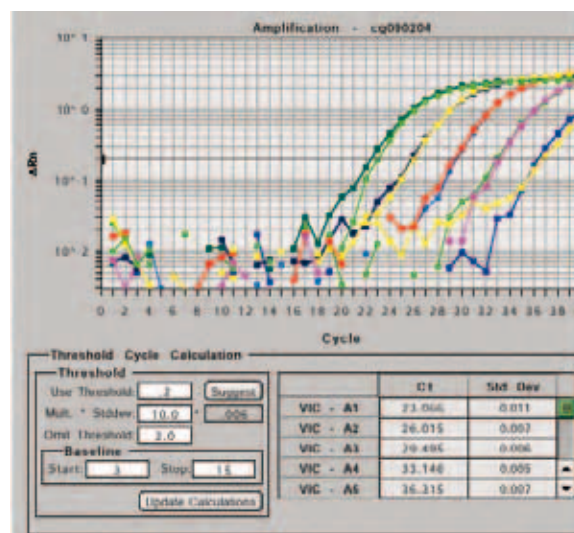


Bruken av et slikt DNA-basert verktøy betyr at man ikke bare kan finne ut hvilke patogene sopper som er tilstede i prøven, men også mengden, noe som er essensielt for å kunne forutsi graden av infeksjonsfare forbundet med hver enkel sopp (Figur 19). Sammenlignet med andre analysemetoder i forbindelse med overvåking av skogens helse forventer vi at et slikt DNA-baserte deteksjonsverktøy vil gi en uovertruffen sensitivitet og presisjon ved identifisering av patogene sopper som er tilstede i skogskade-sammenheng og integrert med andre analysemetoder i forbindelse med overvåking av skogens helse.

En mulig måte for å utnytte DNA-teknologien vi behersker i dag, er å sette opp volumetriske luftprøvetakere med etterfølgende ekstraksjon av DNA for deteksjon og kvantifisering av forekommende sopp-sporeer ved hjelp av kvantitativ sanntids PCR. Identifisering ved bruk av andre innsamlingsmetoder kan også tenkes. Dette vil muliggjøre en systematisk DNA-basert overvåking og fungere som et nytt alternativ til metoder som allerede er i bruk, og vil kunne fungere som en parallell til den nåværende bruk av feromonfeller for å kvantifisere forekomst av insekter. For å utvikle denne overvåkingsteknikken må DNA-ekstraksjonsmetoder og kvantitative PCR-analyser tilpasses bruken av volumetriske luftprøvetakere. Det er fullt mulig å utvikle dette verktøyet, men det vil kreve investering i forskning og metodeutvikling for å få det på plass.

Liknende metoder er under utvikling for overvåking av biologisk mangfold, hvor fragmenter av planter eller dyr samles i feller og deretter identifiseres og kvantifiseres ved hjelp av DNA-analyse. En fremtidsvisjon er samordnede opplegg for overvåking av sopp sykdommer, biologisk mangfold, pollenforekomst og fenologiske ytringer. Det er fullt mulig å utvikle også dette verktøyet, men også det vil kreve investering i forskning og metodeutvikling for å få på plass.



Figur 19. Kvantifisering av DNA ved hjelp av kvantitativ sanntids PCR fra prøver som inneholder 10, 1, 0,1, 0,01 and 0,001 nanogram DNA fra målorganismen. Husk at 1 nanogram er det samme som 0.000000001g! Dette betyr at det er mulig å finne ut om en enkelt sopp spore er tilstede i prøven. Lave verdier på X-aksen indikerer mer sopp i prøven.

4.4 Registreringer av skogskader på permanente felt

Svein Solberg, Skog og landskap

I Norge har vi hatt overvåking av skogens helsetilstand på permanente felt i over 20 år. En del av disse registreringene kan være av verdi også for en overvåking av skogskader relatert til klimaendringer, og en videreføring har fordelen av at lange tidsreier sikres og videreføres. Forbedringer og kostnadsreduksjoner sammenliknet med dagens overvåking kan oppnås ved at noen registreringer erstattes av nye metoder som fjernmåling og automatiserte målinger, og noen registreringer kan slås sammen med andre aktiviteter.

I Europa, Nord-Amerika og deler av Øst-Asia har det pågått overvåking av skoghelse i omkring 20 år. Målingene er basert på visuelle registreringer av generelle skoghelseindikatorer som kronetetthet, kronefarge, avdøying, sekundærskudd og konglesetting. I Norge foregår disse registreringene på regionale overvåkingsflater (tidligere skogoppsynets flater), på landsskogtakseringens flater, i tillegg til mer hyppige registreringer av klimaforhold, bunnvegetasjon, trærnes tilvekst, strøfall og næringsinnhold samt jord- og nedbørkjemiske forhold på intensive overvåkingsflater.

