# NORSAR
# INNBLIKK 2018

NORSAR

# 50 år for et sikrere samfunn

NORSAR fylte 50 år i 2018 og jubileet ble markert på mange vis. Vi feiret en institusjon og et lag som stadig evner å fornye seg både teknologisk, i arbeidsmåte og i møte med omgivelsene. Alt gjør vi for å bidra til et sikrere samfunn.

I møtene med omgivelsene fikk vi se mye nytt i 2018 – vi gledet oss stort over samarbeidet med Fantefilm som laget spillefilmen «Skjelvet» om jordskjelv i Oslo. Det var et profesjonelt team som var opptatt av å bruke fakta som grunnlag for en spennende katastrofefilm. Filmen førte til en god diskusjon om jordskjelvberedskap og om oppdatering av jordskjelvsoneringskartet for Norge. Det er bred enighet om at det er behov for et oppdatert kart som grunnlag for alle påfølgende risikovurderinger. Det eksisterende er fra 1998. NORSAR tar samfunnsansvar og ferdigstiller oppdateringen i løpet av 2019.

Jubileumsåret brakte også muligheten for å opplyse publikum i Oslo om jordskjelv og Oslos strukturelle geologi. Utstillingen ved Rådhuset ble godt mottatt og var et naturlig startsted for 50-årsfeiringen med gjester og ansatte.

Vi ser økt engasjement fra omgivelsene, både vår Facebook-side og Jordskjelv.no er godt besøkt. Det er 12-15 følte jordskjelv i Norge hvert år. Hver gang får vi henvendelser og informerer om hendelsene.

Verden er fremdeles et urolig sted, selv om USA og Nord-Korea er i dialog om nedrustning på Koreahalvøya. Norge har en sentral rolle i å overvåke Prøvestansavtalen, og fra stasjonene i nettverket vet vi at den høyt profilerte sprengingen av tunnelinngangene i Mount Mantap i Nord-Korea var mest for å skape oppmerksomhet. Den gjorde trolig minimal skade. Det betyr at prøvesprengingsfeltet kan gjenåpnes på kort varsel. Området må derfor følges nøye videre. Overvåkningen er et viktig arbeid for et sikrere samfunn på global skala og er en av hjørnesteinene i Norges nedrustningsarbeid.

Både det norske og det internasjonale tekniske miljøet som arbeider med verifikasjon av Prøvestansavtalen har vært med lenge. Som en del av markeringen av vårt 50-årsjubileum lanserte NORSAR et internasjonalt Young Professionals Network for nasjonale datasentre og Prøvestansorganisasjonen i Wien. Vår ambisjon er å etablere en læringsarena, en rekrutteringsbase for formelle posisjoner og en fornyelse av det tekniske arbeidet med verifikasjon. Nettverket er godt mottatt og har fått en fin start. Unge må engasjeres for et sikrere samfunn!

NORSARs teknologi og kompetansebase om sikrere samfunn, og det internasjonale nettverket organisasjonen har, ga stor uttelling på nyåret i 2019. NORSAR ble tildelt et Horisont 2020-prosjekt som den ledende institusjonen for et partnerskap av 20 europeiske deltakere. Vi gleder oss til å ta fatt på oppgaven med å lage et varslingssystem for jordskjelv i Europa!

NORSAR har holdt på i 50 år. Det er liten tvil om at det i fremtiden fortsatt er behov for teknologi, kompetanse og engasjement for å bidra til sikrere samfunn, både på lokal og global skala.

Anne Strømmen Lycke

# Feiring av 50 år for et sikrere samfunn

NORSAR ble etablert i juni 1968 i et samarbeid mellom norske og amerikanske myndigheter. Formålet var å etablere en organisasjon som kunne bygge, drifte og analysere dataene som ble samlet inn fra passive lyttestasjoner som overvåker prøvesprengning av atomvåpen. Den første stasjonen ble bygget i Hedmark og var ferdig i 1968. Denne stasjonen var sammen med en tilsvarende installasjon i Montana, verdens største seismiske nettverksstasjon. Senere er den modernisert og moderert, men er fremdeles en av de store stasjonene i det globale nettverket som verifiserer etterlevelse av Prøvestansavtalen. Etter hvert er det norske nettverket utvidet med seismiske stasjoner i Finnmark, på Svalbard og Jan Mayen. Teknologisk ble systemet utvidet med en infralydstasjon ved Bardufoss og en radionuklidestasjon ved Longyearbyen. I dag består systemet av seks stasjoner innenfor tre teknologier.

Det var en stor ære og glede for oss å kunne ønske H.K.H. Kronprins Haakon i følge med ordfører i Skedsmo og fylkesmannen i Oslo og Akershus velkommen til NORSAR i juni 2018 for å markere 50-årsjubileet. Følget tok seg god tid til å bli kjent med både overvåkningen av Nord-Koreas atomvirksomhet og de andre bidragene til et sikrere samfunn som våre teknologier og kunnskaper gir.

H.K.H. Kronprins Haakon ble presentert for NORSARs bidrag til et sikrere samfunn:

