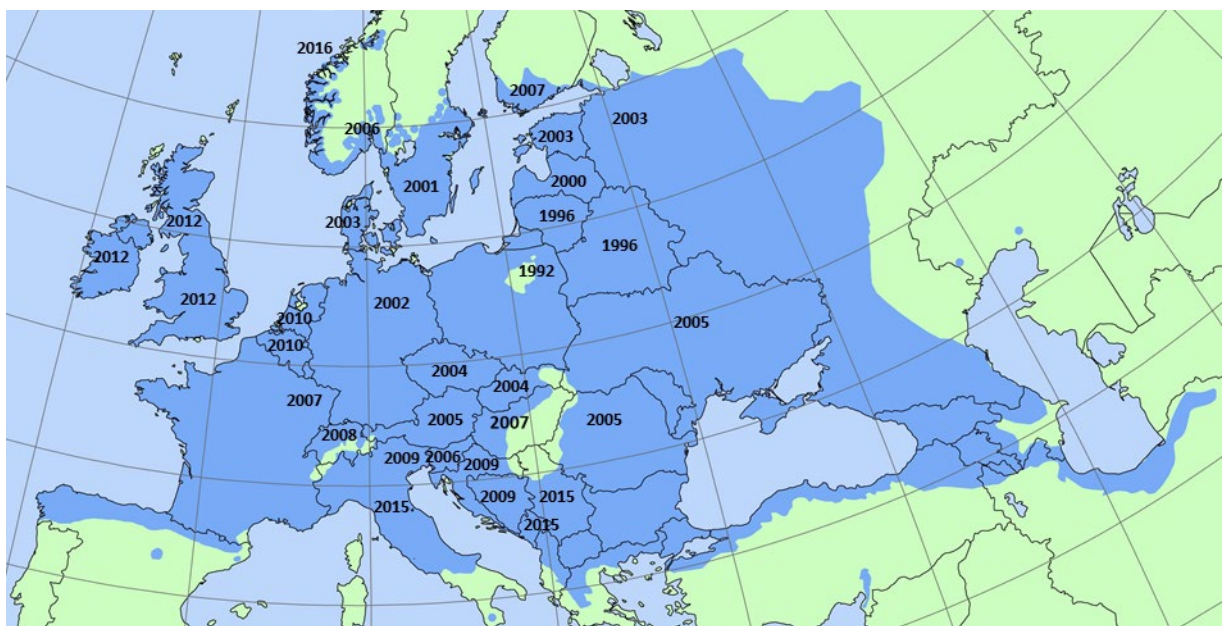
Volkmar Timmermann, Halvor Solheim, Isabella Børja, Nina Nagy og Helge Meissner (NIBIO)

6.1 Innledning

Askeskuddsyke ble først oppdaget i Polen tidlig på 1990-tallet. Sykdommen spredte seg etter hvert til nabolandene. Siden årsaken var ukjent, ble det ikke satt i gang kontrolltiltak som for eksempel begrensning av handel med askeplanter for å forhindre spredningen over landegrensene. Først i 2006 ble årsaken funnet, en sopp som fikk det vitenskapelige navnet *Chalara fraxinea*. Da først kom den inn på forskjellige lands karantenerister over sopper det er forbudt å innføre. Senere har soppen fått navnet *Hymenoscyphus fraxineus*, på norsk askeskuddbeger.

Soppens små begre utvikles på fjorårets askebladstilker i skogbunnen. Sporene, som spres i sommermånedene, infiserer bladene på asketrærne i løpet av vekstsesongen, og soppen vokser derfra videre til greinene og til stammen. Infeksjonen forårsaker nekroser i bladene og bladstilkene, og seinere (i vinterhvilten) i greinene og stammen med bladvisning og skudd- og greinavdøing som følge (Solheim m. fl. 2017). Gjentatte angrep over flere år vil til slutt kunne drepe hele treet, ofte i samspill med andre faktorer som råte.

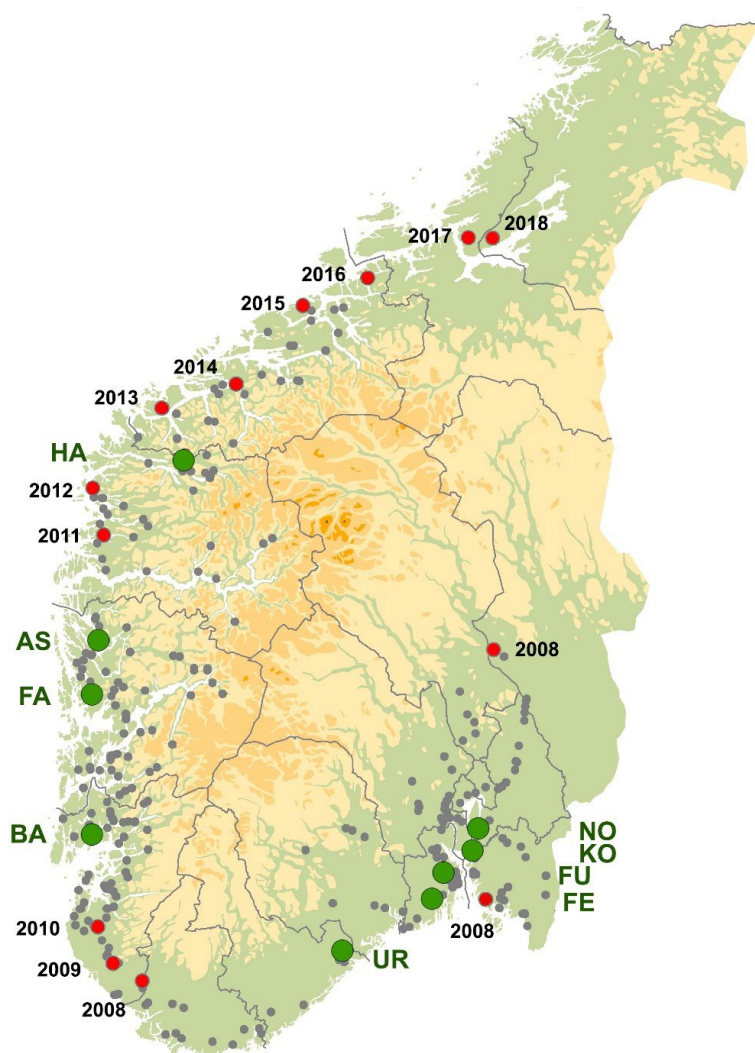
Askeskuddbeger er vanlig i Øst-Asia på bl.a. mandsjuriaask (*Fraxinus mandshurica*) og andre stedegne arter av ask, og forårsaker kun bladflekkskader på disse (Drenkhan m. fl. 2016). Soppen ble innført til Europa med prydplanter av mandsjuriaask og har spredd seg med rekordfart gjennom Europa (Figur 31, Timmermann m. fl. 2011, McKinney m. fl. 2014, Solheim & Hietala 2017a, b), godt hjulpet av import og handel med infiserte askeplanter, selv om soppen også kan spre seg naturlig over store avstander med sine sporer. Den oppfører seg annerledes i møte med en ny vert og har blitt en trussel mot den europeiske aska (*F. excelsior*). Som følge av høy dødelighet forårsaket av askeskuddsyken, er ask nå rødlistet i mange land. I Norge ble ask oppført som sterkt truet (EN) i 2021 (Solstad m. fl. 2021). Tilbakegangen av ask og påfølgende treslagsskifte har store implikasjoner for det europeiske skogbruket, men også for biomangfoldet (Jordal & Bratli 2011, Mitchell m. fl. 2016, Thomas 2016, Hultberg m. fl. 2020, Lubek m. fl. 2020). I dag er det kun noen få regioner igjen i Europa som ennå ikke er berørt av denne sykdommen.



Figur 31. Området merket med blått er utbredelsen til ask (*Fraxinus excelsior*) i Europa (Kilde: EUFORGEN). Årstall indikerer når askeskuddsyke ankom de forskjellige land (Solheim & Hietala 2017a, b).

