

SLUTTRAPPORT

professorat ved SFI CASA 2017-2022



HVOR SIKKERT ER SIKKERT NOK?

Kunnskap for et sikrere samfunn

Den 7. april 2017 bevilget Justis- og beredskapsdepartementet 8 MNOK til SFI CASA ved Institutt for konstruksjonsteknikk på NTNU. Midlene skulle gå til opprettelse av et professorat innen samfunnssikkerhet og fordeles over 5 år. Vegard Aune ble ansatt i stillingen, som er særlig innrettet mot fysisk sikkerhet.

Oppdraget:

- Bidra til å sikre god undervisning og forskning ved NTNU.
- Arbeidsoppgavene skal særlig bidra til økt kunnskap om sikre konstruksjoner i sivile bygg, samt fysisk sikring av kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner.
- Fremme et godt samarbeid med næringslivet, beslektede fagmiljø nasjonalt og internasjonalt, samt relevante myndigheter.
- Aktiv resultatformidling og god kontakt med brukermiljøet.
- Vitenskapelige resultater offentliggjøres i størst mulig grad.
- Sette i gang og delta i forsknings- og utviklingsarbeid innen fysisk sikkerhet, både nasjonalt og internasjonalt.

INNHOLD:

Bakgrunn	4
Når det verst tenkelige skjer	6
Forskningsmål og metode	8
På skuldrene til SIMLab	10
Internasjonalt samarbeid, fakta, folk	14
Publikasjoner og regnskap	15
Synlighet.....	16
Måler virkningen av ekstreme bølger	20
Studerer den skumleste trusselen som finnes	24
Dette har vi jobbet med	28
Hvor sikkert er sikkert nok?	30
Fire korte historier.....	32
Veien videre	34
Bidragstere, publikasjoner, møteplasser	38

BAKGRUNN OG OPPSUMMERING

SAMARBEID OM FYSISK SIKKERHET

I Norge er det økende krav til sikring av viktig infrastruktur mot terrorisme (ref. Lov om nasjonal sikkerhet av 01.01.2019). Samtidig jobbes det med å redusere konsekvensene ved eventuelle ulykker langs norske veier, innen landbasert industri og i olje- og gassnæringen. En rasjonell metode for å forhindre ulykker, og dermed skadeomfanget, er å gjennomføre risiko- og sårbarhetsanalyser. Slike analyser krever imidlertid at man er i stand til å bestemme konsekvensene når en handling eller ulykke er definert. Dette betyr at man trenger kunnskap om hvordan materialer og konstruksjoner oppfører seg når de utsettes for store påkjenninger fra en definert ulykke eller hendelse.

Dette er bakgrunnen for at NTNU i 2017, med støtte fra Justis- og beredskapsdepartementet (JD), opprettet et professorat innen samfunnssikkerhet knyttet til SFI CASA (Centre for Advanced Structural Analysis). Dette er et Senter for forskningsdrevet innovasjon som ledes og gjennomføres av forskningsgruppen SIMLab (Structural Impact Laboratory). Professoratet er et bidrag i arbeidet for å stå bedre rustet i møte med fremtidige utfordringer knyttet til konstruksjoner utsatt for ekstreme laster. Stillingen medførte et ansvar for å drive undervisning og forskning på dette feltet. Etablering av internasjonalt samarbeid stod også sentralt.

I tilsagnsbrevet (ref. 17/2411 MKE) datert 07.04.2017 bevilget JD 8 MNOK fordelt over 5 år til SFI CASA. Midlene ga også merverdi til den støtten Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM) gir til CASA gjennom sitt partnerskap i senteret. Avtalen innebar at NTNU skulle overta alle forpliktelser for stillingen etter 2022.

Undertegnede ble ansatt i professoratet 1. desember 2017.

Med dette gaveprofessoratet har JD styrket SFI CASA og NTNU sitt bidrag for å heve nivået på utdanning og forskning innen fysisk sikkerhet i Norge. Samtidig har aktiviteten og ressursene i SFI CASA gitt meget god avkastning på støtten fra JD. Summen av felles innsats gjør at vi står bedre rustet i møte med fremtidige utfordringer knyttet til konstruksjoner utsatt for ekstreme laster.

Generelt har det vært stor aktivitet og god produksjon av resultater i prosjektperioden (2018-2022). Dialogen med aktører innen fysisk sikkerhet har vært god, og vi har hatt nye kontaktpunkter. Det har vært en god balanse mellom utdanning av masterstudenter, forskningsaktiviteter og formidling. Det allerede gode samarbeidet med næringslivet er styrket. Vi har hatt god kontakt med fagmiljø nasjonalt og internasjonalt, og med myndigheter relevante for fagområdet. Dette har utløst nye søknader om prosjekter og nye samarbeidskonstellasjoner. Prosjektene SFI

CASA og KPN SLADE, samt nye samarbeid med fagmiljø i England, Italia, Spania og Frankrike, har stått sentralt i forsknings- og utviklingsarbeidet. Vi har bidratt med innspill til Forskningsrådets nasjonale referansegruppe for Samfunnssikkerhet. Formidling av forskningsaktiviteter har blitt godt mottatt og gitt uttelling i populærvitenskapelige forum, både nasjonalt og internasjonalt. Det er gledelig.

Prosjektperioden ble til tider preget av pandemi. Det ga oss noen utfordringer, men også flere muligheter. De fleste konferanser ble enten gjennomført digitalt eller utsatt. De fleste møter var digitale. Undervisning foregikk både fysisk og digitalt, avhengig av de til enhver tid gjeldende retningslinjer fra myndighetene. Mindre reising frigjorde tid til å prioritere andre aktiviteter, som søknadsskriving og rapportering av vitenskapelige resultater. Innsatsen har betalt seg i form av publikasjoner og nye prosjekter, og vi forventer at den fortsetter å kaste av seg i årene som kommer.

Det er skrevet 13 masteravhandlinger, 1 doktorgradsavhandling, og 38 vitenskapelige publikasjoner. Vitenskapelige publikasjoner er fordelt på artikler i anerkjente tidsskrift, konferansebidrag, tekniske rapporter og datasett. Vitenskapelige resultater er i størst mulig grad offentliggjort. Økonomisk har prosjektet holdt seg innenfor den årlige bevilgningen fra JD. Kostnader utover dette er ikke synliggjort i denne rapporteringen, da disse ble dekket av prosjektene SFI CASA og KPN SLADE.

Utfyllende beskrivelser av aktivitetene ligger i årsrapporter sendt til JD for de respektive kalenderårene.

Min oppfatning er at vi kan konkludere med at dette prosjektet har vært en suksess.

Trondheim, 1. februar 2023

Vegard Aune

Vegard Aune

Førsteamanuensis
Institutt for konstruksjonsteknikk,
SIMLab/SFI CASA, NTNU





EN DAG FOR HISTORIEBØKENE

Den 2. januar 2018 besøkte statssekretær Thor Kleppen Sættem i Justis- og beredskapsdepartementet (JD) SFI CASA og NTNU. Anledningen var etableringen av Vegard Aunes professorat innen samfunnssikkerhet. Stillingen har hovedvekt på fysisk sikkerhet, og ble gjort mulig takket være JDs 5-årige gaveprofessorat. Universitetet bevilget også midler til å ansette en doktorgradskandidat som skulle samarbeide tett med Aune. Benjamin Stavnar Elveli tiltrådte i august 2018.

Målet med denne felles satsingen er økt kunnskap om sikre konstruksjoner i sivile bygg, samt bedre fysisk sikring av kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner.

«Vi trenger flere eksperter på oppførselen til materialer og konstruksjoner som utsettes for ekstreme belastninger. Nå får jeg muligheten til å fortsette forskningen min. Vi skal også bygge videre på det internasjonale nettverket vårt», sa Vegard Aune da han tiltrådte stillingen.

Navnet hans vil alltid være knyttet til etableringen av en av SIMLabs mest brukte forsøksrigger: Sjøkrøret. Doktorgradsavhandlingen til Aune var dedikert til det 20 meter lange spesiallagde røret med utallige muligheter for måling av belastninger og konstruksjoners motstandsevne.

NTNU overtar ansvaret for Vegard Aunes stilling fra 2023.