- **Verifikasjon av Prøvestansavtalen.** Nord-Koreas store prøvesprengning i september 2017 medførte en lang serie etterskjelv. Det er viktig at dette avklares som nettopp etterskjelv og ikke gir opphav til spekulasjoner om nye, mindre bomber.
- **Oppdatering av jordskjelvsoneringskartet for Norge.** Jordskjelv i Norge forekommer av tre årsaker. Den ene er som resultat av påbegynt oppsprekking av jordskorpen; Oslofeltet og Nordsjøen. Den andre er som ettervirkning av landhevningen; Vestlandet og Nordland. Den tredje er som resultat av dagens spredning langs den midt-atlantiske rygg; Barentshavet og Svalbard. Oppdatering av soneringskartet er viktig for riktige risikovurderinger.
- **Mikroseismisk monitorering for sikrere utvinning av olje og gass.** Sikrere utvinning kan oppnås ved å kartlegge og forstå induserte jordskjelv som følger av innsynkning eller injeksjon i undergrunnen. Mikroseismisk monitorering er teknologi videreutviklet fra verifikasjonsteknologien.
- **Mikroseismisk monitorering for sikker lagring av $CO_2$.** Sikker lagring av $CO_2$ er et viktig bidrag for å realisere klimatiltaket karbonfangst og -lagring. For å forhindre lekkasjer fra underjordiske lagre må vi forstå hvordan takbergarten reagerer når $CO_2$ injiseres. Mikroseismisk monitorering er løsningen.
- **Videreutvikling av varslingssystem.** Teknologi for sikring av rasutsatte fjellsider bidrar til å trygge bosetting, vei og bane. Monitoreringen av fjell massivet Åkneset i Møre og Romsdal har modnet ideer til teknologi som nå er i aktiv bruk hos NVE. Nå undersøker vi potensialet for hva maskinlæring kan bidra med til et mulig varslingssystem.
- **Seismisk modelleringsprogramvare.** Programvare utviklet og markedsført av NORSAR bidrar til mer kostnadseffektiv leting etter olje og gass. Alle de store oljeselskapene bruker vår teknologi til å gi et bedre bilde av undergrunnen slik at seismikk kan tilpasses målet på en riktigere måte.

NORSARs Conrad Lindholm, Arve E. Mjelva og Anne S. Lycke sammen med skuespillerne Ane Dahl Torp og Kristoffer Joner

# "Skjelvet" – hva kan skje?

NORSAR er vanligvis langt unna underholdningsbransjen, men hjalp Fantefilm i forbindelse med spillefilmen «Skjelvet". NORSAR bidro med fakta om jordskjelv, råd underveis og rekvisitter.

Det gigantiske jordskjelvet som ryster Oslo i filmen er overdrevet, men muligheten er ikke tatt ut av luften.

Osloriften ble dannet i perm-trias-perioden med vulkanisme, tynnet skorpe og senere innsynkning. Resultatet er en graben-struktur med tykke sedimenter, tynn jordskorpe og mange store forkastninger.
Jordskjelv «liker» grabenstrukturer.

Minst tre store jordskjelv har rystet Oslo- regionen siden 1650:

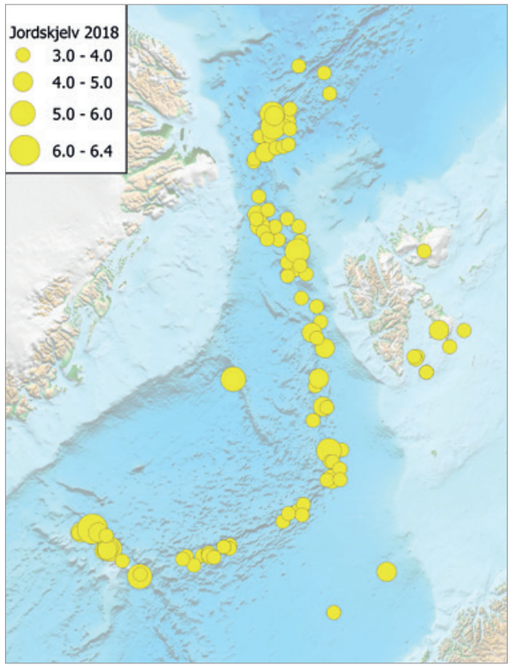
- 1657: «Det søndenfjeldske», estimert til M4.9.
- 1759: Kattegat, estimert til M5.6. Skader på Jyllands kirker og Tjølling kirke i Vestfold.
- 1904: Oslofjordskjelvet, beregnet til M5.4. Episenter i Hvaler-regionen. Skader opp langs Oslofjorden. Mest kjent for skader og panikk i Oslo.
- I dag: Regelmessig mindre skjelv, men vanskelig å skille fra hyppige sprenginger. Det er størst seismisk aktivitet øst for Oslofjorden.

# Norge rister
## – NORSAR overvåker 24/7

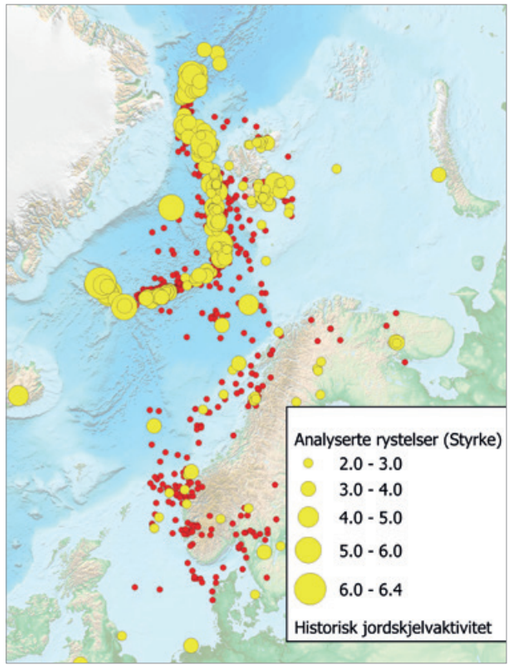
Fra januar til 30. november 2018 lokaliserte NORSAR 332 jordskjelv.

15 jordskjelv ble rapportert følt i 2018. Mens den generelle fordelingen følger et kjent mønster med de største og hyppigste jordskjelvene på og langs den nordatlantiske midthavsryggen hadde vi i 2018 også noen uvanlige hendelser:

- Flere store skjelv ved Jan Mayen, det største med styrke 6.4
- Et M3.5 skjelv ved Novaja Semlja
- Et M4.5 skjelv på Senjabruddsonen.
- Et M3.5 skjelv i Lofoten-bassenget
- Et M3.6 skjelv rett vest av Lofoten
- Et M3.6 skjelv på Møre-marginen
- Et M3.7 skjelv i Värmland.