I Norge ble askeskuddsyke påvist første gang i 2008 (Talgø m. fl. 2009). Da ble den funnet i en planteskole som hadde importert askeplanter fra Sverige. Eierne hadde registrert en begynnende visning allerede året før så sykdommen må ha vært der allerede i 2006 (Solheim 2009). I 2008 ble det også funnet eldre nekroser som underbygget dette. Allerede samme år ble askeskuddsyke observert over store deler av Øst- og Sørlandet. Mellom det nordligste funnet i Ringsaker og det vestligste ved Moi i Rogaland var det en avstand på rundt 360 km i luftlinje (Figur 32). At sykdommen var spredd over så store avstander allerede i 2008, kan tyde på at det hadde blitt plantet ut angrepne askeplanter fra planteskoler. Sykdommen ble da også påvist i alle planteskoler som ble undersøkt på Østlandet i 2008.

Fra 2009 til 2018 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet til Trøndelag gjennom befaringer og undersøkelser. Siden 2009 har vi registrert kronetilstand og skader på enkelttrær og i bestand på faste overvåkingsflater på Østlandet, og siden 2012 på tilsvarende flater på Vestlandet, for å dokumentere sykdomsutviklingen. Oppfølging av småplanter av ask har ikke vært del av registreringene på overvåkingsflatene, men vi har lagt merke til at det ikke skjer noe naturlig foryngelse i askeskogene rundt våre overvåkingsflater. Vi har riktignok observert rikelig oppslag av ett- til toårige småplanter av ask noen steder, men har ikke observert at noen av disse har vokst seg større. I 2019 startet vi derfor et eget overvåkingsopplegg for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens suksess (overlevelse).



Figur 32. Lokalisering av overvåkingsflater for askeskuddsyke (grønne punkter) og verifiserte funn av askeskuddsyke (grå punkter). Spredningen på Vestlandet og i Trøndelag er markert med røde punkter og årstall.

6.2 Metoder

Overvåking på permanente flater

Det er 9 permanente overvåkingsflater for askeskuddsyke i Norge, 4 på Østlandet, 1 på Sørlandet og 4 på Vestlandet (Figur 32, Tabell 12, Timmermann m. fl. 2013). På flater med tydelige aldersklasser ble det valgt ut 50 trær, mens på flater med en mer ensartet alderssammensetning ble det valgt ut 40 trær (Tabell 12). Resultatene fra Fana er ikke inkludert i oversikten fra Vestlandet, men omtales separat, siden tidsserien for denne er vesentlig kortere enn for de andre flatene.

Tabell 12. Overvåkingsflater for askeskuddsyke. Hoh: Høyde over havet.

Flate ID	Flatenavn	Fylke	Kommune	Treantall	Hoh (m)	Startår
NO	Norderås	AK	Ås	50	100	2009
KO	Kolås	AK	Vestby	50	40	2009
FU	Fjugstad	VF	Horten	50	40	2009
FE	Fevang	VF	Sandefjord	40	100	2009
UR	Urfjell	AA	Risør	40	100	2010
BA	Baustad	RO	Tysvær	50	20	2012
FA	Fana	HO	Bergen	37	25	2017
AS	Askvik	HO	Lindås	40	15	2012
HA	Hammar	SF	Stryn	40	110	2012

Kroneskader på ask registreres som utglisning (reduksjon i kronetetthet) og deles inn i grupperte skadeklasser: Friske trær (0-10 % utglisning), svakt skadde (11-25 % utglisning), moderat skadde (26-50 % utglisning), sterkt skadde (>50 % utglisning) og døde trær. Registreringene, som også omfatter andre helseparametere som misfarging, døde greiner og topper, skuddavdøing, vannris og frøsetting, utføres en gang per år for hvert tre mellom slutten av juni og midten av august.

I resultatdelen er trærne gruppert i tre diameterklasser ut fra målinger av diameter i brysthøyde (DBH) i 2014 (2016 for Fana): Små trær (foryngelse, DBH <50 mm, høyde 1–10 m), mellomstore trær (framtidstrær, DBH 50–125 mm, høyde 8–16 m) og store trær (dominante trær, DBH >125 mm, høyde 12–34 m).

Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse

Forsøket med småplanter av ask for å dokumentere askas naturlige foryngelse og dens overlevelse ble etablert i 2019 i askeskoger på to lokaliteter: Norderås i Ås kommune og Fjugstad natur- og genressursreservat i Horten kommune. På begge lokalitetene består grunnforholdene av marine avsetninger og leirjord. Askeskogen i Fjugstad naturreservat er med sine 267 dekar den største i Skandinavia. Bestanden på Norderås er på ca. 34 dekar og dermed betydelig mindre enn Fjugstad. På begge lokalitetene er askeskogen sterkt preget av angrep av askeskuddsyke som har resultert i mange døde og sterkt skadde asketrær. Våre permanente flater for den langsiktige overvåkingen av askeskuddsyke (se eget delkapittel) befinner seg i noen hundre meters avstand fra forsøksrutene på begge steder.

På hver lokalitet ble det i 2019 opprettet 2–3 ruter à 9 m² (6 x 1,5 m) med 50–60 meters avstand over en antatt jordfuktighetsgradient; en rute på et fuktig sted, en på et tørrere sted. Alle levende småplanter av ask innafor hver rute ble merket med unike ID-numre på plaststrimler som ble tredd rundt stammen. Klimaloggere (TMS-sensorer), som måler lufttemperatur og signalstyrken for jordfuktighet hvert 15. minutt, ble installert i rutene. Basert på de nærmere 3000 målingene per måned per logger, beregnes det månedlige gjennomsnitt for signalstyrken for jordfuktighet i hver rute.

På Norderås (NO) ble tre ruter med totalt 566 planter oppmerket: 220 planter i rute 1 (NO1), 234 i rute 2 (NO2) og 112 i rute 3 (NO3, antatt fuktig). TMS-sensorer ble utplassert i rute 1 og 3. I Fjugstad (FU) ble to ruter med totalt 240 planter oppmerket: 60 planter i rute 1 (FU1, antatt fuktig) og 180 i rute 2 (FU2). TMS-sensorer ble utplassert i begge rutene.

Følgende variabler ble registrert i felt for alle merkede askeplanter:

- Alder (kun i oppstartsåret; aldersgruppe 1 = 0-1 år gamle planter, 2 = 2-3 år gamle, 3 = eldre enn 3 år).
- Høyde (årlig; målt i cm med tommestokk fra bakken til toppskudd).
- Helsetilstand (årlig; skadeklasse 0 = ingen skader, 1 = 1-10 % skader, 2 = 10-50 % skader, 3 = mer enn 50 % skader, 4 = døde planter). Skadeklasse 0 og 1 kombinert gir andelen friske planter.
- Andre skader (årlig; f.eks. beiteskader og nekroser).

Plantenes helsetilstand, skader og avdøying ble registrert 22.7.2019, 11.9.2020 og 10.8.2021 på Norderås, og 23.7.2019, 8.9.2020 og 11.8.2021 i Fjugstad. TMS-sensorene ble avlest i forbindelse med feltarbeidet.

De fleste nummerlappene har holdt seg på plass siden oppstarten i 2019. Noen få planter har mistet nummerlappene i løpet av prosjektperioden, andre ble ikke gjenfunnet, sannsynligvis fordi de ble spist eller tråkket ned av rådyr. Disse plantene er utelatt fra beregningene. Av de 240 plantene som ble merket i Fjugstad i 2019, er 36 (15 %) tatt ut av datasettet i 2021, og av de opprinnelig 566 plantene på Norderås er 47 (8 %) tatt ut. Antall planter som ble vurdert i 2021 er gitt i Tabell 13.

Tabell 13. Antall planter i hver rute som ble vurdert i Fjugstad (FU) og Norderås (NO) i 2021.

	FU1	FU2	NO1	NO2	NO3	Sum
Aldersgruppe 1	34	134	196	173	68	605
Aldersgruppe 2	6	6	10	23	11	56
Aldersgruppe 3	14	10	2	10	20	56
Sum	54	150	208	206	99	717



Figur 33. Feltopprettelse på Norderås i 2019. Rute NO1, NO2 og NO3 (fra venstre). Alle planter i hver rute (innafor den røde tråden) ble merket med gule nummerlapper. Foto: Isabella Børja.



Figur 34. Feltopprettelse i Fjugstad i 2019. Rute FU1 til venstre og rute FU 2 til høyre. Alle planter i hver rute (innafor den røde eller hvite tråden) ble merket med gule nummerlapper. Klimaloggeren kan skimtes i nederste venstre hjørne i FU1. Foto: Isabella Børja.