Når det verst tenkelige skjer

Kravene til sikring av viktige objekter og infrastruktur i Norge øker. Forandringer i samfunnet rundt oss gjør bygg og konstruksjoner mer utsatt for ekstreme belastninger. Ødeleggende ekstremvær og ras kommer hyppigere. Kravene til sikkerhet innen transport, industri, og ikke minst energiforsyning, skjerpes. Viktige bygg, anlegg og infrastruktur må beskyttes mot sabotasje og terror. Truslene kommer stadig nærmere sivile konstruksjoner og urbane strøk.

Fysisk sikkerhet er ikke lenger kun forbeholdt festningsverk og militære installasjoner. Enten påvirkningen skyldes sabotasje, terror, ekstremvær eller naturskader; sivile bygg og infrastruktur har helt andre forutsetninger enn militære byggverk for å motstå ekstreme belastninger. Utgangspunktet for sikringsarbeidet er den norske Sikkerhetsloven. Den angir krav, men sier ikke hvordan fysisk sikring eller beskyttelsestiltak skal gjøres. Dette stiller store krav til kompetanse.

Vi har et felles ansvar i kappløpet mot trusselbildet. Bedre sikring krever økt forskningsinnsats. Skal vi beskytte oss best mulig, må vi vite hvilke følger en gitt handling eller ulykke kan få. Forskningen bygger en kunnskapsberedskap som gjør oss i stand til å møte fremtidige samfunnsutfordringer knyttet til fysisk sikkerhet.

Foto: iStock



Foto: Colourbox

Foto: Colourbox



Foto: Colourbox



Foto: Colourbox



Foto: Colourbox

MÅL

Målet er å få fram ny kunnskap om konstruksjoner utsatt for ekstreme belastninger. Lykkes vi med det, står vi bedre rustet til å møte fremtidige utfordringer

Vi gjør kontrollerte laboratorie-forsøk der materialer som stål, aluminium, betong og kompositter utsettes for sjokkbølger, beskytning eller andre voldsomme påkjenninger.

For å avgjøre hvilke metoder og verktøy som er mest pålitelige i design av beskyttelseskonstruksjoner, gjør vi detaljerte studier av enkeltkomponenter og materialer.

Forskningen vår handler om å forstå mest mulig av oppførselen. Jo mer vi vet, jo sikrere design av biler, bygg og andre konstruksjoner.

Aktiviteten har særlig rettet seg mot:

- Samvirke mellom eksplosjonslast og konstruksjonsrespons
- Oppførsel til konstruksjoner utsatt for kombinert beskytning og eksplosjonslast
- Ekstreme bølgeslag mot offshorekonstruksjoner
- Droner som trussel for sammenstøt og eksplosjoner mot konstruksjoner, kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner

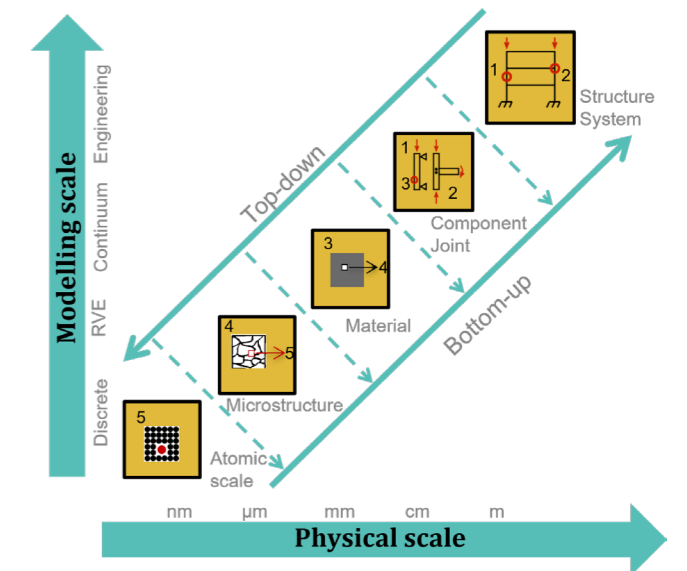
METODIKK

Professoratet har vært sterkt knyttet til aktivitetene ved SFI CASA, NTNU. Målet med forskningen er alltid å gi ny kunnskap gjennom retningslinjer og anbefalt bruk av teknologi for industrielle anvendelser. Forskningen starter med et ovenfra-og-ned-perspektiv for å definere forskningsspørsmålene. Metoder og verktøy brukes så fra et nedena-og-opp-perspektiv for å frembringe ny kunnskap og ny teknologi, enten ved å bruke eksisterende metoder eller ved å utvikle nye metoder.

Forskningsmetodikken er presentert i Figur 1. En konstruksjon studeres på forskjellige skalaer, både fysisk og når det gjelder modellering. I noen tilfeller kan modellering helt ned på mikrostruktur-nivå eller til og med atomskala være nødvendig for å forstå de underliggende fysiske mekanismene til oppførselen vi ser i laboratoriet. I andre tilfeller kan oppførselen være forståelig nok på en skala vi kan se med det blotte øyet. Målet er alltid ny kunnskap for beregningsmodeller som industrien kan ta i bruk.

Professoratet har satt spesielt søkelys på hvordan vi kan beskrive samspillet mellom ekstreme påkjenninger og oppførselen til konstruksjonen mens påkjenningen pågår. Utformingen av neste generasjon motstandsdyktige konstruksjoner krever ny kunnskap om samspillet mellom ulike medier (luft, vann og faste materialer).

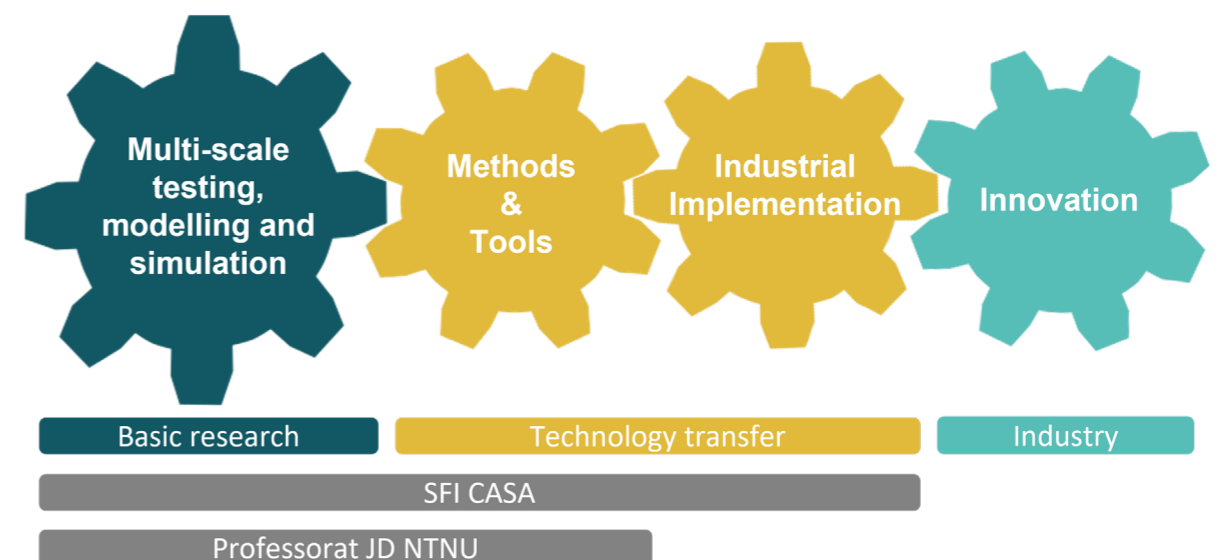
En bedre forståelse av disse samspillseffektene er et viktig steg i retning av motstandsdyktige og bærekraftige konstruksjoner, som bygningsfasader og store havkonstruksjoner. For å oppnå dette jobber vi med testing og modellering av materialer og konstruksjoner, numeriske løsningsteknikker, eksperimentelle teknikker, verifisering og validering, ulike me-



Figur 1: Forskningsmetodikk i SFI CASA

toder for optimalisering og parametriske studier. Beregningsmodeller og simuleringer skal forutsi den fysiske virkeligheten observert i eksperimenter.