Visuelle observasjoner er beheftet med usikkerhet. Selv om flere undersøkelser har vist at registreringene gir meningsfulle datasett med sammenfal-

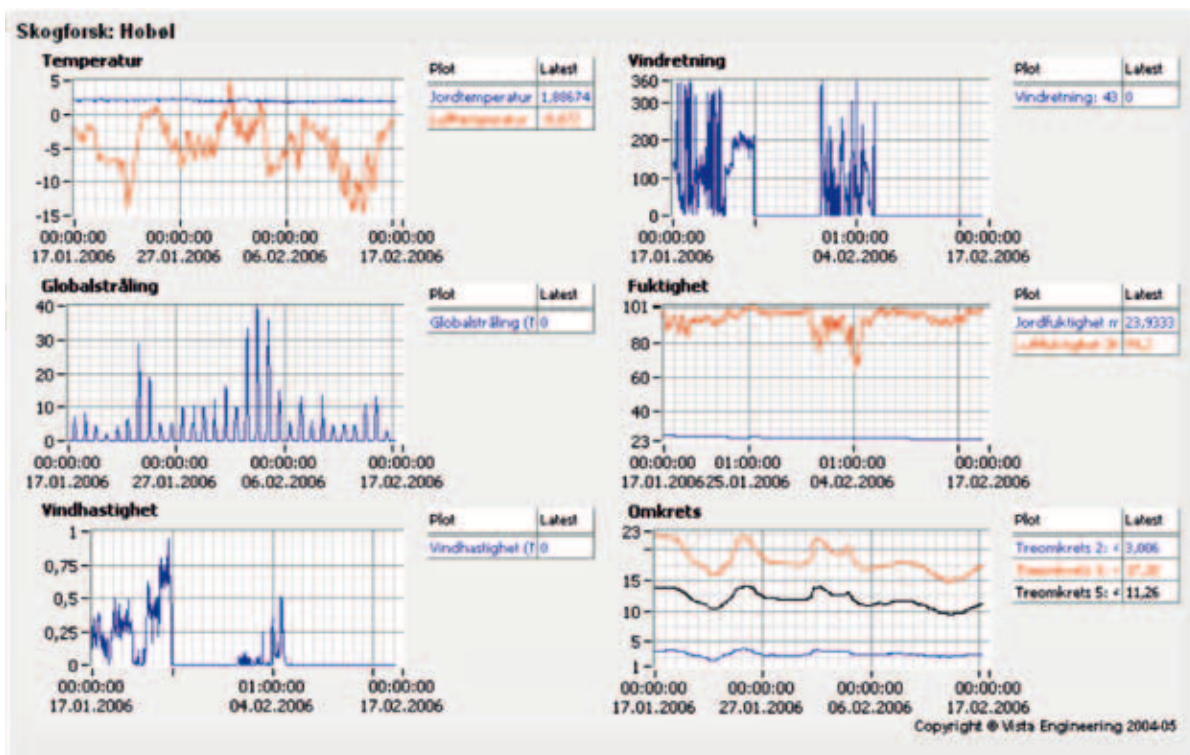
lende geografiske mønstre, og det er påvist sammenhenger mellom kronetetthet og tilvekst, kan systematiske forskjeller mellom observatører gi falske geografiske mønstre, brå og falske forskjeller mellom land, og brå endringer ved skifte av observatør. På øvelseskurs i kronebedømmelse varierer kronetetthetsverdiene mellom observatørene, men rangeringen av trærne med hensyn på kronetetthet er ofte lik. Kronebedømmelse er derfor en god metode i situasjoner med omfattende skogdød og sterke variasjoner i skogskader i tid og rom. I Europa sett under ett har det imidlertid vist seg at variasjonen i kronetetthet er beskjeden, selv etter ekstremt tørre og varme somre som den i 2003. Dette er med på å gjøre at usikkerheten i metoden blir stor i forhold til den virkelige variasjonen i kronetetthet.

Overvåkingsmetodene ble utformet ut fra ønsket om å studere effektene av luftforurensning, for å kunne beskrive hvordan skogens helsetilstand varierer i tid og rom, samt for å belyse skadeårsaker. Generelle helsevariabler som kronetetthet og kronefarge har vært brukt som mål på skogens helsetilstand. I prinsippet fanger de opp effekter av de fleste typer skogskader som insekt-defoliatorer, soppsykdommer på bladverket, framskredne råteangrep og tørkestress. På samme måte som med sur nedbør, kan også klimaendringer – både direkte og indirekte – føre til en rekke ulike skader på skog som kan overvåkes ved bruk av generelle helsevariable. Det er derfor god grunn til å fortsette med klimaeffekter som ytterligere en problemstilling.