6.3 Resultater og diskusjon

6.3.1 Spredning og utbredelse i Norge

Fra 2009 har vi fulgt spredningen av askeskuddsyke nordover på Vestlandet fra det vestligste funnet i 2008 som ble gjort ved Moi i Rogaland (Figur 32). De to første årene registrerte vi en spredning på 25–30 km per år. Det nordligste funnet i 2011 ble registrert i Askvoll kommune i Sogn og Fjordane. De første funnene av askeskuddsyke i Møre og Romsdal ble gjort i 2013. Allerede i 2016 ble det nordligste funnet av askeskuddsyke gjort i Våg i Aure kommune helt nord i fylket, bare få kilometer fra grensa til Sør-Trøndelag. Fra det nordligste funnet i 2015 i Averøy kommune til det nordligste funnet i 2016 var det 53 km i luftlinje. I 2017 ble askeskuddsyke for første gang påvist i Trøndelag, nærmere bestemt ved Reins kloster på Fosen-halvøya, 75 km i luftlinje nordøst for fronten i 2016. I 2018 ble askeskuddsyke funnet i Hindrum naturreservat i Indre Fosen kommune (Figur 32), som ofte omtales som verdens nordligste askeskog. Det finnes spredte forekomster av ask også lenger nord som kan forventes å bli infiserte innen få år hvis spredningen fortsetter med samme fart.

Siden 2008 har askeskuddsyke spredt seg jevnt og trutt nordover på Vestlandet (Solheim & Hietala 2017a, b). I perioden fra 2008 til 2018 har den registrerte spredningen variert fra 25 km til 78 km per år. I gjennomsnitt har askeskuddsyken spredt seg 51 km per år. Etter 2018 har det ikke lenger blitt utført systematiske registreringer for å følge videre spredning av askeskuddsyke i Trøndelag siden askeskuddsyken allerede har spredt seg gjennom mesteparten av askas naturlige utbredelsesområde i Norge, fra Østlandet opp til Trøndelag.

Askeskuddbeger er et eksempel på en invaderende art som har etablert og spredt seg rekordraskt i Europa og forårsaket store skader og høy dødelighet på den europeiske aska. Vi har sett det samme i Norge og dokumentert en svært rask spredning langs kysten på Vestlandet. Som følge av de omfattende skadene og den høye dødeligheten i hele det naturlige utbredelsesområdet for ask i Norge, har askas status på den norske rødlista gått fra å ikke være oppført i 2006, til nær truet (NT) i 2010, sårbar (VU) i 2015 og sterkt truet (EN) i 2021 (Solstad m.fl. 2021).

6.3.2 Overvåking på permanente flater

Sør- og Østlandet

Det har vært en dramatisk utvikling for de små asketrærne på de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet fra 2009 til 2021. I 2009 var 65 % av småtrærne friske (≤ 10 % utglisning). I 2021 var denne andelen redusert til 3 % (Figur 35 A). Samtidig var andelen døde trær på hele 91 %. Mest dramatisk har utviklingen vært på flatene i Norderås, der alle småtrær var døde i 2018, og Fjugstad, der 88 % av småtrærne var døde allerede i 2015.

Selv om utviklingen hos de mellomstore asketrærne ikke har vært like dramatisk som hos de små, så har likevel andelen friske trær minket fra 45 % i 2009 til 9 % i 2021 (Figur 35 B). I 2021 var 80 % døde og ytterlige 3 % sterkt skadde (> 50 % utglisning).

Omfanget av kroneskader hos de store asketrærne har økt saktere fra 2009 til 2021 enn hos de mindre diameterklassene. Andelen friske trær har svingt noe mellom årene, men ble likevel redusert fra 40 % i 2009 til 13 % i 2021 (Figur 35 C). Andelen døde asketrær var på 52 % i 2021, og andelen sterkt skadde og døende trær var høy med 19 %. Det forventes at disse også vil dø i løpet av noen år, selv om vi har observert store, dominante trær som i flere år har levd med en veldig redusert krone. Allerede i 2016 var det flere døde enn friske store asketrær.

Mens 55 % av de totalt 230 asketrærne (alle diameterklasser sett under ett) på de fem overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet var friske i 2009, var denne andelen redusert til bare 7 % i 2021 (Figur 35 D). Etter ca. 14 år med askeskuddsyke til stede var 79 % av trærne på overvåkingsflatene døde, og ytterlige 5 % var sterkt skadde eller døende i 2021.

Allerede i 2015 var ingen av overvåkingstrærne på flata i Norderås friske lenger, og i 2018 var 90 % av alle trærne døde. Mortaliteten økte til 92 % i 2021, og bare 4 av de store, dominante trærne var fortsatt i live, ingen av dem friske. I Fjugstad var 78 % av trærne på flata døde i 2021, og for første gang siden 2009 var det ingen friske trær igjen. På flatene i Kolås, Fevang og Urfjell var hhv. 66, 80 og 73 % av alle trær døde i 2021, men alle 3 steder var det noen helt friske trær igjen i 2021 (hhv. 10, 13 og 15 %). På flata i Kolås med lavest mortalitet har ingen av de store, dominante trærne dødd ennå.

Vestlandet

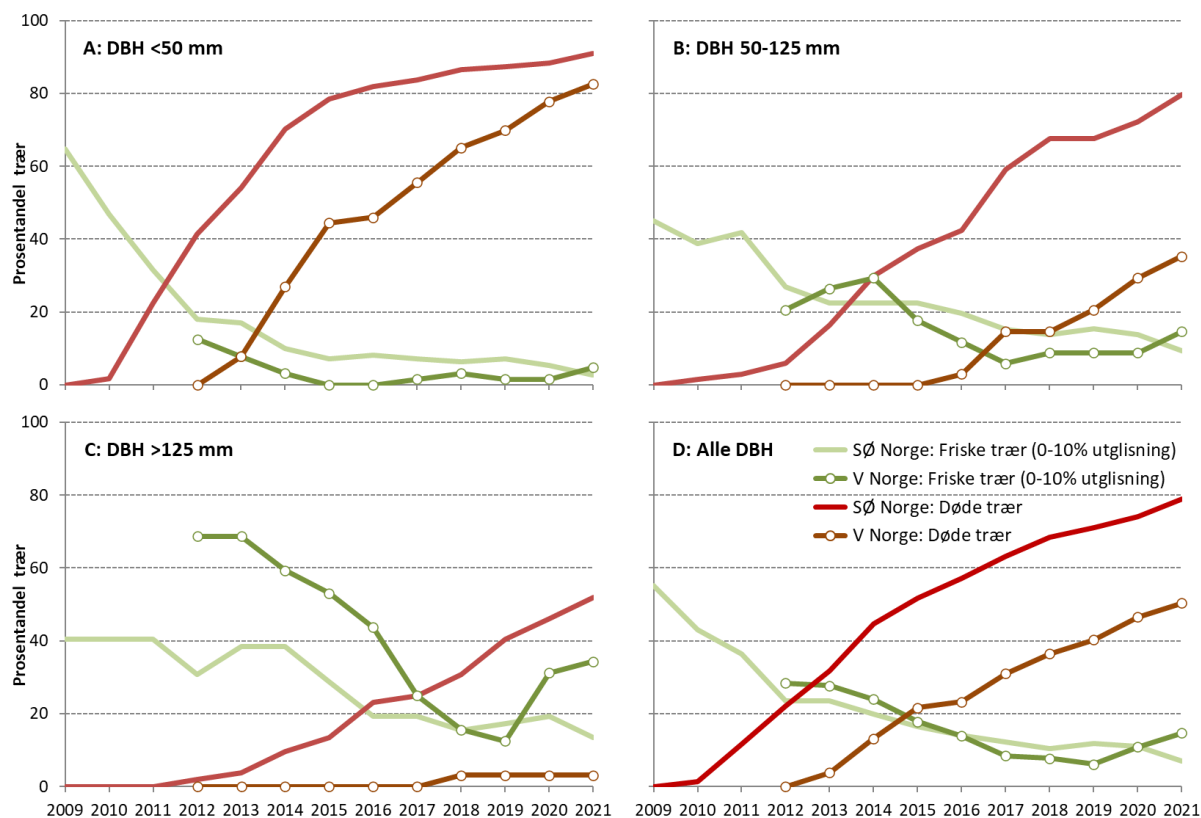
Andelen friske småtrær var lav allerede i 2012 på overvåkingsflatene på Vestlandet (13 %), og i 2021 var det 5 % som ble klassifisert som friske (Figur 35 A). Andelen døde trær nådde 83 % i 2021, i tillegg var 11 % av de minste trærne sterkt skadde eller døende.