Arbeidet har fulgt den samme framgangsmåten som SFI CASA. Dette er illustrert i Figur 2. Grunnforskningen er utgangspunktet for utvikling av ny teknologi og programvare som tas i bruk hos partnere. Slik bidrar forskningen til nyskaping i industrien. Professoratet har i hovedsak satt søkelys på testing, modellering og simuleringer ved å evaluere og utvikle nye metoder og verktøy. Dette arbeidet har resultert i noen retningslinjer og anbefalt bruk av teknologi for pålitelig bruk av numeriske simuleringer innen fysisk sikkerhet.



Figur 2: Tilnærming til forskning og implementering i SFI CASA



Justis- og
beredskapsdepartementet

2018 - 2022
Professorat

CASA
Centre for Advanced Structural Analysis

SIMLab

NTNU

2015 - 2023
SFI



CASA
Centre for Advanced Structural Analysis



2007 - 2014
SFI

SIMLab

1998
Forskningsgruppe

SIMLab

På SKULDRENE til SIMLab

Forskningsgruppen SIMLab (Structural Impact Laboratory) ved Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU har gjennom snart 30 år bygget opp internasjonalt ledende kompetanse om hvordan materialer og konstruksjoner oppfører seg under støt, kollisjoner, eksplosjoner, beskytning og andre ekstreme belastninger. Kunnskapen brukes til økt fysisk sikkerhet. Jo bedre løsninger, jo sikrere design av biler, bygg, rørledninger og andre installasjoner.

Posisjonen til miljøet er oppnådd i møtepunktet mellom lang og tålmodig forskningsinnsats og unike laboratoriefasiliteter. Skreddersydde eksperimenter veksler med modellering og simulering, om nødvendig helt ned til nanonivå. Forskingen startet på stål. Etter hvert ble aluminium og polymerer en del av satsningen.

Gruppen har hatt to sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI) de siste 16 årene. Dette er et program i regi av Norges forskningsråd. Målet med SFI-ordningen er å øke næringslivets evne til innovasjon gjennom satsing på langsiktig forskning. Fra 2007 til 2014 var gruppa vertskap for en SFI som bar deres eget navn, SFI SIMLab. Deretter ble fagmiljøet tildelt en ny SFI, Centre for Advanced Structural Analysis (CASA), for perioden 2015 til 2023. Forskingen ble utvidet til å omfatte glass og betong.

Ved oppstarten i 2015, valgte CASA en visjon: «Å etablere et verdensledende senter for multi-skala testing, modellering og simulering av materialer og konstruksjoner for industriell bruk». CASA gikk bredere

til verks, og enda dypere ned i detaljene enn forgjengeren SFI SIMLab (2007-2015) gjorde. De gikk faktisk så langt ned som til størrelser på en tusendel av tykkelsen på et hårstrå. Så små er de minste byggsteinene i aluminium og stål, som er blant favorittmaterialene til byggingeniører og arkitekter.

Senterets oppgave er å drive forskning på hvordan datamaskinsimuleringer kan brukes til å forutsi hvordan materialer og konstruksjoner oppfører seg under ekstreme belastninger. Denne forskningen skal danne grunnlag for innovasjon og verdiskapning hos partnerne. Disse er Hydro, DNV, Benteler Automotive Raufoss, Equinor, Forsvarsbygg (FB), Nasjonal sikkerhetsmyndighet (NSM), Kommunal- og distriktsdepartementet (KDD), Statens vegvesen, Multiconsult, BMW, Audi, Honda, Renault og SINTEF.

SIMLab's mangeårige, målrettede satsing, og gruppens vel etablerte posisjon innen fysisk sikkerhet ga et utmerket utgangspunkt for oppstarten av Justis- og beredskapsdepartementets (JD) gaveprofessorat i 2017. Partene har gjensidig styrket hverandre. Med sin vilje til satsing har JD bidratt sterkt til SFI CASA sitt arbeid med å heve nivået på utdanning og forskning på fysisk sikkerhet i Norge. Samtidig har aktiviteten og ressursene i SFI CASA gitt JD god avkastning på innsatsen.

CASA avsluttes i 2023. Forskningsgruppas ledelse jobber langs flere spor for å sikre et fortsatt høyt aktivitetsnivå, og beholde posisjonen som et verdensledende forskningsmiljø innen fysisk sikkerhet.

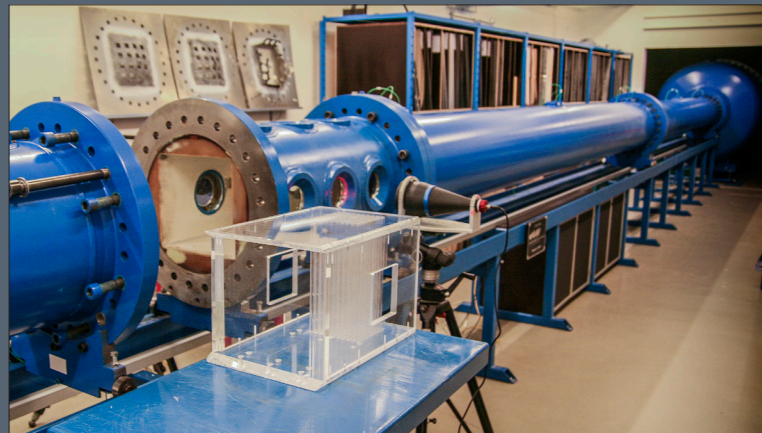
EN STATSRAAD PÅ BESØK



13. mai 2019 fikk samfunnsikkerhetsminister Ingvil Smines Tybring-Gjedde et lynkurs i hvordan SFI CASA bidrar til bedre samfunnsikkerhet. På invitasjon fra CASA's ledelse kom Statsråden med følge for å lære mer om forskningen som bidrar til å sikre oss mot aktuelle trusler mot kritisk infrastruktur. Gjestene fikk blant annet se en kollisjonstest av en aluminiumsprofil i NTNUs sparkemaskin. De fikk også en innføring i hvordan sjokkrøret brukes i forskning. Presentasjonen ble gitt av førsteamanuensis Vegard Aune, hvis stilling finansieres av et gaveprofessorat fra Justis- og beredskapsdepartementet.

«Dette var veldig, veldig spennende», oppsummerte ministeren. Hun understreket også viktigheten av at beslutningstakere må være klar over utfordringene samfunnet står overfor. Samtidig må de kjenne til hvilke teknologiske løsninger som finnes for å løse slike utfordringer.

«Dessuten» la statsråden til med et smil og et nikk mot førsteamanuensis Vegard Aune: «Det var veldig hyggelig å møte utgiftsposten vår. Det er godt å se hvor pengene går, og jeg er sikker på at dette er vel anvendte penger».



KJERNE- BRENSSELSTAVER I SIMLAB'S SJOKKRØR

I Frankrike regnes jordskjelv- og trykkavlastningseffekter som ulykkeslaster når ingeniører designer kjernekraftverk. I desember 2019 tok franske forskere med seg en bunt kjernebrenselstaver til Norge og NTNU, for å teste dem hos SIMLab.

Dette var andre gang Vincent Faucher besøkte SIMLab dette året. Han er seniorekspert og forsker ved den franske kommisjonen for alternativ energi og kjernekraft (CEA). Denne gangen hadde han med seg doktorgradskandidat Samy Mokhtari.

Bakteppet for besøket deres var en såkalt «tap-av-kjølevæskeulykke» (LOCA) i en trykkvannsreaktor (PWR). Hvis en LOCA ikke håndteres effektivt, kan den føre til alvorlig skade. Hvert kjernekraftverk har et nødkjølingsystem for å håndtere slike hendelser. Prøven de franske forskerne testet ved

NTNU var ikke-reaktive kjernebrenselstaver tilsvarende slike som inngår i en PWR-brenselcelle.

Forsøkene tok for seg motstandsevnen til kjernebrenselstaver på en transvers trykkbølge. Målet var å gi referansedata for validering av datasimuleringer av en enkel bunt utsatt for en slik trykkbølge. Ifølge Vincent Faucher og Vegard Aune var besøket også et resultat av samarbeidet de har rundt fleksible konstruksjoner utsatt for ekstreme belastninger. Samarbeidet videreføres gjennom et partnerskap med SIMLab og CEAs utviklingsteam i EUROPLEXUS-programmet. Dette er et simuleringsverktøy, der eierskap er delt mellom CEA og EU's forskningssenter EU-JRC i Ispra, Italia.