De andre variablene i overvåkingen, utover kronevariablene, er også i stor grad relevante for klimaendringseffekter. Det gjelder for trærns tilvekst. Trærnes næringsstatus i nåler og blad bidrar også til en generell beskrivelse av trærnes helsetilstand, men er likevel mindre relevant for klimaeffekter enn den var for sur nedbør. Kjemiske egenskaper i nedbør, kronedrypp og jordvann har noe mindre relevans enn det hadde for sur nedbør. Det inneholder imidlertid informasjon om to relevante forhold for klimaspørsmål, nemlig sjøsaltepisoder og karbonets kretsløp. Sjøsaltepisoder forekommer ofte i Norge, og gir akutte endringer i skogøkosystemet. Det driver kationer ut i jordvannsløsningen, inkludert aluminium, og kan dermed utløse høye aluminiumskonsentrasjoner og mulig toksiske konsentrasjoner for røttene. Karbonbinding er mye fokusert i dag på grunn av Kyoto-protokollen, og kjemiske analyser av karbon (DOC) i vannprøver kan bidra til forståelsen av karbonets kretsløp i skogøkosystemet. Data for strøfallet er relevant for å forstå dyna-

mikken i kronetetthet, og høyt strøfall på gran er ofte en effekt av tørkestress. Strøfallet har også betydning som beskrivelse av karbonets kretsløp. Generelt synes det som nytteverdien av en intensiv, skogøkologisk overvåking er bredere enn det som har vært bakgrunnen hittil (forurensninger), og for klimaendringseffekter. Derfor bør slike felt finansieres ut fra et bredere fokus. Til sammen taler dette for at en del av dagens overvåkingsaktiviteter er av stor verdi for overvåking av klimaendringseffekter.

I Europa har mange overvåkingsflater de siste årene blitt opprustet med automatiske registreringer av ulike klimavariabler som innstråling, jord- og lufttemperatur, nedbørmengde, luftfuktighet, vindstyrke og vindretning. I tillegg måles det kontinuerlig omkrets i brysthøyde og vanntransport oppover i stammen på enkelttrær. Omkretsbånd rundt stammen kan dessuten brukes for å registrere frostepisoder, og det finnes sensorer til å feste på trærne for å måle svingninger under sterk vind. Andre aktuelle variable er lysmålinger over og under kronetaket for å beskrive variasjon over tid i bladmasse, noe som er relevant for både skogens fenologi og helsetilstand. Dataene kan lagres fortløpende i datalogger, og overføres med GSM til databaseserver, og presenteres fortløpende på Internett. Skogskadeovervåkingen i Norge har foreløpig ingen slike automatske overvåkingsfelt, men metodene har vært til uttesting (Figur 20). Automatiserte overvåkingsprogrammer vil imidlertid ikke kunne erstatte manuelt arbeid, for eksempel når det gjelder prøvetaking til kjemiske analyser.



Figur 20. Eksempel på bruk av automatisk overvåking av skoghelse. Figuren viser en internettside med målinger av ulike klimavariabler, samt stammeomkrets i brysthøyde på noen trær fra et testfelt i Hobøl, Østfold. Dataperiode er 17. januar – 17. februar 2006.

4.5 Systematisering av observerte skogskader

Svein Solberg, Skog og landskap

Nettportalen Skogskader på Internett representerer moderniseringen av et rapporteringssystem som har vært operativt i Norge i over 100 år. Gjennom økt innrapportering, for eksempel med hjelp av den regionale, offentlige skogforvaltningen, samt en videre samordning med de andre nordiske landene, vil Norge få et operativt beredskapssystem for overvåking av skadetilfeller i norsk skog.

I Norge finnes sammenstillinger av skogskaderegistreringer tilbake til begynnelsen av 1900-tallet. Det er vanligvis den regionale, offentlige skogforvaltningen (tidligere skogoppstyret) som registrerer og rapporterer skadene som så blir arkivert hos Skog og landskap. Via nettportalen *Skogskader på Internett* (www.skogoglandskap.no/skogskade/) kan brukerne rapportere og få oversikt over ulike skogskader, en ordning som sammen med diagnostisering av innsendte prøver viderefører en aktivitet som har pågått i over hundre år. En harmonisering med det svenske systemet for registrering av skogskader har dannet grunnlaget for et felles nordisk system.

Bare unntaksvis kan det avledes informasjon om geografiske mønstre for skogskader fra innsendte rapporter. Det beste eksemplet er fra angrepene av furuas knopp- og greintørkesopp i 2001, et angrep som rammet store deler av de sørlige landsdelene. Et relativt klart geografisk mønster framkom på *Skogskader på Internett* (Figur 21), noe som viser betydningen av at mengden innsendte rapporter er stor. Dette kan gjøres ved å øke den regionale, offentlige skogforvaltningens aktivitet her. Dette personellet ferdes mye i skog og mark og har betydelig kompetanse når det gjelder skogskader. Systemet kan også utvides med en rutine for årlig innrapportering, slik det ble gjort fram til midten av 1990-tallet, da Skogoppstyret rapporterte til Landbruks- og matdepartementet. Slike systematiske registreringer av skogskader bør særlig omfatte omfanget av barkbilledrept skog og stormskader.