Også hos de mellomstore trærne på Vestlandet økte kroneskadene raskt (Figur 35 B). Her ble det første døde treet registrert i 2016, og i 2020 var 35 % av framtidstrærne døde. Andelen sterkt skadde trær hadde økt fra 21 % i 2012 til 24 % i 2021. Andelen friske trær har svingt litt mellom årene i denne diameterklassen, men også her var det en nedgang fra 21 % i 2012 til 15 % i 2021.

Heller ikke på Vestlandet har utviklingen for de store asketrærne vært like dramatisk som for de små, men andelen sterkt skadde trær har økt fra 3 % i 2012 til 19 % i 2021, og i 2018 ble det første døde treet registrert på flata i Askvik. Andelen friske trær har sunket fra 69 % i 2012 til bare 13 % i 2019, men økte igjen i 2020 og 2021 til 34 % grunnet en forbedring i kronetilstanden hos noen trær på flata i Hammar (Figur 35 C).

Utviklingen for trærne i alle diameterklassene sett under ett viser samme trend som på Sør- og Østlandet (Figur 35 D), selv om kronetilstanden har forbedret seg noe for trærne i alle diameterklasser de siste to årene. Mens 28 % av de totalt 130 asketrærne på de tre overvåkingsflatene på Vestlandet var friske i 2012, var denne andelen redusert til 15 % i 2021. Andelen døde trær i det samlede datasettet fra Vestlandet økte til 50 % i 2021, i tillegg var 16 % av trærne sterkt skadde eller døende. De fleste døde og sterkt skadde trær ble registrert på den sørligste flata, Baustad i Rogaland med den lengste sykdomshistorien (jf. Figur 32), hvor 74 % av alle trærne var døde og 8 % sterkt skadde i 2021.

På flata i Askvik var 50 % av alle trær døde i 2021, og ytterlige 28 % hadde sterke kroneskader. På flata i Hammar med den korteste sykdomshistorien har andelen friske trær falt fra 50 % i 2012 til 35 % i 2021, mens antall døde og sterkt skadde trær har økt jevnt de siste fire årene til hhv. 20 og 15 % i 2021.



Figur 35. Prosentandel friske (0–10 % kroneutglisning) og døde asketrær på overvåkingsflatene. SØ Norge: NO, KO, FU, FE og UR 2009–2021 (UR fra 2010), V Norge: BA, AS og HA 2012–2021. (A) Små asketrær (DBH<50 mm), (B) mellomstore asketrær (DBH 50–125 mm), (C) store asketrær (DBH>125 mm), (D) alle diameterklasser.

På overvåkingsflata i Fana var 51 % av trærne friske eller bare svakt skadde ved den første befaringen i 2017, mens denne andelen hadde sunket til 22 % i 2021. Andelen sterkt skadde trær økte kraftig fra 22 % i 2017 til 43 % i 2021, og 11 % av trærne var døde i 2021.

Diskusjon

Våre data fra overvåkingen av askeskuddsyke har vist at sykdomsutviklingen skjer fort i bestand og på enkelttrær, også i områder som bare har hatt sykdommen i noen få år, eller som er relativt isolerte fra andre askeforekomster (Timmermann m. fl. 2017). Skadeomfanget øker fra år til år både på Sør- og Østlandet og på Vestlandet, trær i alle aldersklasser angripes og dødeligheten er høy. Særlig de minste trærne (foryngelsen) er utsatt, men også de mellomstore framtidstrærne er truet. Store, dominante trær kan leve lenge med sykdommen, men etter gjentatte, kraftige angrep vil også disse svekkes og dø.

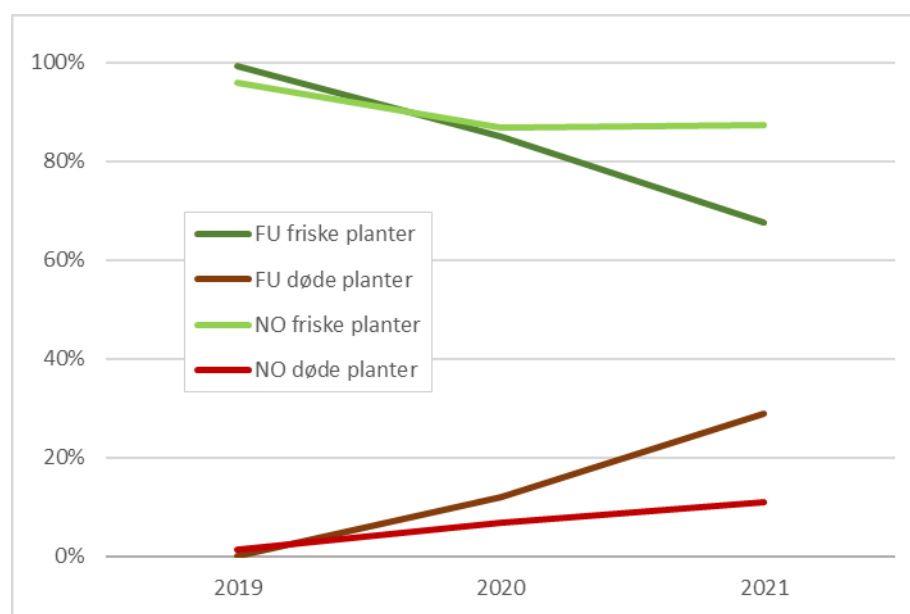
Det finnes fortsatt noen få friske trær igjen på noen av overvåkingsflatene, selv etter mange år med askeskuddsyke til stede. Dette kan tyde på at det fins forskjeller i motstandsdyktighet mot sykdommen hos ask som kan være genetisk betinget (McKinney m. fl. 2014, Timmermann & Tollefsrud 2017). Disse friske individene vil være svært verdifulle for genressursforvaltningen og utviklingen av motstandsdyktig materiale.

Svekkete trær er mer utsatt for andre skadegjørere, spesielt honningsopp (Lenz m. fl. 2016). De fleste døde trær på overvåkingsflatene på Østlandet viste tegn til honningsoppråte. Råteangrepne trær er også mer utsatt for vindfelling. Sterk vind i 2018 og 2019 veltet flere store asketrær på overvåkingsflatene i Fjugstad, Fevang og Urfjell. De fleste av disse hadde råte i røtter og stammebasis med typiske symptomer på honningsopp, men var lite preget av synlige kroneskader. Ettersom honningsopp anses for å være en sekundær skadegjører som angriper svekkete trær (Solheim & Børja 2012), kan disse observasjonene tyde på at askeskuddsyke også kan angripe trærne på en annen måte enn gjennom bladene og greinene, nemlig gjennom barken ved stammebasis.

Basale nekroser ble først beskrevet fra Belgia i 2016 (Chandelier m. fl. 2016). Infeksjonen oppstår ved at askeskuddbegerens sporer trenger inn i rothalsen gjennom barkporer (lenticeller, Nemesio-Gorriz m. fl. 2019). Infeksjonen fører til en nekrose som sprer seg inn mot treets kjerne som en kile. I det angrepne området blir vanntransporten stoppet, og treet blir svekket slik at honningsopp lettere kan angripe det. Lindgren (2017) fant at 71 (53 %) av 134 undersøkte asketrær på 6 lokaliteter rundt Oslofjorden hadde nekroser i rothalsen forårsaket av askeskuddbeger. De fleste av disse var også angrepet av honningsopp. Noen få trær hadde rothalsinfeksjoner uten at det var tegn på angrep av askeskuddsyke i krona. Dette underbygger teorien om at basale infeksjoner er primære og skjer uavhengig av infeksjoner i krona.