I 2018 var det tre store jordskjelv i Norskehavet langt fra midthavsryggen, det var også kraftig seismisk aktivitet øst for Spitsbergen, i Storfjorden mot Egdeøy.




Historisk jordskjelvaktivitet.

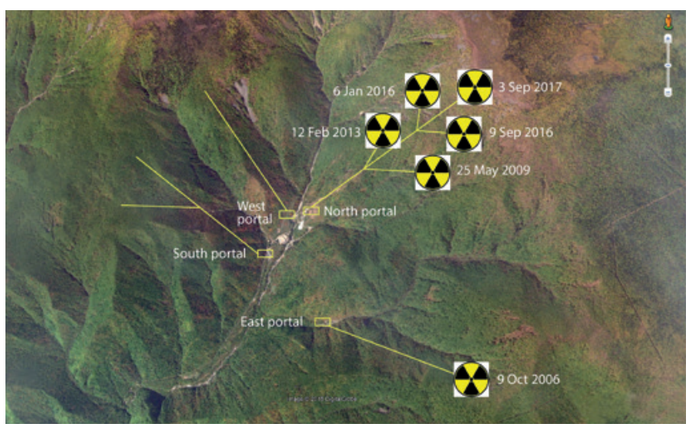
# Nord-Korea
## – hva skjer?
## – hva gjør NORSAR?

**Lytter etter prøvesprengninger**
Nord-Korea er det eneste landet som har utført kjernefysiske prøvesprengninger i dette århundret. Mellom oktober 2006 og september 2017 utførte Nord-Korea seks erklærte prøvesprengninger i Punggye-ri-området i fjellene nord i landet. Alle prøvesprengningene ble oppdaget av seismiske stasjoner rundt om i verden, inkludert NORSARs, på tusener av kilometers avstand.

De seismiske signalene generert av prøvesprengningene viste en kontinuerlig økning i styrken på eksplosjonene, og signalene fra den siste sprengningen 3. september 2017 var hundre ganger kraftigere enn fra den første sprengningen i 2006. Hvert seismisk signal, uansett hvor på jorden det er generert, er unikt som et fingeravtrykk for seismiske målestasjoner. NORSAR har utviklet såkalte «pattern detectors» som bruker signalene fra tidligere prøvesprengninger i Nord-Korea til å oppdage lignende signaler i registrerte data. Dette har gitt NORSAR et effektivt varslingssystem som raskt gir oss informasjon om mulige prøvesprengninger. Signaler med stor grad av likhet med tidligere sprengninger gjør det mulig å gjøre nøyaktige målinger og bestemmelse av hvor sprengningene fant sted. Disse målingene, sammen med satellittbilder og observasjoner av infrastruktur og menneskelig aktivitet på prøvesprengningsstedet, gir oss mulighet for å konstruere et detaljert bilde av utviklingen i et område.

For å kunne overvåke kjernefysiske sprengninger av lav styrke bruker NORSAR alle tilgjengelige seismiske data fra hele verden – både fra Prøvestansavtaleorganisasjonens internasjonale overvåkingssystem, og data fra åpne kilder tilgjengelig for forskning globalt. Ved å inkludere data fra stasjoner lokalisert i nærheten av kildeområdet, kan vi oppdage selv svært små seismiske hendelser.

**Etterskjelv**
I månedene som fulgte sprengningen i september 2017 ble mange mindre seismiske hendelser med styrke under 3.5 detektert i området rundt prøvesprengningsfeltet. Høysensitive «pattern detectors» er i stand til å oppdage signaler godt under bakgrunnsstøyen. Årsakene til disse hendelsene er ukjente, og de er typisk referert til som «etterskjelv» fordi den mest sannsynlige forklaringen er at dette er tektonisk aktivitet langs forkastningssoner i nærheter av prøvestansfeltet som er aktivert av prøvesprengningene.



**Mount Mantap** med tunnellinnganger og sprengningssteder

Foto: GettyImages

I mai 2018 ødela Nord-Korea infrastruktur på prøvesprengningsstedet, og journalister var invitert til å overvære eksplosjoner i tunnelåpningene. Eksplosjonene utviklet støy og støv, og ble også filmet. Eksplosjonene kan synes imponerende fra en avstand på noen hundre meter, men de genererte ikke seismiske signaler som kunne observeres av de nærmeste seismiske målestasjonene.