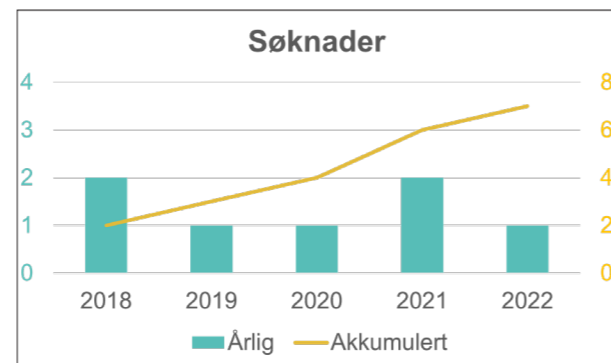
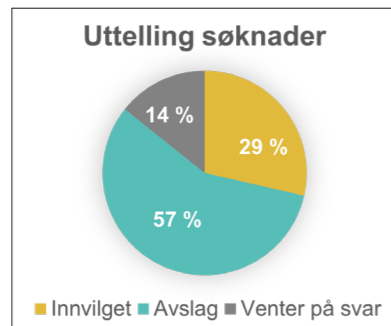
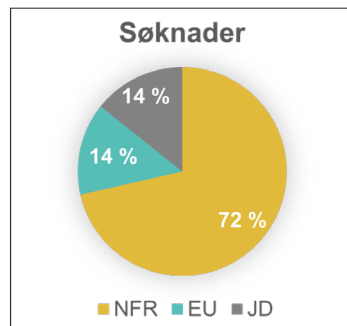
FAKTA
FOLK
TALL
SAMARBEID
SYNLIGHET

INTERNASJONALT SAMARBEID:

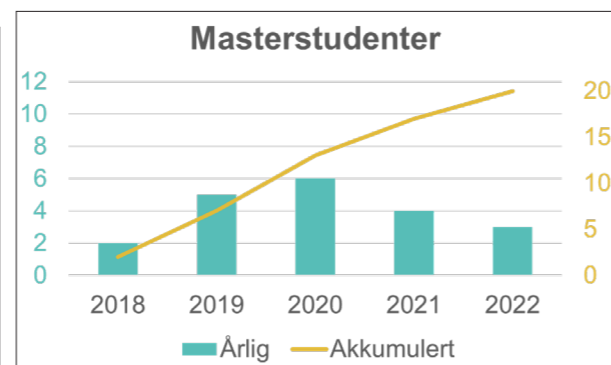
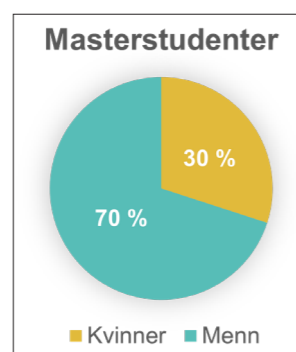
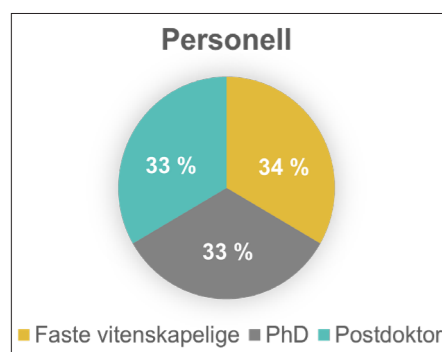
- French Aerospace Lab (Onera), Lille, France (Bertrand Langrand)
French Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), Cadarache, France (Vincent Faucher)
- Royal Military Academy, Brussels, Belgium (David Lecompte)
- University Carlos III, Spain (Ramón del Cuvillo Mezquita)
- Joint Research Centre (JRC), European Commission, Directorate for Space, Security and Migration, Safety and Security of Buildings Unit, Ispra, Italy (Martin Larcher, Georgios Valsamos and Folco Casadei)
Politecnico di Milano, Italy (Luca Lomazzi and Andrea Manes)
- University of Cambridge, UK (Vikram S. Deshpande)
Sheffield University, UK (Sam Rigby)
University College London, UK (PJ Tan)
- SINTEF Ocean, Trondheim, Norway (Øyvind Helland and Bjørn Christian Abrahamsen)



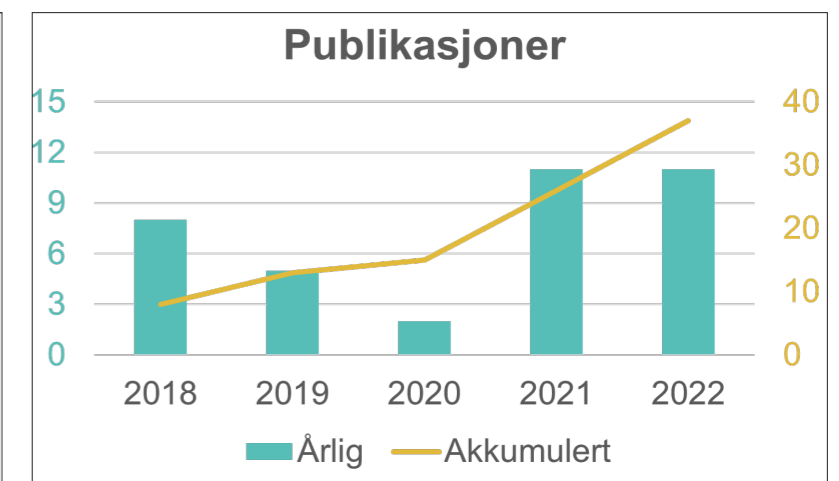
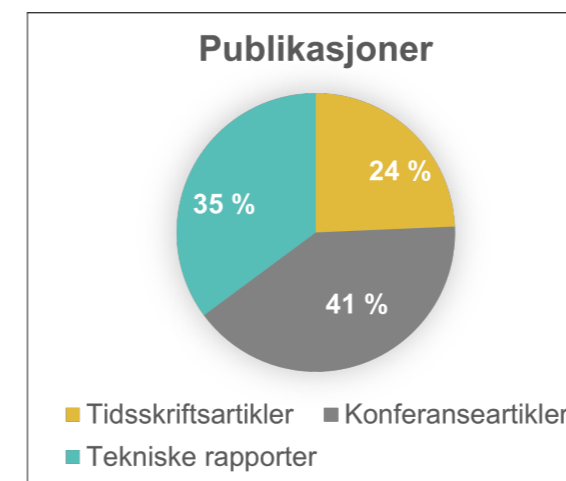
SØKNADER:



FOLK:



PUBLISERING:



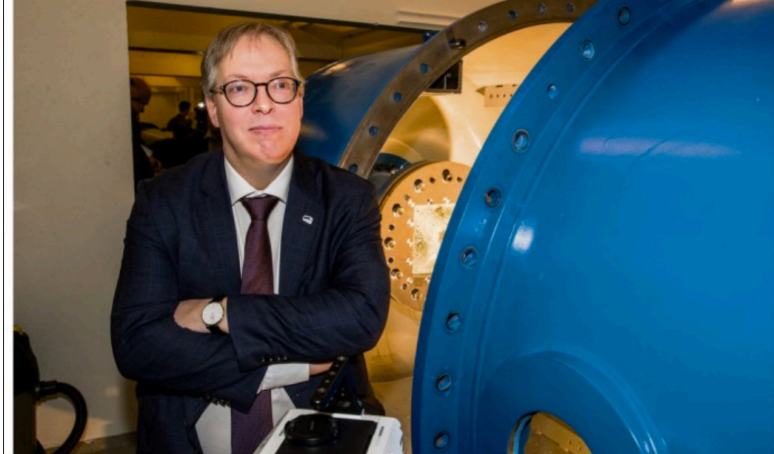
REGNSKAP:

REGNSKAP 2017-2022 (NOK)					
	2018	2019	2020	2021	2022
Inntekter					
Tildeling fra Justis- og beredskapsdepartementet	1 600 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000
Sum inntekter	1 600 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000
Kostnader					
Lønn og sosiale kostnader	811 829	714 707	950 864	1 000 077	901 847
Indirekte kostnader	435 000	435 000	459 000	451 000	490 000
Reise-, opphold- og møtekostnader	40 492	65 442	3 304	13 069	71 076
Driftskostnader	388 880	308 650	182 032	84 327	193 318
Sum kostnader	1 676 201	1 523 799	1 595 200	1 548 473	1 656 241
Resultat	-76 201	76 201	4 800	51 527	-56 327

I tillegg til tildelingen fra JD har NTNU finansiert én ph.d.-kandidat i perioden 2018-2022. Ph.d.-kandidaten har vært tilknyttet SFI CASA, der senteret har bidratt med driftsmidler. Det var også tilknyttet én postdoktor til professoratet. Finansieringen kom fra NFR gjennom prosjektet KPN SLADE. Inntekter og kostnader i forbindelse med disse prosjektene er ikke synliggjort i regnskapet.