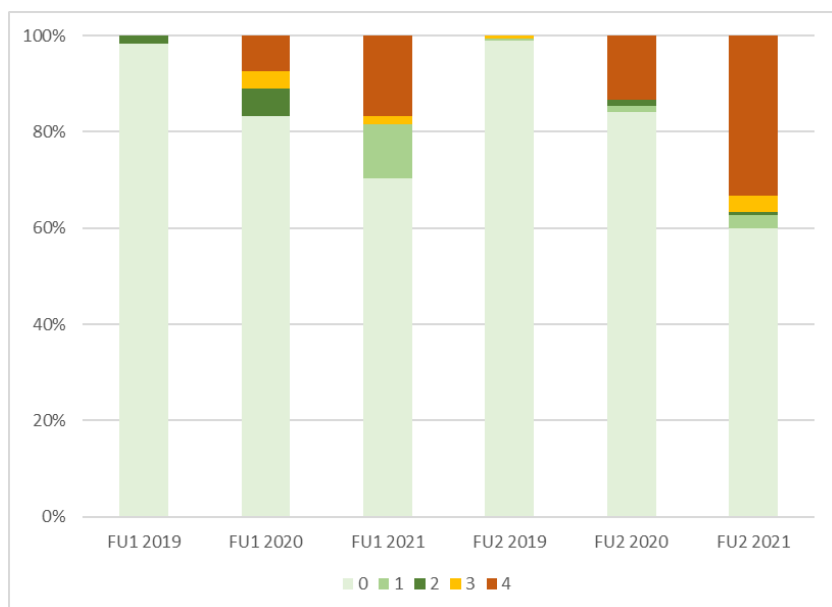
6.3.3 Overvåking av askas naturlige foryngelse og dens overlevelse

Resultatene etter to år med overvåking av småplantene viser høy mortalitet i de to rutene i Fjugstad (29 %), mens den var lavere på Norderås (11 %) (Figur 36). Andelen friske småplanter (Skadeklasse 0 og 1, 0–10 % skader) er redusert fra 99 % til 68 % i Fjugstad og fra 96 % til 87 % på Norderås fra 2019 til 2021. Det ble registrert nekroser (døde vevspartier på stamme eller greiner) på 12 planter i Fjugstad og på 27 planter på Norderås. Nekroser stopper vanntransporten i planten, noe som fører til topp- og skuddavdøing og etter hvert til avdøing av hele planten, og er et tydelig tegn på angrep av askeskuddsyke.



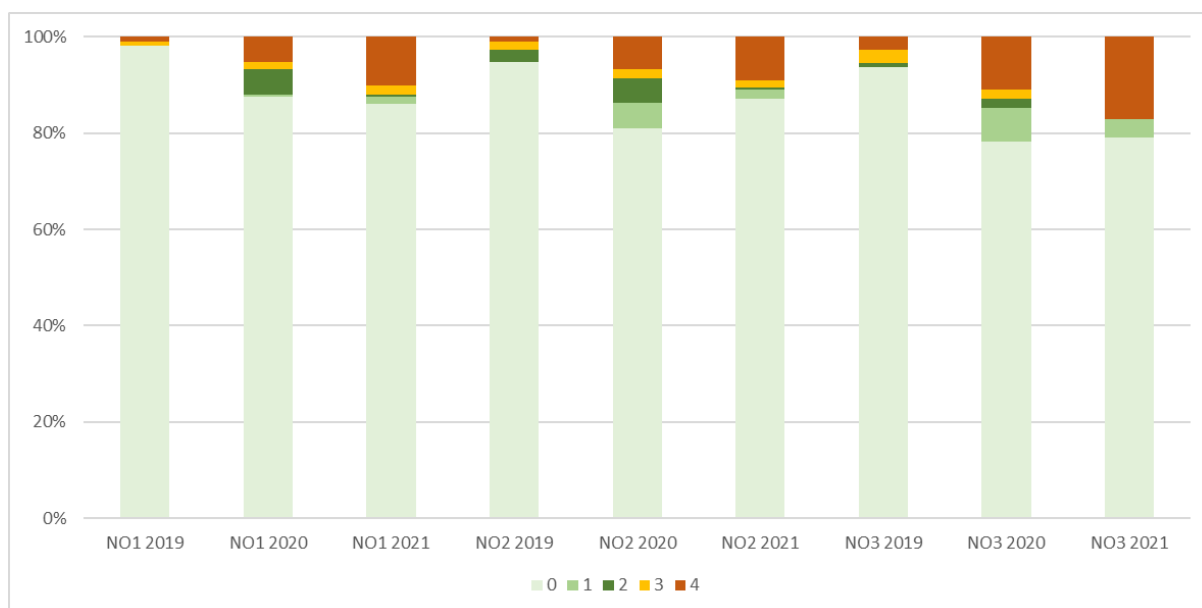
Figur 36. Prosentandel friske (skadeklasse 0 og 1, 0–10 % skader) og døde askeplanter 2019–2021 i Fjugstad (FU) og Norderås (NO).

Helsetilstanden og mortaliteten for askeplantene varierte mellom rutene på hver lokalitet (Figur 37 og Figur 38). Det er særlig rute FU2 i Fjugstad som skiller seg ut. Denne ruta hadde høyest mortalitet av alle (33 %), dobbelt så høyt som i FU1 og NO3 (begge 17 %) og tre ganger høyere enn i NO1 og NO2 (begge rundt 10 %). Mortaliteten økte med 10 %-poeng blant plantene i ruta FU1 fra 2020 til 2021, og med 20 %-poeng blant plantene i ruta FU2 (Figur 37). Andelen friske planter i ruta FU2 sank tilsvarende med 22 %-poeng til 63 % i 2021.



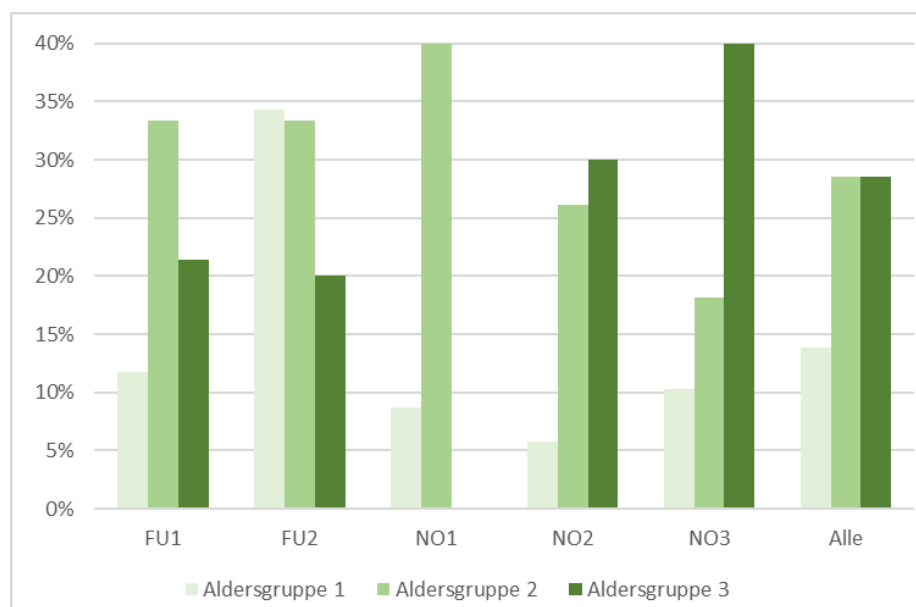
Figur 37. Utvikling i helsetilstanden 2019–2021 i Fjugstad (FU), prosentvis fordeling på skadeklassene (0-4) for hver av rutene. Prosentandelen i skadeklasse 4 (døde planter) i 2021 er lik mortalitetsraten.

Mortaliteten i de tre rutene på Norderås økte mindre enn i Fjugstad, bare 2–6 %-poeng fra 2020 til 2021 (Figur 38). På denne lokaliteten skiller ruta NO3 seg ut med den høyeste mortaliteten. Andelen friske planter var fortsatt over 80 % i alle tre ruter i 2021.



Figur 38. Utvikling i helsetilstanden 2019–2021 på Norderås (NO), prosentvis fordeling på skadeklassene (0-4) for hver av rutene. Prosentandelen i skadeklasse 4 (døde planter) i 2021 er lik mortalitetsraten.

Mortalitetsraten var lavest blant de yngste plantene i rutene på begge lokalitetene (6–12 %, Figur 39), med unntak av FU2. I ruta FU2 var hele 34 % av de yngste plantene døde i 2021. Det kan se ut som om det er en trend med en økning i mortalitet med økende alder, men det er vesentlig færre planter i aldersgruppene 2 og 3 enn i gruppe 1 (jf. Tabell 13), slik at datagrunnlaget for de eldre plantene er svakere.