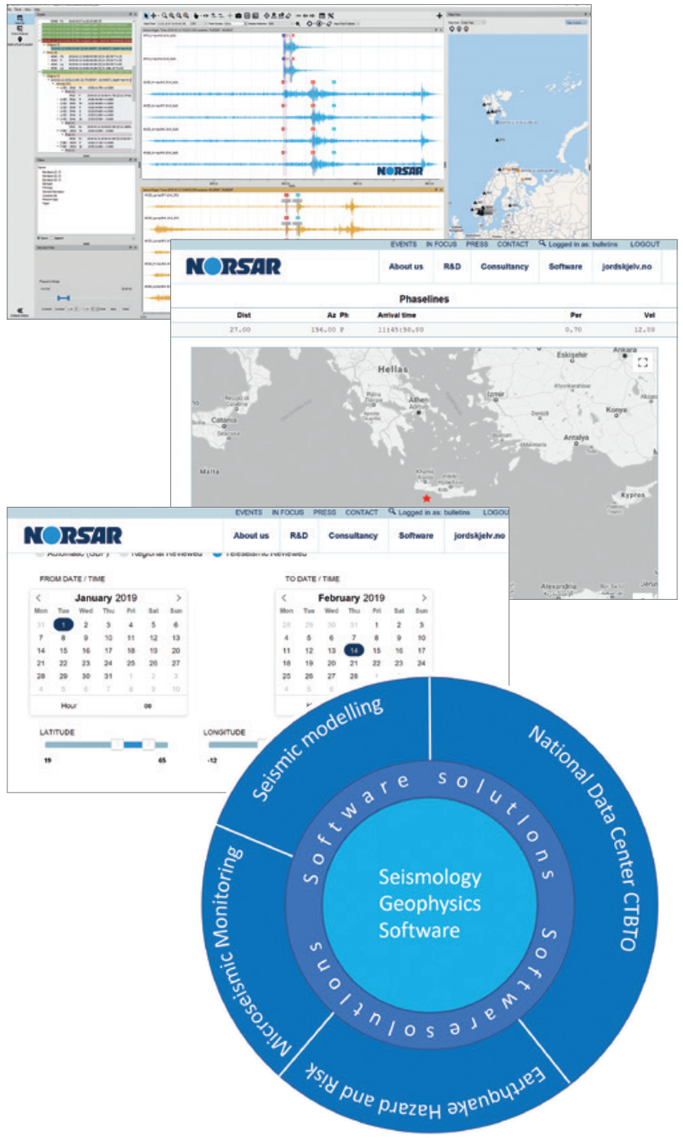
Menneskelig aktivitet i prøvesprengningsfeltet er kontinuerlig overvåket via kommersielle og åpent tilgjengelige satellittbilder. 21. april 2018 sa Nord-Koreas leder til det statlige Korean Central News Agency at "prøvesprengingsanlegget i de nordlige områdene har fullført sitt oppdrag". Denne uttalelsen kan tyde på at det ikke vil komme flere prøvesprengninger fordi de simpelthen ikke er vurdert å være nødvendige. Automatiske deteksjonsprosesser overvåker imidlertid fortsatt prøvesprengningsområdet i tilfelle prøvesprengningene gjenopptas.

**Hva nå?**
2017 representerte en foreløpig kulminering av en lang rekke atom- og missiltester i Nord-Korea. Mens det internasjonale presset økte, oppnådde landet en rekke teknologiske milepæler i sin streben etter å oppnå en troverdig kjernefysisk evne til avskrekking også utover det koreanske stridsteateret. De mest langtrekkende missilene fungerte på første forsøk, men har mange tester igjen for å vurderes som pålitelige.

Ifølge Forsvarets Forskningsinstitutt har Nord-Korea trolig lyktes i å utvikle og teste både kompakte ladninger med sprengkraft tilsvarende bombene som ble sluppet over Hiroshima og Nagasaki, men også ladninger med ti ganger så stor sprengkraft. Men vil disse tåle ferden i et langtrekkende missil og det brutale møtet med atmosfæren på vei mot målet?

Toppmøtet 12. juni 2018 mellom USAs president Donald Trump og Nord-Koreas leder Kim Jong-un skapte håp om at Nord-Korea vil ruste ned. Deres andre møte, i Hanoi i Vietnam 27. februar 2019 ble avsluttet før tiden, og de ble ikke enige om noen avtale. På bakgrunn av nye satellittbilder etter møtet spekuleres det nå i om Nord-Korea ruster opp igjen.

# Automatisk overvåkning av seismiske hendelser




**Jordskjelv**
NORSAR har i 50 år samlet inn og lagret digitale jordskjelvdata fra våre seismiske stasjoner. Dette utgjør et omfattende arkiv som er interessant for datamining og maskinlæring. Kan det ligge informasjon som kan gi ny kunnskap om jordens bevegelser og som kan forbedre de automatiske analysene?

NORSAR er i gang med å utvikle et unikt programvaresystem for analyse av seismiske og mikroseismiske data. Nye metoder basert på datamining og maskinlæring vil bli tilgjengelig i plattformen. Dette vil gi et enda bedre verktøy for å lokalisere jordskjelv og analysere mikroseismiske hendelser knyttet til olje og gass produksjon, $CO_2$-lagring, gasslagre og ustabile fjellsider.

**Ny web-portal for seismiske data**
Alle våre jordskjelvdata er åpne for forskningsformål. Det ble i 2018 laget en web-portal for å gi lettere tilgang til dataene. Her kan brukeren hente ut registreringer fra en gitt tidsperiode og et område.

Det er også utviklet en lukket portal for monitoreringsprosjekter. Her kan kundene på en enkel måte følge med 24/7 på analyser av data og lokaliseringer av mikroskjelv som for eksempel skjer i et gassreservoar.

## Alt ender i programvare

Utvikling av programvare for å kunne tolke seismiske data effektivt og nøyaktig har vært avgjørende for NORSAR siden starten i 1968. I 1973 ble NORSAR koblet til ARPARNET, forgjengeren til internett, som første node utenfor USA. Programvareutvikling er fremdeles en viktig komponent i de fleste av våre prosjekter. Noen av disse programmene kommersialiseres, mens andre er viktige strategiske verktøy i vår forskning og utvikling.

**Kommersiell programvare**
NORSAR har utviklet flere kommersielle programvare-produkter som alle de store olje og gass selskapene bruker for bedre avbildning av undergrunnen og en mer optimal leting. NORSAR har en unik teknologi for konstruksjon av geologiske modeller og algoritmer for bølgeforplanting i undergrunnen, og er ledende i dette feltet. Denne teknologien er spesielt effektiv og nyttig der undergrunnen har komplekse geometrier.

Foto: Espen André Arntzen

# CTBT YOUNG PROFESSIONALS NETWORK

Siden 2014 har NORSAR vært i et generasjonsskifte. Den tekniske arbeidsgruppen i Prøvestansavtale-organisasjonen CTBTO bærer preg av at flere institusjoner er i samme situasjon. Det er behov for påfyll av unge forskere og teknisk ansatte. NORSAR har sammen med CTBTOs eksekutivsekretær diskutert hvordan vi kan støtte videre utvikling av organisasjonen. For å gi de unge ansatte innenfor nedrustning en bratt læringskurve, styrke fremtidig engasjement og støtte til prøvestansavtalen, lanserte NORSAR derfor et faglig nettverk, «Young Professionals Network».