SYNLIGHET:

Adresseavisen



Mer sikring: Thor Kleppen Sættlem i Justis- og beredskapsdepartementet håper NTNUs forskning kan øke bevisstheten om sikring blant planleggerne. Foto: TERJE SWANEN

- Kommunene tenker for lite på sikkerhet



NTNU TRAPPER OPP FORSKNINGEN PÅ FYSISK SIKRING:

Når uhellet er ute, vil forskningen redde liv

- Kommunene er altfor lite bevisste på hvor viktig fysisk sikring er ved planlegging av nye byrom, sier statssekretær Thor Kleppen Sættlem i Justis- og beredskapsdepartementet.

Statssekretær Thor Kleppen Sættlem var strålende fornøyd med å treffe forskeren som har fått jobb som følge av departementets bevilgning. Førsteamanuensis Vegard Aune ved SFI CASA skal forske og undervise i fysisk sikring. KISTOFFER FURBERG

Blasts for Better Aircraft Safety

Vegard Aune Joins Exclusive Group of Young Top-Talented Researchers

SIGMALab Meets SIMLab: Combining AI Intelligence and Blast Loads

Luca Lombardi went from Politecnico di Milano to blast metal plates in the SIMLab Shock Tube Facility this winter. Upon leaving, he said, it brings home loads of new experimental data. Plus, a new way of using Machine Learning.

Det viktigste verktøyet for å synliggjøre forskningsaktivitetene knyttet til SFI CASA er nettstedet sfi-casa.no. Her publiseres forskningsnyheter, featurehistorier, videoer og dybdeintervjuer med nøkkelpersonell som jobber i, eller samarbeider med senteret. Forskningsaktivitetene i professoratet er tett forbundet med aktivitetene i CASA. De har derfor vært en naturlig del av den totale formidlingen.

Nettstedet fungerer som en plattform for videre deling og spredning av innhold til sosiale og eksterne medier. Innholdet distribueres også i nyhetsbrev som går ut til samarbeidspartnere, kontakter og abonnenter i CASA's sosiale og faglige nettverk. I tillegg produseres det et teknisk nyhetsbrev som kun sendes ut til partnere i senteret.

CASA samarbeider godt med den sentrale kommunikasjonsavdelingen ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet og kommunikasjonsenheten ved Fakultet for ingeniørvitenskap. Dermed kan vi, samlet sett, publisere innhold på sosiale mediekontor og nettsteder med en betydelig rekkevidde, som NTNU Nyheter, Norwegian SciTech News/Gemini, YouTube, Instagram, Twitter, LinkedIn og Facebook.

BBC World Radio popped into the Shock Tube

How does being being on an explosion rig in a shock tube feel? It's a bit like being in a car crash, but you're not in a car. You're in a shock tube. It's a bit like being in a car crash, but you're not in a car. You're in a shock tube. It's a bit like being in a car crash, but you're not in a car. You're in a shock tube.

Can Norway win the global race to build a 'floating house'?

The Norwegian government is groundbreaking \$40 billion infrastructure project includes plans to build a floating house complex in Oslo.

NTNU Nyheter

NTNU og Forsvarsbygg utvikler fasadeplater som både sikrer mot eksplosjoner og isolerer bygget

CASA

Influence of FSI EFFECTS on blast-structure response

2021.1

CASA

Performance of perforated aluminium plates subjected to blast loading

2020.2

CASA

A new MEASUREMENT TECHNIQUE for Exploring the Next Generation of Blast-resistant Structures

2022.3

TU

Hvordan lage bygg som tåler de mest ekstreme påkjenningene?

I en eksplosjon kan splitter og løstevet materiale slynges ut i voldssom fart og zartene omgivelserne. Deretter kommer sjokkbølgen. Det er en skummel kombinasjon.

Forskerforum

UFRIVILLIG MEDFORFATTER

Vegard Aune ble den nye medforfatter på en artikkel om årlige badebøyer.

The Maritime Executive

How do Heavy Waves Affect Offshore Structures?

Adresseavisen

Midnorsk debatt

Vi må tette hullene i sikkerhetsloven

Gassene rammet av subotasie, og dronene ute og kontroll. Sikkerhetsloven som skal vernes, har svakheter som kan utsette oss for mer risiko.

EKSPLOSJONSTRYKK MOT FLEKSIBLE BJELKER

I løpet av de siste to tiårene har den økte trusselen om bevisst bruk av eksplosiver mot sivile mål satt fart i forskningsaktiviteten på eksplosjonstrykk mot konstruksjoner. Ayesha Syed og Ingrid Gisnås samarbeidet om å skrive masteroppgave våren 2021. Avhandlingen deres fikk tittelen «Dynamisk respons av fleksible konstruksjoner utsatt for eksplosjonslast».

Eksplosjoner i sivile strøk introduserer nye materialer og lette, fleksible konstruksjoner i design av beskyttelseskonstruksjoner. Historisk sett har slike konstruksjoner vært begrenset til festningsverk og militære installasjoner. Oppførselen til lette, fleksible konstruksjoner avhenger i mye større grad av typen eksplosjon de utsettes for. Endringer i eksplosjonslasten eller konstruksjonsegenskaper kan resultere i betydelige endringer i oppførsel. Ulike metoder har blitt foreslått for å forutsi både belastning og konstruksjons respons i disse situasjonene. Nøyaktigheten til disse beregningsmetodene må derfor gjennomgås. Dette er nødvendig for utvikling av sikre og kostnadseffektive beskyttelseskonstruksjoner. Førsteamanuensis Vegard Aune, Professor Magnus Langseth, og Nicolas Neumann fra SFI CASA's samarbeidspartner Multiconsult veiledet studentene. Syed og Gisnås utførte forsøk med eksplosjonstrykk mot fleksible bjelker. De brukte dataene til å evaluere nøyaktigheten til vanlige beregningsmetoder i design av fleksible konstruksjoner.

KOMPOSITTER UTSATT FOR EKSTREM BELASTNING



Komposittmaterialer er viktige i design og produksjon av luftfartøy. Mer enn 50 prosent av moderne fly består av disse lette og temperaturbestandige materialene. Doktorgradsstudent Ramón del Cuavillo Mezquita tester og modellerer kompositter under ekstreme belastninger.

«Til tross for at de har høy styrke i forhold til vekt, er disse materialene ganske sårbare for støtbelastning. Støtbelastningene kan være alt fra sammenstøt med fugler til hagl, gummi fra dekk eller metallfragmenter. Forståelsen av slike hendelser er kritisk når det kommer til sikkerhet og utformingen av flykonstruksjoner», forklarer del Cuavillo, som studerer ved Universitetet Carlos III de Madrid. Han oppholdt seg ved SIMLab på slutten av 2021, der han fikk gjennomført en rekke tester på kompositter i sjokkrøret. Det satte han stor pris på.

«På forhånd visste vi ikke hva vi kunne forvente å få ut av testene. Forsøkene har gitt oss mye informasjon. Vi er alle veldig fornøyde med resultatene», sier Del Cuavillo.