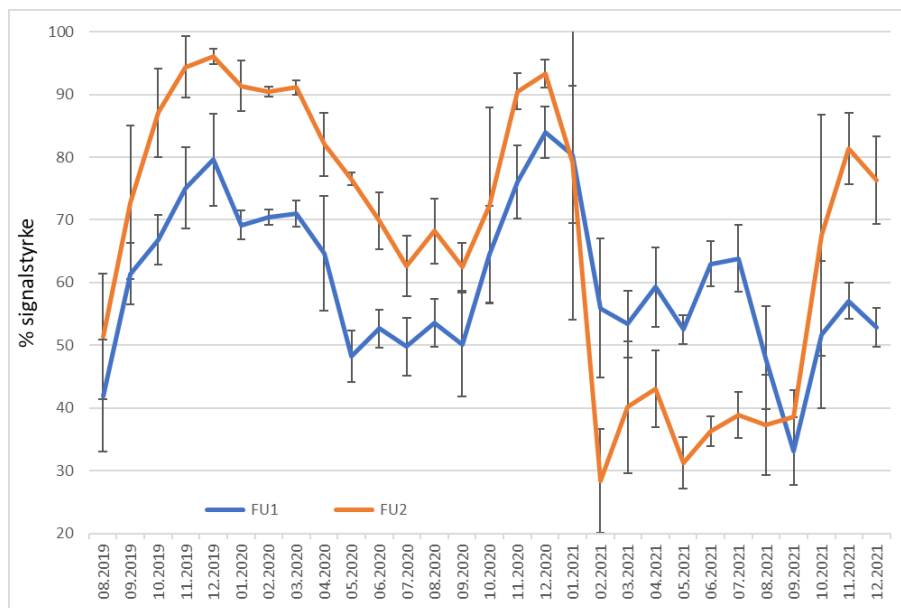
Figur 39. Mortalitet fordelt på aldersklasser i hver av rutene i Fjugstad (FU) og Norderås (NO) i 2021.

Analysen av dataene fra klimaloggerne har blitt gjennomført for å få et bedre inntrykk av forsøksrutenes voksestedsbetingelser og de klimatiske forholdene på hver lokalitet. Grafene i Figur 40 og Figur 41 viser signalstyrken og ikke den absolutte jordfuktigheten. De gjenspeiler likevel dynamikken gjennom sesongen og de relative fuktighetsforholdene mellom rutene. Omregningen av signalstyrken til absolutte jordfuktighetsverdier hadde krevd en undersøkelse av jordtype og fuktighetsrespons på hvert sted for å kalibrere sensordataene. En direkte sammenligning av jordfuktigheten mellom de to lokalitetene kunne derfor ikke gjøres, men tatt i betraktning at begge områder har sammenlignbare grunnforhold, gir datasettet allikevel en god indikasjon på forskjeller mellom lokalitetene.

Det er en del forskjeller i relativ jordfuktighet mellom rutene FU1 og FU2 i Fjugstad, der rute FU1 framstår tørrere enn FU2 gjennom store deler av 2019 og 2020 (Figur 40). Gjennom vekstsesongen 2021 er det motsatt og FU2 er da markert tørrere enn FU1. De relative verdiene viser også at FU1 er tørrere enn de tre andre rutene fra oktober 2019 til august 2020, mens FU2 er tørrest av alle ruter fra februar til august 2021. Klimaloggeren i ruta FU2 viser en markant nedgang i signalstyrke fra januar til februar 2021 og en nesten like kraftig oppgang fra september til oktober samme år. Det kan ikke utelukkes at disse svingningene skyldes mekanisk påvirkning av loggeren gjennom f.eks. rådyr eller telehiv.

På Norderås er det få forskjeller mellom rutene (Figur 41). Bare i juni 2020 og mai 2021 er NO3 markert tørrere enn NO1.

Antakelsen om fuktighetsgradienten mellom rutene på hver lokalitet ved opprettelsen av forsøket ble bare delvis bekreftet av klimaloggerne for Fjugstad i 2021 (men ikke i 2019/20), og ikke i noen særlig grad for Norderås.



Figur 40. Jordfuktighet oppgitt i prosent av signalstyrke i rutene FU1 og FU2 (Fjugstad). Månedlige gjennomsnittsverdier med standardavvik for perioden august 2019 til desember 2021.



Figur 41. Jordfuktighet oppgitt i prosent av signalstyrke i rutene NO1 og NO3 (Norderås). Månedlige gjennomsnittsverdier med standardavvik for perioden august 2019 til desember 2021.

Det er derfor nærliggende å anta at forskjellen i avdøing mellom rutene først og fremst skyldes forskjeller i bunnvegetasjon, som også kan forklare ulik beitepress. FU1 og NO3 hadde begge en mortalitetsrate på rundt 17 % i 2021. Begge kjennetegnes av høy bunnvegetasjon. NO1 og NO2 hadde rundt 10 % avdøing hver og har mindre bunnvegetasjon. Tett og høy bunnvegetasjon kan tenkes å ha en negativ innvirkning på etableringen av småplanter av ask og dermed bidra til økt mortalitet. Konkurransen om lys og næringsstoffer vil påvirke etableringen negativt – samtidig som et godt dekke med bunnvegetasjon vil holde bedre på fuktigheten og forhindre fordampning fra jorda. Det er lite bunnvegetasjon i ruta FU2, samtidig som denne hadde den høyeste avdøingen av alle ruter (33 %) og høyest mortalitet blant de yngste plantene. Forklaringen kan være at lav bunnvegetasjon gjør askeplantene mer tilgjengelig for beiting, i tillegg til mer sårbare for tråkkskader, som også påpekes av

Turczański m. fl. (2021). Ruta FU2 var for eksempel sterkt preget av tråkkskader fra rådyr. Det var få tegn til skader av rådyr i rutene på Norderås, så beitepresset er nok vesentlig større i Fjugstad enn på Norderås pga. en stor bestand av rådyr i området.

Grunnforholdene vil mest sannsynlig også påvirke askas naturlige regenerasjon. Turczański m. fl. (2021) fant at tettheten av naturlig foryngelse av ask kan bli påvirket av grunnvannsnivået og jordsmonnet. I sin studie fra Polen fant de bl.a. færre skadde askeplanter på steder med lavt grunnvannsnivå og sur jord. Men siden rutene i vårt forsøk ikke ligger veldig langt fra hverandre på hver lokalitet, er det nærliggende å anta at jordsmonnet er nokså likt. Grunnvannsforholdene og jordfuktigheten kan derimot variere ganske kraftig over korte avstander.

Våre årlige registreringer i Fjugstad og Norderås av småplantenes overlevelse under naturlige forhold og uten menneskelig påvirkning vil være en verdifull referanse og bidra med informasjon inn i andre prosjekter og til genressursforvaltningen.

Erfaringen fra den langsiktige overvåkingen av ask i Fjugstad og Norderås, med høy dødelighet blant de minste asketrærne i løpet av få år, gjør at vi frykter tilsvarende høy avdøing blant foryngelsen i Fjugstad og Norderås om få år.