Nettverket skal skape en arena hvor yngre medlemmer fra de nasjonale datasentrene og sekretariatet kan møtes, diskutere og knytte egne faglige kontakter. Det mener vi kan bidra til å skape nye ideer og sette fokus på neste generasjons deltagelse i arbeidet med traktaten. Dette vil også bidra til å posisjonere unge medlemmer inn mot formelle posisjoner i systemet, og på denne måten trygge traktatens fremtid.

Nettverket ble åpnet for utvalgte medlemsland i en prøveperiode hvor en mentor fra hvert land nominerte en til to yngre kandidater. Alle medlemmene har teknisk-naturvitenskapelig bakgrunn. Responsen har vært overveldende positiv . Nettverket har allerede medlemmer fra Nord- og Sør-Amerika, Afrika og Europa.

NORSAR er vertskap for nettverket. På lengre sikt vil nettverket tas over av sekretariatet i CTBTO.

Den offisielle lanseringen av nettverket ble gjort i samarbeid med den norske ambassaden i Wien og avholdt i ambassadørens residens 4. september 2018. Ambassadører, mentorer og deltagerne i nettverket deltok. Åpningstalen ble holdt av eksekutivsekretæren for CTBTO, Dr. Lassina Zerbo, som personlig har et sterkt engasjement for å få unge og kvinner involvert og engasjert i nedrustningsproblematikken.

Annie Jerkins, seismolog, og Jon Magnus Christensen, avdelingsleder, er norske pådrivere for YPN.

# Teknologi for sikrere lagring av $CO_2$

**Derfor er karbonfangst og -lagring (CCS) viktig**
FNs klimapanel har anbefalt å holde jordas gjennomsnittlige temperaturøkning på under to grader, sammenliknet med førindustrielt nivå for å unngå skadelige klimaendringer. Da må konsentrasjonen av $CO_2$ i atmosfæren holdes under 450 ppm (parts per million).

De menneskeskapte utslippene av $CO_2$ kommer først og fremst fra kraftproduksjon basert på fossil energi; kull, olje og gass, og ved utslipp fra industrivirksomhet. Energietterspørselen i verden øker, og tilgang til energi er viktig for å løfte folk ut av fattigdom. Landene i de nye økonomiene og den tredje verden vil løfte velferden for sin befolkning. Det internasjonale energibyrå (IEA) har anslått at verdens energiforbruk vil øke med cirka 40 prosent frem til 2040 og at fossilt brensel vil dekke over 70 prosent av energibehovet. Tiltakene for å redusere utslippene av $CO_2$ fra energiforbruket er energieffektivisering, fremvekst av fornybare energikilder, og fangst og lagring av $CO_2$. Alle tiltakene trengs.

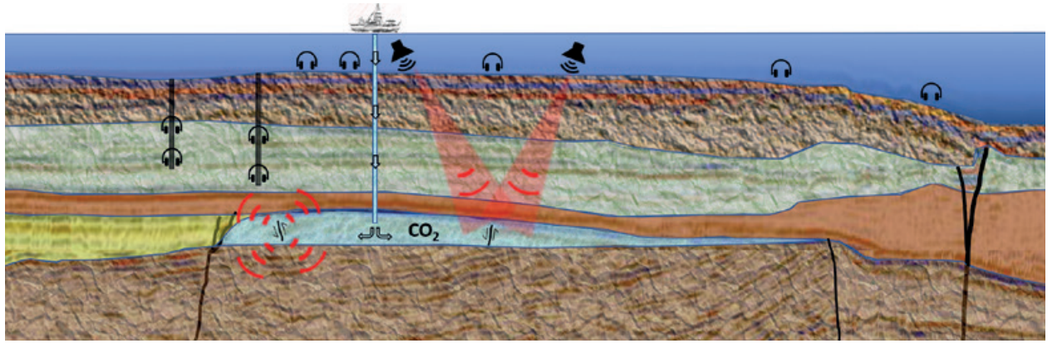
Vi må derfor ta i bruk teknologi for $CO_2$-håndtering for å nå klimamålene verdenssamfunnet har satt seg og som verden trenger. Norge har en offensiv politikk for å utvikle teknologi og demonstrere at kjeden med $CO_2$-fangst fra store punktutslipp, transport og underjordisk lagring virker. Teknologiutvikling er et langsiktig løp. NORSAR har i mange år arbeidet med teknologi som kan sikre og verifisere at underjordisk lagring av $CO_2$ er trygt. Vi er stolte og glade for å kunne vise at kunnskapen fra 50 års jordskjelvovervåkning også kan brukes innenfor dette feltet.

NORSARs teknologier er basert på å lytte etter selv små bevegelser i jorden som oppstår når store mengder av $CO_2$ blir injisert og lagret i underjordiske strukturer. I selve reservoaret blir den opprinnelige væsken erstattet med $CO_2$. Det betyr at under injeksjon av $CO_2$ foregår det en trykkøkning i reservoaret. En reaksjon på trykkøkningen er at små mikroseismiske hendelser blir utløst. Det innebærer små bevegelser langs forkastninger, eller at små sprekker blir dannet, som hjelper $CO_2$'en med å strømme inn i reservoaret. NORSAR var de første til å analysere og tolke sammenhengen mellom $CO_2$-lagring og mikroseismiske hendelser ved industriell lagring av $CO_2$. Dette ble gjort i In Salah, Algerie. Per i dag er NORSAR det instituttet i verden som har mest kunnskap og erfaring på dette feltet. Kunnskapen omfatter også planlegging for optimal posisjonering av seismometrene.