Førsteamanuensis Vegard Aune bekrefter at forsøksserien har vært nyttig. «Det er flott at sjokkrøret tiltrekker seg forskere fra utenfor Norge. Vi bygde denne riggen nettopp for slike tester som Ramon nå har utført, nemlig småskala eksplosjonstesting av fleksible konstruksjoner i kontrollerte laboratorieforsøk», sier han.

Ramón del Cuavillo Mezquita's arbeid ble også en milepæl, da dette var første gang komposittmaterialer ble testet i sjokkrøret.

KUNSTIG INTELLIGENS OG EKSPLOSJONSLAST



Doktorgradsstudent Luca Lomazzi fra Politecnico di Milano hadde et forskningsopphold ved SIMLab vinteren 2022. Han studerer hvordan kunstig intelligens kan brukes til å forutsi hvordan strukturelle skader utvikler seg i konstruksjoner utsatt for ekstreme belastninger.

Ved SIMLab gjorde han en rekke forsøk i tett samarbeid med, og under veiledning av, førsteamanuensis Vegard Aune. De utsatte stål-, aluminium- og titanplater for eksplosjonstrykk. Da han forlot NTNU sa han: «Jeg tar med meg unike forsøksdata hjem. Pluss en ny måte å bruke maskinlæring på. Jeg tror nok oppholdet ved SIMLab vil utgjøre den viktigste delen av doktorgradsstudiet mitt.»

Lomazzi hører til forskningsgruppen SIGMALab i Italia. Han har professorene Andrea Manes og Francesco Cadini som veiledere. Et stykke ut i studiene, trengte PhD-kandidaten tilgang til nye eksperimentelle data.

Underveis i jakten på testfasiliteter kom han over arbeidene til Vegard Aune. Han tok kontakt og ballen begynte å rulle. Etter hvert slo de to seg sammen med førsteamanuensis David Morin, også kjent som SIMLab's Mr. Machine Learning. Luca Lomazzi presenterte resultater fra vinterens arbeid på ICILSM-konferansen i Trondheim i juni 2022. Foredraget hans hadde tittelen «A Data-driven approach to account for fluid-structure interaction effects on blast loaded steel plates».

FORSKNING FOR ET SIKRERE SAMFUNN

Måler virkningen av EKSTREME BØLGER

Kraftige stormer kan føre til høye, brytende bølger som kan smelle inn i plattformer og vindturbiner med voldsom kraft. Forskere ved NTNU og SINTEF studerer oppførselen til konstruksjoner utsatt for slike bølgeslag. Målet er økt sikkerhet til havs.

Kraftige bølgeslag kan gjøre enorm skade på offshore rigger, vindturbinpilarer, skip eller andre konstruksjoner til havs. Ett av de grunnleggende – og uløste – problemene med å designe så store konstruksjoner, er å kunne forutsi nøyaktig hvordan de reagerer på slike ekstreme påkjenninger. Hva er egentlig belastningen fra slike bølgeslag? Å løse disse utfordringene vil være et stort skritt mot sikrere og mer kostnadseffektive marine operasjoner.

SAMSPILLET MELLOM LAST OG VIRKNING

«Det er helt avgjørende å forstå det gjensidige samspillet mellom lasten fra bølgen og oppførselen til konstruksjonen», sier Rene Kaufmann.

Han er postdoc ved NTNU SIMLab (Structural Impact Laboratory), og en av forskerne i SLADE KPN-prosjektet. Dette er et kompetanseprosjekt for næringslivet, der forskere fra SINTEF Ocean og NTNU samarbeider om grunnleggende undersøkelser. Det overordnede målet er økt sikkerhet til sjøs.

BEDRE BEREGNINGER HJELPER INDUSTRIEN

For å få ny kunnskap er det behov for systematiske studier av bølgeeffekter. Målet er å utvide kunnskapen som finnes, og avlede hvordan konstruksjonens oppførsel virker på lastene som påføres den. Forskerne skal utvikle eksperimentelle metoder for å måle dette. Bedre beregningsmetoder kan hjelpe industrien når nye konstruksjoner til havs skal utfor-

mes.

Rene Kaufmann jobber med å måle effekten av lokale overflatedeformasjoner. Det må skje uten at målestyret selv påvirker egenskapene til konstruksjonen. For å få til det, har forskerne ved SIMLab brukt sin erfaring med kamerabaserte teknikker for å måle på konstruksjoner under støt- og eksplosjonslast. Mer om det senere.

Først skal vi en tur ut i Norskehavet.

«EN VELDIG STOR BØLGE ER PÅ VEI»

Monsterbølgene som kan gi de voldsomme horisontale bølgeslagene mot skip og andre innretninger til havs, stammer fra såkalte 100-årsstormer. I 1995 ble

offshoreplattformen «Draugen» satt på en alvorlig prøve ved Haltenbanken. Den 12. mars raste en orkan gjennom Norskehavet, og plattformsjef Magne Gundersen fikk en uventet telefon fra Aberdeen Weather Center. De advarte om en massiv bølge som var på vei mot plattformen. Besetningen hadde kun 30 minutter til å forberede seg. Produksjonen ble stoppet umiddelbart. Gundersen samlet mannskapet på 134 personer i et større rom i det indre av plattformen. Der beroliget han alle med å erklære ubetinget tillit til ingeniørene som hadde designet Draugen.

«PLATTFORMEN RISTET UNDER FØTTENE VÅRE»
«Akkurat i det jeg hadde sagt dette, kom det høyeste,

og mest øredøvende smellet jeg noen gang har hørt», uttalte han i et intervju etter hendelsen. «Vi kjente stadig større bevegelser under føttene våre. (...) Rommet fortsatte å riste. Jeg kan ikke si nøyaktig hvor lenge det varte, men jeg antar at det pågikk i mer enn et minutt». Først hadde den enorme bølgen truffet skafet, før den løftet seg opp under dekk med en voldsom styrke. Luftspalten på Draugen, fra stille vannstand og opp til kjellerdekket, er på 30 meter.