Litteraturreferanser

- Chandelier, A., Gerarts, F., San Martin, G., Herman, M. & Delahaye, L. 2016. Temporal evolution of collar lesions associated with ash dieback and the occurrence of *Armillaria* in Belgian forests. *Forest Pathology*, 46(4), 289-297.
- Drenkhan, R., Solheim, H., Bogachevac, A., Riit, T., Adamsona, K., Drenkhan, T., Maatena, T. & Hietala, A.M. 2016. *Hymenoscyphus fraxineus* is a leaf pathogen of *Fraxinus* species in the Russian Far East. *Pl. Pathol* 66, 490-500. doi: 10.1111/ppa.12588.
- Hultberg, T., Sandström, J., Felton, A., Öhmand, K., Rönnerberg, J., Witzell, J. & Cleary, M. 2020. Ash dieback risks an extinction cascade. *Biological Conservation* 244: 9.
- Jordal, J.B. & Bratli, H. 2011. Styvingstrær og høstingsskog i Norge med vekt på alm, ask og lind. Utbredelse, artsmangfold og supplerende kartlegging i 2011. Rapport J.B. Jordal nr. 4-2012. 114 s.
- Lenz, H.D., Bartha, B., Straßer, L. & Lemme, H. 2016. Development of Ash Dieback in South-Eastern Germany and the Increasing Occurrence of Secondary Pathogens. *Forests* 7(2), 41; doi: 10.3390/f7020041.
- Lindgren, V.S. 2017. Rothalsinfeksjoner av askeskuddbeger *Hymenoscyphus fraxineus* i asketrær *Fraxinus excelsior* i Norge. Høgskolen i Innlandet, Avdeling Evenstad. Bachelor i utmarksforvaltning. 30 s.
- Lubek, A., Kukwa, M., Czortek, P. & Jaroszewicz, B. 2020. Impact of *Fraxinus excelsior* dieback on biota of ash-associated lichen epiphytes at the landscape and community level. *Biodivers Conserv* 29, 431-450. doi.org/10.1007/s10531-019-01890-w
- McKinney, L.V., Nielsen, L.R., Collinge, D.B., Thomsen, I.M., Hansen, J.K. & Kjær, E.D. 2014. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant pathology* 63: 485-499.
- Mitchell, R. J., Hewison, R.L., Hester, A.J., Broome, A. & Kirby, K.J. 2016. Potential impacts of the loss of *Fraxinus excelsior* (Oleaceae) due to ash dieback on woodland vegetation in Great Britain. *New Journal of Botany* 6(1): 2-15.
- Nemesio-Gorriz M, McGuinness B, Grant J, Dowd L, Douglas GC 2019. Lenticel infection in *Fraxinus excelsior* shoots in the context of ash dieback. *iForest* 12:160-165. <https://doi.org/10.3832/ifer2897-012>.
- Solheim, H. & Børja, I. 2012. Klimavinnerne. Honningsopp - den smarte opportunist. *Norsk Skogbruk* 58(3): 30.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017a. Spread of Ash Dieback in Norway. *Baltic Forestry* 23(1): 144-149.
- Solheim, H. & Hietala, A.M. 2017b. Spredning av askeskuddsjuke i Europa og Norge. *NIBIO POP* 3(4).
- Solheim, H. 2009. Bekymringsfull økning i askeskuddsjuka: Trær ser ut til å dø. *Skogeieren* 96 (7-8): 24-25.
- Solheim, H., Børja, I., Nagy, NE., Timmermann, V. & Hietala, AM. 2017. Askeskuddsjuke, årsak og biologi. *NIBIO POP* 3(2).
- Solstad H., Elven R., Arnesen G., Eidesen PB., Gaarder G., Hegre H., Høitomt T., Mjelde M. og Pedersen O. 2021. Karplanter: Vurdering av ask *Fraxinus excelsior* for Norge. Rødlista for arter 2021. Artsdatabanken. <https://www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021/23570>

- Talgø, V., Sletten, A., Brurberg, M.B., Solheim, H. & Stensvand, A. 2009: *Chalara fraxinea* isolated from diseased ash in Norway. *Plant Disease* 93: 548.
- Thomas, P.A. 2016. Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *J Ecol*, 104: 1158–1209. doi: 10.1111/1365-2745.12566.
- Timmermann, V. & Tollefsrud, M.M. 2017. Resultater fra overvåking av askeskuddsjuke – de unge faller fra, de gamle takler det bedre. *NIBIO POP* 3(3).
- Timmermann, V., Børja, I., Hietala, A.M., Kirisits, T. & Solheim, H. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 41: 14–20.
- Timmermann, V., Nagy, N.E., Hietala, A.M., Børja, I. & Solheim, H. 2017. Progression of Ash Dieback in Norway Related to Tree Age, Disease History and Regional Aspects. *Baltic Forestry* 23(1): 150-158.
- Timmermann, V., Solheim, H., Clarke, N., Aas, W. & Andreassen, K. 2013. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2012. Rapport fra Skog og landskap 12/13: 32 s.
- Turczański, K., Dyderski, M.K. & Rutkowski, P. 2021. Ash dieback, soil and deer browsing influence natural regeneration of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Science of The Total Environment* 752: 141787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141787>

7 Andre spesielle skogskader i 2021

Isabella Børja ^(1,2) og Halvor Solheim ⁽¹⁾ (⁽¹⁾ NIBIO, ⁽²⁾ NMBU)

7.1 Innledning

I mer enn 150 år har vi registrert forskjellige forhold relatert til skoger i Norge, også skogskader. Med den teknologiske utviklingen har det blitt mye lettere å samle og systematisere informasjon om skogskader, og vi har etter hvert opprettet en interaktiv skogskadedatabase, [Skogskader.no](https://skogskader.no). Alle som er interessert i skog og skogskader kan rapportere og bruke databasen, men det er de årlige rapportene fra Landsskogtakseringen som står for mesteparten av innrapporteringer.

7.2 Metoder

Vår skogskadedatabase [Skogskader.no](https://skogskader.no) er et internettbasert rapporterings- og arkiveringssystem for skogskadeobservasjoner og er sentral i å samle inn informasjon om skader i skog fra hele Norge. Databasen bygger på brevarkivet ved tidligere Norsk institutt for skogforskning (nå en del av NIBIO) med skaderapporter tilbake til 1960-tallet. I dag inneholder databasen flere tusen innsendte rapporter samt digitaliserte rapporter fra skadearkivet. Her samles det skadeobservasjoner som stammer fra befaringer, undersøkelser og bestemmelser av innsendte prøver, fra Landsskogtakseringens skog- overvåking, bestandsregistreringer og relevante forskningsprosjekter. Innsending av skaderapporter kan gjøres av alle naturinteresserte privatpersoner, skogeiere, skogbrukssjefer og Statsforvalterens landbruksavdelinger. NIBIO har det faglige ansvaret og utfører kvalitetssikring av alle innsendte rapporter.

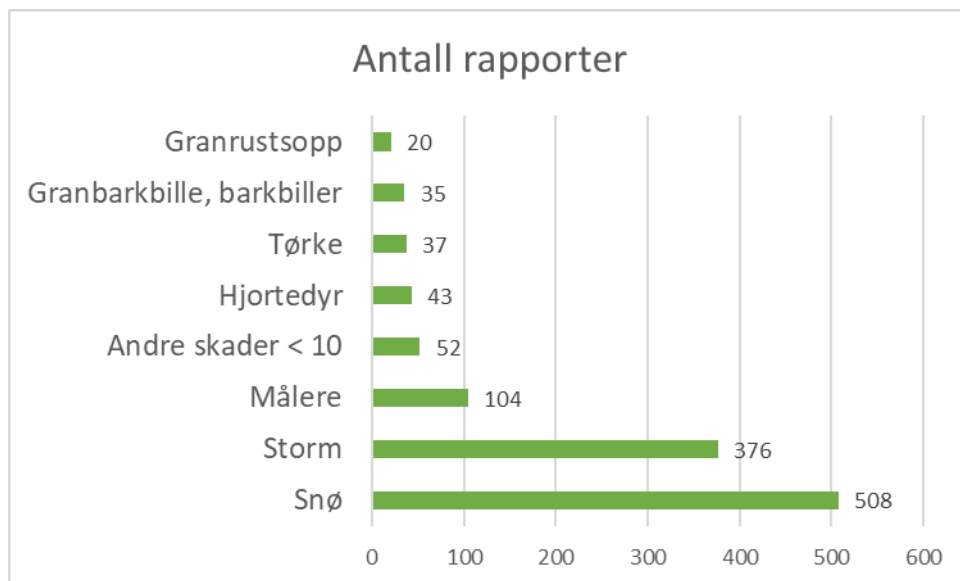
Rapporter i skogskadedatabasen kommer hovedsakelig fra tre kilder; 1) fra den årlige overvåkingen i Landsskogtakseringen på faste flater, 2) ved at personell knyttet til Landsskog gjør registreringer utenom de faste flatene og 3) at andre personer med interesse i skogskader legger observerte skader inn i [Skogskader.no](https://skogskader.no). På de faste Landsskogtakseringsflatene skjer registreringer hvert 5. år så enkelte skader kan være opp til 5 år gamle ved registreringen. Antall skader fra Landsskogtakseringen kan være noe underrapportert fordi feltarbeiderne er på et sted bare en gang i løpet av vekstsesongen og derfor ikke fanger opp skadetilfeller som dukker opp på et annet tidspunkt.