US Department of Energy finansierer et fireårig senter for fremragende forskning ledet av Illinois State Geological Survey. Formålet er å finne trygge måter å lagre $CO_2$ på. Her har NORSAR viktige oppgaver som leder av et delprosjekt der vår kompetanse på mikroseismikk er sentral. Senteret er en del av det bilaterale energisamarbeidet mellom Norge og USA og den norske deltagelsen finansieres fra Climitfondet. Resultatene fra prosjektet har tiltrukket seg betydelig interesse fra både Equinor, Shell og Total. Prosjektet ble ledet av NORSAR i samarbeid med ISGS og SINTEF. Det er funnet nye måter å knytte sammen aktive og passive seismiske målinger for et forbedret bilde av utbredelsen av $CO_2$'en i undergrunnen. NORSAR, ISGS og SINTEF har nå invitert Equinor, Shell og Total til å delta aktivt i et oppfølgingsprosjekt. Her ønsker man å overføre læringen fra landbasert monitorering av $CO_2$ lagring til offshore monitorering i Nordsjøen.

Teknologien som vi har utviklet og nå demonstrerer ved flere anlegg er kostnadseffektiv og oppfyller strenge krav til å sikre og verifisere lagring av $CO_2$.

**Feltbesøk:** Bettina Goertz-Allmann og Volker Oye fra NORSAR sammen med Michael Jordan fra SINTEF Industri ved verifikasjonsbrønn fra BECCS i Illinois Basin - Decatur Project, hvor over en million tonn $CO_2$ ble lagret sikkert på to kilometers dybde.




**Konseptskisse:** Storskala injeksjon og lagring av $CO_2$ i underjordiske reservoarer kan bli verifisert og sikret med en kostnadseffektiv kombinasjon av aktiv seismisk belysning og passiv seismisk lytting. Dette kan avverge aktivering av forkastninger som ellers ville kunne sette integriteten av lageret på prøve.

# Teknologisamarbeid

NORSAR har med støtte fra Utenriksdepartementet samarbeidet i mange år med landene i Sentral-Asia om teknologiutvikling og kompetansebygging innenfor verifikasjon av etterlevelse av Prøvestansavtalen, som forbyr kjernefysiske prøvesprengninger. I samarbeid med det nasjonale datasenteret for prøvestansverifikasjon i Kasakhstan ble det i 2010 etablert et opplæringssenter i Almaty der også medarbeidere fra Tadsjikistan, Usbekistan, Kirgisistan og Turkmenistan blir invitert til omfattende opplæring for å bli dyktige i analyse av data fra seismiske målestasjoner. Så langt har over 100 personer gjennomført denne opplæringen.

Fagfolkene fra NORSAR og Kasakhstan møttes i 1990-årene i Genève under forarbeidet til Prøvestansavtalen. Det kasakhstanske teamet trengte hjelp til å etablere kunnskap og programvare for å analysere dataene fra egne seismiske stasjoner. Samarbeidet pågår fortsatt, og omfatter nå alle landene i Sentral-Asia. Utover på 2000-tallet ble NORSARs programvare for automatisk deteksjon av hendelser installert i Kasakhstan og hos flere av de andre partnerne.

Kirgisistan har gått fra papirbasert registrering til digital instrumentering. Den norske støtten har også lagt grunnlaget for et utvidet samarbeid i Sentral- Asia for å etablere felles kataloger over hendelser i regionen. Kunnskapen som erverves er viktig for å fremme det faglige samarbeidet innen regionen, og bidrar til å styrke verifikasjonsregimet, som er grunnlaget for Prøvestansavtalens troverdighet på lang sikt.

**Allmenn bruk av kunnskapen**

Sentral-Asia er utsatt for store og hyppige jordskjelv. Kartlegging, registrering og kunnskap om jordskjelv er viktig for å kunne forebygge skader og redusere tap av menneskeliv. Arbeidet som gjøres i teknologisamarbeidet legger grunnlag for bedre og harmoniserte jordskjelvregistreringer og -kataloger i regionen. Det er et fremskritt at disse deles og kombineres til en felles katalog. NORSAR byr på sin kompetanse, og har i retur fått lært mye om sterke jordskjelv og deres følger, som vi ikke kan lære fra vår hjemlige roligere region.

**Kasakhstan og kjernefysisk nedrustning**

Sovjetunionen drev prøvesprengninger av kjernevåpen på prøvesprengningsfeltet Semipalatinsk nordøst i Kasakhstan i perioden 1949-1989. Det ble gjennomført i alt 456 prøver (116 atmosfæriske og 340 underjordiske) der. I Kurchatov, som var senteret for aktivitetene på prøvesprengningsfeltet, finnes det et museum over utviklingen av atomteknologi, sprengningene, tunnelteknologi og så videre. Kasakhstan tok et veldig tydelig og raskt grep da Sovjetunionen ble oppløst. Prøvesprengningsfeltet ble avviklet, alle kjernefysiske våpen ble returnert til Russland, og Kasakhstan sluttet seg til Ikkespredningsavtalen. Landet ble en tydelig aktør i nedrustningsarbeidet i verden. Det er senere etablert en internasjonal konferanse med tittel «Monitorting of nuclear tests and their consequences» som arrangeres i Almaty annethvert år, med ekskursjoner til prøvesprengningsfeltet og museet. Denne konferansen støttes økonomisk av Norge og er blitt en viktig møteplass for partene i Prøvestansavtalen.

**Representanter fra NORSAR** sammen med partnere fra Kirgisistan og Kasakhstan under prosjektoppstartsmøtet for Sentral-Asia-prosjektet i Almaty, april 2018.