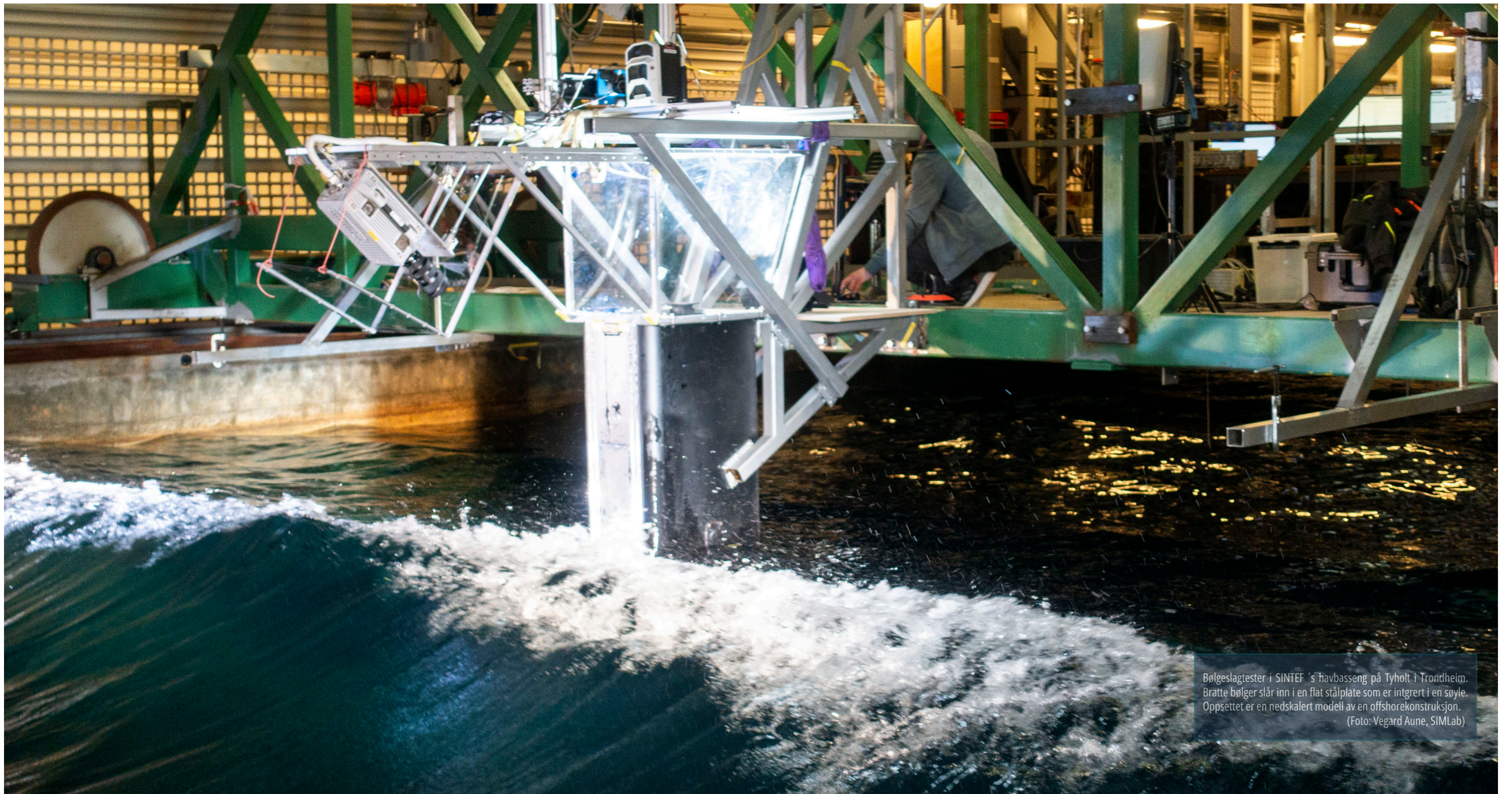
INN I BØLGESLAGENES FYSIKK

Et sentralt spørsmål for SLADE er: Hva er den faktiske påkjenningen av slike bølgelaster?
«Vi må forstå lasten før vi kan studere detal-

jene i konstruksjonenes oppførsel», sier Vegard Aune, førsteamanuensis ved SIMLab. Det er behov for presis kunnskap om materialer, belastninger og fysikken i dette for å forstå hvordan konstruksjoner oppfører seg under ekstreme stormer. En annen hendelse som danner noe av motivasjonen til SLADE skjedde i Nordsjøen i desember 2015. Da dundret en stor, brytende bølge inn i boreriggen COSL Innovator. Plattformen var designet i henhold til regelverket, men klarte likevel ikke å motstå belastningen. Hendelsen tok ett menneskeliv, ytterligere fire personer ble skadet – i tillegg til omfattende materielle ødeleggelse.

«Ulykker som COSL Innovator reiser spørsmålet om vi fullt ut forstår den underliggende fysikken fra vold-





Bølgeslagtester i SINTEF's havbasseng på Tyholt i Trondheim. Bratte bølger slår inn i en flat stålplate som er integrert i en søyle. Oppsettet er en nedskalert modell av en offshorekonstruksjon. (Foto: Vegard Aune, SIMLab)

somme bølgeslag. Det er veldig viktig at konstruksjonsingeniører har detaljert kunnskap, både om belastninger, underliggende fysikk og materialer. Alt dette må til for å forstå og forutsi hvordan konstruksjoner reagerer under ekstreme påkjenninger», sier Aune.

Våren 2021 tilbragte Rene Kaufmann, Bjørn Christian Abrahamsen fra SINTEF Ocean Transport & Energy, samt prosjektingeniørene Trond Auestad (SIMLab) og Jens Åge Havmo (SINTEF Ocean) flere dager i Havbassenget på Tyholt i Trondheim.

KONTROLLERTE MODELLTESTER

Her gjorde de bølgeslagstester på småskala

modeller. De prøvde ut måleteknikken de har jobbet fram – som går ut på å måle belastningen idet bølgen treffer konstruksjonen. I dag måles dette med trådbaserte punktmålere. I SLADE har de utforsket bruk av laser og kamerateknikker som ikke bare gir målinger i ett punkt, men potensielt kan bestemme utviklingen i tid og rom av hele det innkommende bølgefeltet mot konstruksjonen.

PÅLITELIGE DATASIMULERINGER

Dette betyr at de nærmer seg et annet mål for SLADE, nemlig å tette gapet mellom fysiske tester og pålitelige datasimuleringer. I Havbassenget skapte

forskerne brytende bølger som traff en flat stålplate. Platen er integrert i en søyle, som representerer en nedskalert stålkonstruksjon til havs.

MÅLER DEFORMASJON PÅ MIKRONIVÅ

Kaufmann har bakgrunn fra strømningsmekanikk. Han er ekspert på deflektometri, som han beskriver som en «full-felt målingsteknikk for overflatekrumning». Den er svært følsom og tillater måling av deformasjoner ned til mikrometernivå. Kaufmann tok doktorgrad ved University of Southampton, Storbritannia i 2019. Teknikken han bruker i SLADE er relatert til avhandlingen hans. Prosjektleder i SLADE, Dr. Øyvind Hellan, beskriver prosjektet som et «inspire-

rende samarbeid mellom forskningsmiljøer som utfyller hverandre».

SAMLET NORSK TOPPFORSKER-LAG

Hellan er visedirektør for forskning i SINTEF Ocean. Han forteller at da de lanserte SLADE, ville de satse på å samle et topplag av norske forskere. SINTEF Ocean, verdensledende innen marin teknologi og marin bioforskning, gikk sammen med NTNUs Institutt for marin teknikk (IMT) og SIMLab ved Institutt for konstruksjonsteknikk. IMT er verdensledende innen utdanning, forskning og innovasjon for tekniske systemer i marine miljøer. SIMLab har samme status innen bærende konstruksjoner utsatt for ekstreme

belastninger.

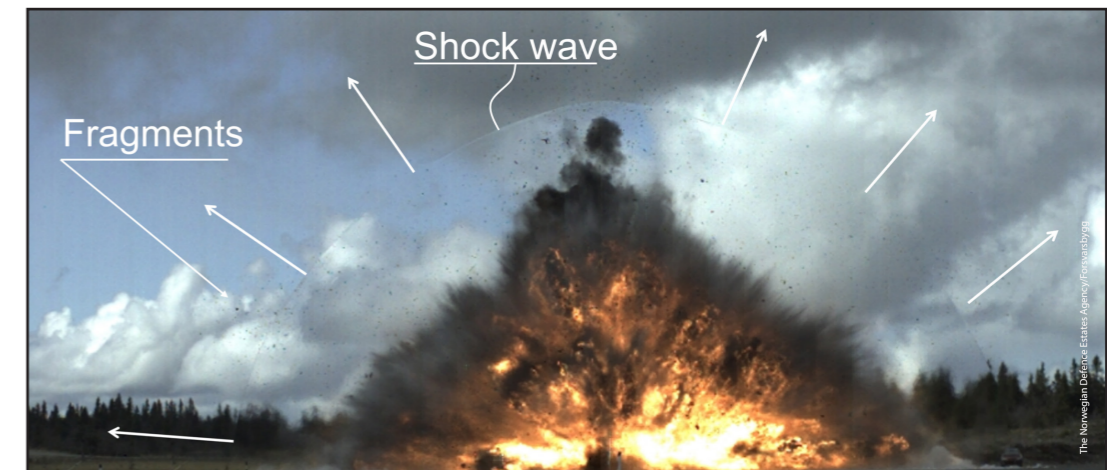
«Dette er de to akademiske miljøene ved NTNU som rangerer høyest innen sine respektive felt i Forskningsrådets internasjonale evalueringer», sier Hellan.

LANG HISTORIE MED SAMARBEID

SLADE KPN ble lansert i 2019, men de involverte partene har en lang felles historie med samarbeid. Prosjektet finansieres av Forskningsrådet og profilerte maritime aktører. Blant disse er det internasjonale energiselskapet Equinor med virksomhet i over 30 land, og Aker Solutions som er global leder innen levering av offshore energiproduksjonsan-

legg. Også projekterings- og rådgiverselskapet Multiconsult, Rederiforbundet, Sjøfartsdirektoratet og Petroleumstilsynet støtter prosjektet. I tillegg har KPN SLADE U.S. Navy som internasjonal partner.