7.3 Resultater og diskusjon

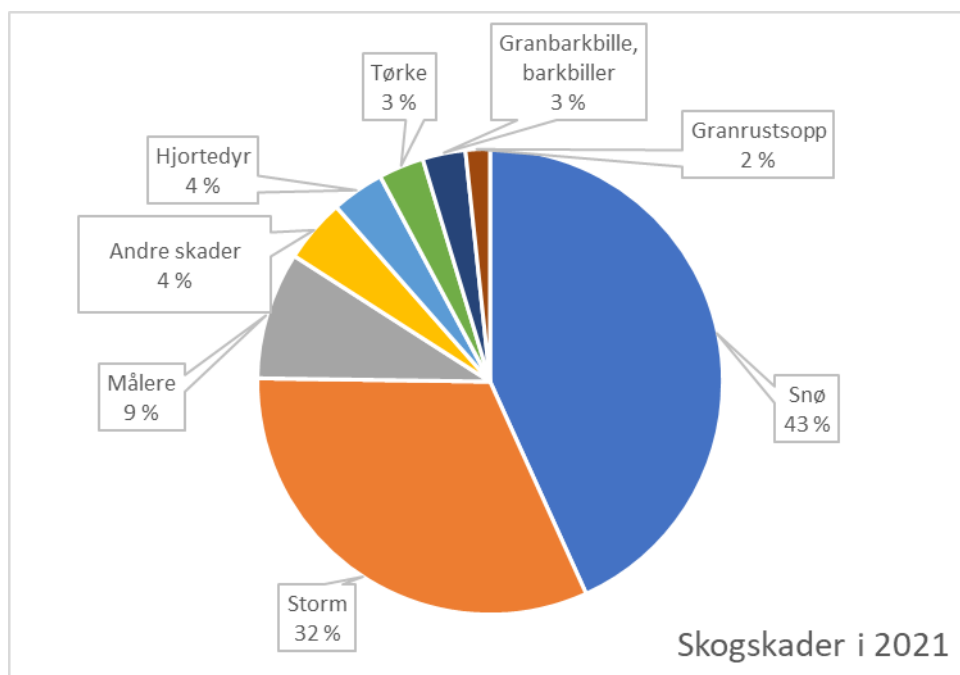
I alt ble det lagt inn 1174 rapporter om skogskader i skogskadedatabasen i løpet av 2021. Vi omtaler ikke målere og granbarkbiller her siden de rapporteres i egne kapitler i denne rapporten (se kapittel 3 og 4).

De hyppigst rapporterte skader gjennom 2021, med 10 eller flere rapporter, var: Snø (508 tilfeller, 43 %), storm (376 tilfeller, 32 %), målere (104 tilfeller, 9 %), hjortedyr (43 tilfeller, 4 %), tørke (37 tilfeller, 3 %), granbarkbiller og barkbiller (35 tilfeller, 3 %) og granrustsopp (20 tilfeller, 2 %) (Figur 42 og Figur 43). Andre skader utgjorde til sammen 52 tilfeller, 4 %.

I kategorien «andre skader» er det gruppert mindre hyppige skader med færre enn 10 forekomster i løpet av 2021. Til denne kategorien hører rapporter av forskjellige biller (7 tilfeller), rustsopper (5 tilfeller), jordras (4 tilfeller) og bever (3 tilfeller). Resten av «andre skader», med 25 forskjellige skadekategorier, hadde bare ett eller to tilfeller hver.



Figur 42. Oversikt over de hyppigste skadene i 2021. «Andre skader» er en samlegruppe for rapporter med færre en 10 skadetilfeller.



Figur 43. Oversikt over de hyppigste skogskadene registrert i løpet av 2021 uttrykt som prosent av totalt antall innrapporterte skader. Gruppen «andre skader» er % av skader med færre enn 10 rapporter i hver skadegruppe.

Snø ble innrapportert 508 ganger fra over 178 kommuner. Skaden var jevnt fordelt over hele Norge. Ved snøskader er det ofte snøbrekk som er årsak til store skogskader. Ved massive snøfall, der bløt snø legger seg tungt i kronene, kan påfølgende frysing og vind føre til stammebrekk. Toppen av trærne er mest utsatt, men trær kan også knekke lenger nede. Sårene som oppstår etter snøbrekk er ofte inngangsporten for skadelige sopper, og toppråtesoppen er den vanligste. Snøbrekk forekommer i varierende grad, og det er gjerne i visse høydelag at skaden inntreffer. Snøskader er et problem i mange skoger. I særlig utsatte deler av landet oppstår det årlig snøbrekkskader og store verdier går tapt.

Storm ble innrapportert 376 ganger fra over 179 kommuner. Stormer som klassifiseres som ekstremvær opptrer gjerne en til noen få ganger i løpet av året. Oftest opptrer de om høsten eller rundt nyttårstider. Den første stormen i 2021 var Frank som herjet den 21.-22. januar, særlig i på Helgeland, Salten, Ofoten og i Troms. Stormen Frank kom som en kraftig vind og forårsaket store materielle skader. Stormen som forårsaket de største skogskadene i 2021 var en ikke-navngitt storm som herjet den 11. november 2021 og rammet store områder fra Øyer og Lillehammer i nord, sydvestover gjennom Viken mot Tinn og Vinje i Telemark. Hardest rammet var Sør-Aurdal kommune. Forsikringsselskapet Skogbrand har foreløpig taksert skader knyttet til denne stormen til 94 millioner kroner, men anslag om samlet erstatningsutbetaling nærmer seg 95-100 millioner kroner. Skogbrand har estimert skadet skogvolum til 2,4 – 2,6 millioner kubikkmeter. De har fått 858 skademeldinger med gjennomsnittlig areal på 82 dekar. Til sammenligning, etter stormen Dagmar i 2011, ble det rapportert 1350 skader med gjennomsnittlig areal på 36 dekar og samlet utbetaling for skadene var på 65 millioner kroner.

Målere ble rapportert 104 ganger fra 28 kommuner (se også kapittel 3).

Hjort- eller hjortedyrskader ble rapportert 43 ganger fra 35 kommuner jevnt fordelt over hele landet. Det er rapportert feie- eller beiteskader på de fleste treslag. Som regel er hjortedyrskadene beskjedne, men kan bli omfattende i kalde vintre når dyrene gnager bark og beiter skudd.

Tørkeskader ble rapportert 37 ganger fra 29 kommuner. Det var flest rapporter fra områder i Sør- og Midt-Norge. Sommeren 2018 var ekstrem tørt og tørkeskadene som oppsto dette året kom gjerne til syne opptil flere år senere. Mest utsatt var skog på tørkeutsatte arealer, og gran er det treslaget som var sterkest rammet (Figur 44). Fordi gran har et grunt rotsystem er den særlig utsatt for avdøing når den øvre delen av jordsjiktet blir tørt i lange perioder. Også andre treslag ble berørt av tørke.

Granbarkbiller og barkbiller ble rapportert 35 ganger fra 25 kommuner (se også kapittel 4).

Granrustsopp (*Chrysomyxa abietis*) hadde 20 innmeldte skader fra 9 kommuner, særlig i Sørøst-Norge. Granrust forekommer over hele landet og er lett å se når den opptrer i store mengder (Figur 45). Årets grannåler smittes om våren før det beskyttende vokslaget på nålene er ferdig utviklet. Gjennom sommeren og høsten blir nålene gule, men først på senhøsten dannes det anlegg til sporer som vises som opphøyde lengdestriper. Neste vår modner lengdestripene og bryter gjennom epidermis som gule, iøynefallende sprekker med masser av sporer.



Figur 44. Typiske tørkeskader på gran: tørre topper. To grantrær med forskjellige grader av tørkeskade. Foto: Isabella Børja



Figur 45. Granrustsopp (*Chrysomyxa abietis*). Gjennom sommeren og høsten får årets nåler gule flekker og et typisk spraglete utseende. Foto: Isabella Børja.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.

Forsidefoto: Volkmar Timmermann 13.09.2021. Store skader på enkelttrær på den intensive skogovervåkingsflata i Hurdal. Her er det både seinskader etter tørken i 2018 med påfølgende barkbilleangrep, råte, samt en del vindfall som har ført til skadde og døde grantrær.