# EU gir NORSAR og partnere 80 millioner kroner til jordskjelvforskning

EU har valgt NORSAR til å lede arbeidet med å løse utfordringene med tidlig jordskjelvvarsling. Rammen på prosjektet er åtte millioner euro.
Ingen land har i dag et godt system som sikkert kan forhåndsvarsle jordskjelv. Dersom vi lykkes blir det helt unikt og vil kunne redde mange liv. I 2018 døde over 3.000 mennesker av skjelv, mens det i 2011 døde rundt 18.000 mennesker verden over av jordskjelv. Skadeomfanget av et jordskjelv kommer an på styrke, avstand til episenteret og dybden til skjelvet, hvor god infrastrukturen er, befolkingstetthet og hvor god beredskapen er på hvert enkelt sted.

TURNKey, som satsingen heter, er et EU-finansiert forsknings- og utviklingsprosjekt der målet er å etablere prototypen til et varslingssystem for jordskjelv i Europa. TURNKey-prosjektet skal samle data blant annet fra seismiske observasjoner, publikumsobservasjoner og rystningsvarsler fra mobiltelefoner i ett felles system.

**Ulike systemer i ulike land**
NORSAR, med sitt sterke fagmiljø, skal lede prosjektet og vil samarbeide med 20 partnere fra 10 land i Europa. Dette utgjør kanskje den sterkeste samlingen av europeiske fagmiljøer på jordskjelvrisiko som finnes. Det er enorme mengder data som skal samles inn og analyseres. I tillegg har vi erfaring med at systemene fungerer ulikt i forskjellige land slik at disse må harmoniseres. Varsling av jordskjelv har alltid vært et mål for forskning og utvikling. Japan var lenge ledende og i dag har flere land automatiserte varslingssystemer for nedstenging av kritiske fasiliteter og infrastruktur, men det er fremdeles langt frem til en pålitelig tidlig varsling av befolkningen generelt. Utfordringene er blant annet å bestemme forvarslene til jordskjelv og å anslå størrelsen på det kommende skjelvet. TURNKey-prosjektet tar mål av seg til å gi vesentlige bidrag til tidlig varsling, men også til hurtig respons og risikoreduksjon.

**Gir grunnlag for bedre jordskjelvkart**
De neste årene blir Norge foregangsland på jordskjelvberedskap internasjonalt. NORSAR mener det er viktig å holde kartgrunnlag og risikovurderinger også på hjemmebane oppdatert. Norge er det landet nord for Alpene med høyest seismisk aktivitet. Det er en rekke mindre jordskjelv hvert år med større skjelv med ujevne mellomrom.

Norge har ikke oppdatert sine jordskjelvlastkart på 20 år. Oppdaterte jordskjelvkart vil spare samfunnet for millionbeløp fordi sikringsarbeidet kan prioriteres riktigere.

**FAKTA TURNKey**

TURNkey er et prosjekt under EUs forskningsprogram Horisont 2020. Prosjektets mål er å gi vesentlig fremgang innenfor Operational Earthquake Forecasting, Earthquake Early Warning og Rapid Response to Earthquakes til nytte for publikum og myndigheter. Prosjektleder er NORSAR. Arbeidet er delt inn i pakker der de ledende partnerne er Universitetet på Island, University College London, Bureau de Recherches Geologiques et Mineres, University of Strathclyde og Anglia Ruskin University. I tillegg er det med partnere fra institutter og næringsliv.
Prosjektet går over tre år. Metodikken skal utvikles og testes på seks steder i Europa som er utsatt for jordskjelv.

**P artnere i TURNKey-prosjektet**



## TEKNOLOGI FOR HENDELSESOPPKLARING

# Hva skjer når et uhell får jorden til å ryste eller luften til å dirre?

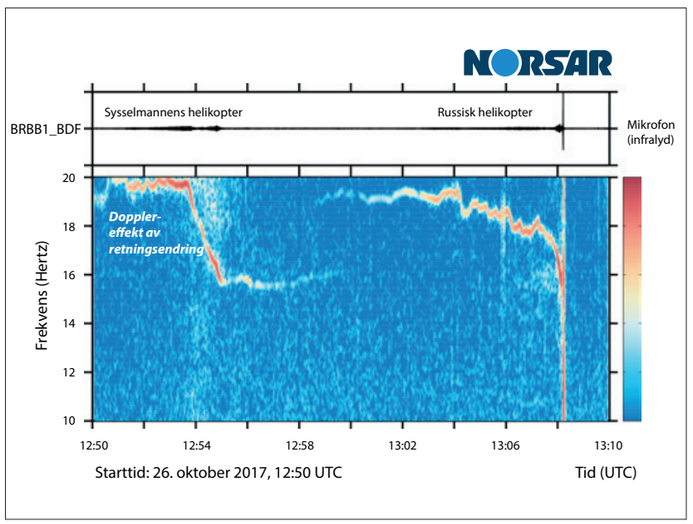
**Helikopterulykke ved Barentsburg**
Den 26. oktober 2017 styrtet et russisk helikopter på vei inn til Barentsburg og 8 mennesker omkom. Helikopteret styrtet i sjøen i underkant av to kilometer fra land. Spørsmålet ble raskt hvor det lå og hva som hadde hendt med det på vei inn mot landingsplassen. NORSAR kunne registrere styrten på instrumenter som står på neset ved helikopterlandingsplassen ved Barentsburg. Instrumenter er satt opp i samarbeid mellom NORSAR og russiske forskere. Data og resultater deles i et uformelt samarbeid.

Da helikopteret styrtet i havet førte det til et smell som sendte lydbølger i luften og ned mot havbunnen. Disse ble registrert både på infralydinstrumentene og seismometeret. Basert på teknologi fra Prøvestansavtalen kunne vi finne stedet helikopteret tok vannet – med få meters nøyaktighet. Vi bisto Sysselmannen og Havarikommisjonen med å kartlegge hendelsesforløpet.

**Helikoptertrafikk**
Infralyd registrerer bølgene helikoptre lager i luften både på vei inn og ut av en flyplass. Registreringen oppdager helikoptrene på en avstand av 20-30 kilometer avhengig av værets vindretning. Dette kan være verdifull teknologi for grenseovervåkning, styring av trafikk på travle landingsplasser eller kartlegging av hendelser.

**FAKTA teknologi**

Seismologisk monitorering viser når, hvor og hvor mye jorden ryster. Instrumentene er seismometre som er svært fintfølende. Står de nær nok hendelsen kan selv små rystelser registreres. Registreringene forstyrres av støy som kan være tilfeldig eller komme fra menneskelig aktivitet som bilkjøring, bygging og så videre.




Figuren viser Sysselmannens helikopter i området like før instrumentene detekterer det russiske helikopteret. Fra frekvensinnholdet i lyden sees ikke noe galt før helikopteret traff vannet.

Foto: Luke Stackpoole • Unsplash

## FAKTA Infralyd

Infralyd er lyd med en frekvens lavere enn menneskets øre kan oppfatte, det vil si lyd i området under ca. 20 Hertz. Atmosfærisk infralyd oppstår som følge av naturlige fenomener som vulkanutbrudd, store jordskjelv, meteorer, stormer og havbølger, samt i noen tilfelle nordlys.

Infralyd fra kraftige kilder kan forplante seg tusenvis av kilometer gjennom atmosfærelag opp til cirka 100 km høyde. Dermed kan infralyd bringe viktig informasjon relatert til vind og temperatur i den midtre atmosfære, hvor man ellers har få andre målinger tilgjengelig.

NORSARs infralydstasjoner har som primærformål å oppdage prøvesprenginger i atmosfæren.

# **Infralyd** – hva kan det brukes til?

NORSAR har målestasjoner for registrering av infralyd for å oppdage eksplosjoner i atmosfæren.

I 2017 startet NORSAR et nytt og spennende forskningsprosjekt for å undersøke om disse dataene kan gi oss informasjon som kan brukes for å lage langtidsværvarsel. Infralyd-registreringene kan også gi viktige bidrag til å oppdage andre hendelser som eksplosjoner, oppdage eller spore helikopter- og flybevegelser, detektere overlydssmell, eller til å karakterisere meteoritter og romskrot som kommer inn i jordas atmosfære.

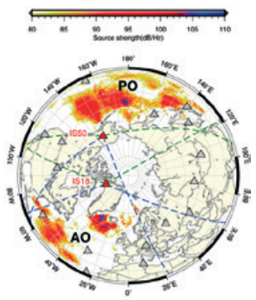
I forskningsprosjektet vil vi kombinere infralyd- og meteorradardata fra nordområdene for å sikre mer presise data om hendelser i atmosfæren. På fagspråket kaller vi det å begrense utfallsrommet for atmosfæriske modeller - og til å utforske koblingen mellom atmosfæriske lag.

**Langtidsværvarsling**

Det er spesielt fokus på ekstreme fenomener som Sudden Stratospheric Warmings. Disse kan forårsake at den såkalte Polar Vortex endres og dette kan igjen påvirke det kortsiktige klimaet, eller været på bakkenivå. Det fører til endret sirkulasjon og en lengre periode med kaldere vær over store deler av Europa.

**FRINATEK**

NORSAR fikk i 2018 innvilget støtte under FRINATEK-programmet i Forskningsrådet til prosjektet «Den midtre atmosfærens dynamikk: tverrfaglig anvendelse av infralyd ved nordlige breddegrader». Dette er prosjekter som henger svært høyt. Av 146 søknader ble 10 søknader innvilget. Dette er en viktig milepæl for NORSARs forskning på infralyd, og for bruk av slike data til atmosfære-karakterisering.




Kilde for infralyd kan være mikrobaromer fra bølger i havet.

# Jordskjelv.no

NORSAR har en jordskjelvtelefon der privatpersoner, bedrifter og medier kan ringe inn for å få informasjon om rystelser i jorden. Det er stort spenn på henvendelsene. De fleste ringer for å tilegne seg informasjon og kunnskap om hva som skjer. Noen er redde, mens andre har mest lyst til å fortelle om opplevelsene sine. Her får de svar av erfarne fagfolk. Det gjelder ikke bare skjelv her i Norge, men også skjelv og faren for skjelv i utlandet. Flere populære reisemål for nordmenn er utsatt for skjelv.

Henvendelsene har vært mange i årenes løp og behovet er til tider stort. Det er behov for at det finnes noen man kan ringe til og stille de «dumme» spørsmålene, kunne fortelle sin historie, bli litt klokere, og sist men ikke minst, bli beroliget.
- Mange blir beroliget av å kunne få snakke med en fagperson, sier analytiker Berit O. Paulsen.

Blant nordmenns mest populære reisemål er det mange steder der det er jordskjelvfare. Det er velkjente ferieland som Thailand, Filipinene, Hellas, Tyrkia, Portugal, Italia og Spania. Selv om de fleste jordskjelv ikke fører til at bygninger faller sammen, kan jordskjelv være en ubehagelig opplevelse. Vi kan ikke forutse jordskjelv, men vet mye om hvor de kan opptre og kan ta noen enkle forholdsregler:

1. Sjekk alltid hvor nødutgangene der du oppholder deg er. Rask evakuering er avgjørende om jordskjelv skulle oppstå.
2. Ikke bruk heisen for evakuering selv om den fortsatt virker.
3. Det er en fordel å velge en lav etasje på hotellet.
4. Om du er innendørs under et jord skjelv - gå vekk fra vinduene, stå i en døråpning eller ligg under et bord. Da er sjansen for ikke å få ting over seg større.
5. Gå vekk fra bygninger; de kan rase sammen, eller ting kan falle fra fasaden.

Berit O. Paulsen, analytiker

NORSAR