Studerer den SKUMLESTE trusselen som finnes



I en eksplosjon kan splinter og løsrevet materiale slynges ut i voldsom fart og ramme omgivelsene før sjokkbølgen treffer. Det er en skummel kombinasjon, og en stor utfordring for alle som konstruerer bygg som skal tåle ekstreme påkjenninger.

Utfordringen blir ikke mindre av at det ikke finnes regelverk eller standarder som dekker slike belastninger i dag. Benjamin Stavnar Elveli's ferske doktorgrad på feltet, er et skritt på veien mot bedre beskyttelse og tryggere løsninger. Kombinerte belastninger av eksplosjonstrykk og støt i høy hastighet, øker sjansen for at skadene blir større. Fragmentene oppfører seg som prosjektiler og treffer oftest før trykkbølgen kommer. Dermed svekker de motstandsevnen til det som rammes. «Bygninger, biler, eller andre konstruksjoner i nærheten av detonasjonen vil bli utsatt for en belastning som er mer alvorlig enn hvis begge lastene virker alene. Dette er den skumleste eksplosjonslasten som finnes. Det virker på samme måte som splintbomber», sier Benjamin Stavnar Elveli.

DEN SKUMLESTE LASTEN

31-åringen fra Gjøvik, forsvarte doktorgraden sin ved SFI CASA på NTNU den 14. desember 2022. Han er aktiv skateboarder, surfer, klatrer og snøbrettkjører, og sier at det ikke var noen selvfølge for ham å gå løs på en doktorgrad da han fikk tilbudet i 2018. Elveli skrev mastergrad med førsteamanuensis Vegard Aune som veileder. Temaet var eksplosjonslast mot tynne, perforerte stålplater.

«Jeg var usikker på om jeg ville passe til den typiske

PhD-kandidatprofilen. Jeg var ikke akkurat en A-student under mastergraden. Dessuten har det alltid vært viktig for meg å bruke tid på hobbyene mine. Men nå er jeg jo veldig glad for at jeg bestemte meg for å prøve», sier han.

SIKRERE KONSTRUKSJONER, TRYGGERE SAMFUNN

Det har vært fire års jobbing med å løse kompliserte utfordringer. Arbeidet hans bygger på mer enn 80 småskala eksplosjonstester. Han har brukt testplater av tre ulike ståltyper. Alle platene var påført hull, som om de var perforert av virkelige prosjektiler. Ved å kombinere fysiske forsøk med teori og matematisk modellering, har han gjenskapt eksplosjonslastene i datasimuleringer.

Målet med forskningen er å få mest mulig kontroll på, og dermed å kunne forutsi, hvordan konstruksjoner reagerer på slike belastninger.

Dette er forskning for et tryggere samfunn. Jo mer vi forstår av selve fysikken i disse belastningene, jo mer nøyaktige, sikre og bærekraftige løsninger kan fremtidens konstruksjonsingeniører levere.

ØKT SKADE NÅR FRAGMENTENE TREFFER FØRST
Enten de oppstår i ulykker, eller med hensikt: Eksplosjoner kan gjøre massiv skade. Splinter og fragmen-

ter kan stamme fra bygningsdeler eller biler, grus, steiner eller annet i nærheten. Om de treffer før, under eller etter trykkbølgen kommer an på avstanden til detonasjonen. Treffer fragmentene først, kan de skape svake punkter, for eksempel fasadeelementer. Oftest er det i disse svake punktene at oppsprekking og ødeleggelse starter.

«Det er slike tilfeller som antas å føre til størst skade, fordi konstruksjonen allerede vil ha en defekt eller svakhet når den skal stå imot selve trykkbølgen», sier Benjamin Stavnar Elveli.

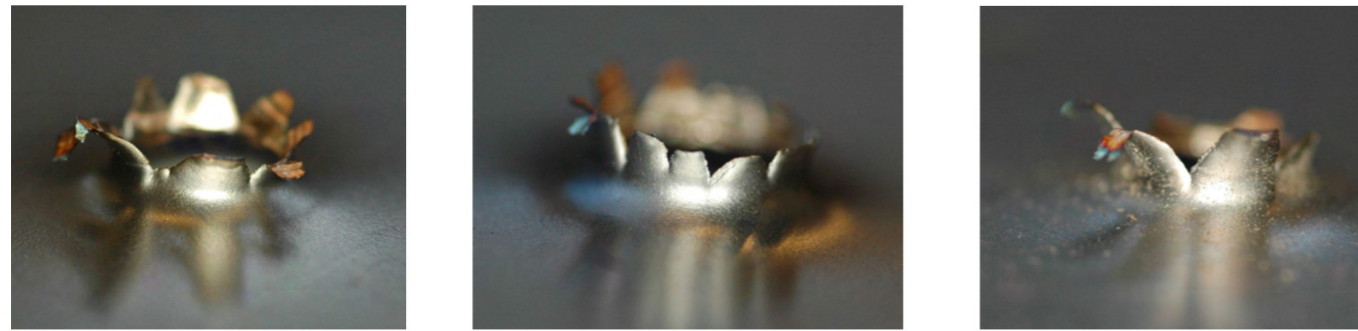
FARE FOR Å OVERVURDERE STYRKE

En trykkbølge kan vare i flere millisekunder og gi store ødeleggelser over et stort område. Et fragment beveger seg enda raskere og gir konsentrert skade. Å simulere denne kombinerte effekten, betyr at man må beskrive to helt ulike fenomener i én og samme modell. Det er en komplisert oppgave, for å si det forsiktig.

«Man vil ofte ende opp med en slags avveining. For å fange opp de lokale svakhetene som påføres under eksplosjonen, må vi bestemme hvor nøyaktig beskrivelsene av fragmentnedslaget skal være. Får vi ikke full kontroll på dette, vil modellen kunne overvurdere evnen som bygget eller konstruksjonen har til å stå imot en eksplosjon», sier Elveli.



Benjamin Stavnar Elveli (til høyre) forsvarte doktorgraden sin ved NTNU den 14. desember 2022. Tittelen er: «Behaviour, modelling, and simulation of thin steel plates subjected to combined blast and impact loading». Hovedveilederen hans har vært førsteamanuensis Vegard Aune (til venstre), mens professor Tore Børvik har vært medveileder. Her klagjør Elveli og Aune en av Forsvarsbygg sine testtrigget for detonasjon av høyeksplosiver i begrensede rom, sammen med forsker Ole Vestrum i Forsvarsbygg. Testserien ble gjort våren 2022.



” Idealiserte feil er lettere å teste og simulere. Men siden de mangler deformasjonene og skadene som oppstår ved reelle eksplosjoner, er det en risiko for å overdrive styrken til materialene i disse modellene

(Benjamin Stavnar Elveli)



Styrke som overvurderes, kan få fatale følger. Løsningene som konstruksjonsingeniører leverer fra seg, må være til å stole på. En stor del av Benjamin Stavnar Elveli sitt doktorgradsarbeid, har vært å undersøke hvor nøyaktige modellene må være, for å sikre trygge og pålitelige byggverk.

FRA MASSIVT OG MILITÆRT TIL LETT OG SIVILT
Historisk sett har de som jobber med beskyttende konstruksjoner satt søkelys på massive, militære konstruksjoner i betong. De siste tiårene har nye trusler dukket opp, og behovet for å beskytte sivile bygg og konstruksjoner i urbane områder økt. I takt med dette, har interessen vokst for lettere, tynnveggede løsninger som kan gjennomgå store deformasjoner uten å sprekke og gå i stykker. Dette forklarer også at Benjamin Stavnar Elveli har valgt å undersøke ulike typer tynne stålplater i avhandlingen sin.

FORENKLING SOM GIR ULEMPER
Målet er å få på plass retningslinjer for utforming av motstandsdyktige, lette konstruksjoner. Det er komplisert og tidkrevende arbeid. En vanlig tilnærming har vært å anta at fragmentene treffer før trykkbølgen kommer. Da må de fysiske eksperimentene deles opp i to ulike sekvenser som følger etter hverandre.

Ofta bruker slike studier prøvestykker der hull er frest ut med maskin, for å etterligne feil eller svakheter fra virkelige fragmenter. Ulempen med denne tilnærmingen er at den unngår all usikkerhet knyttet til reell påvirkning, ifølge Elveli.

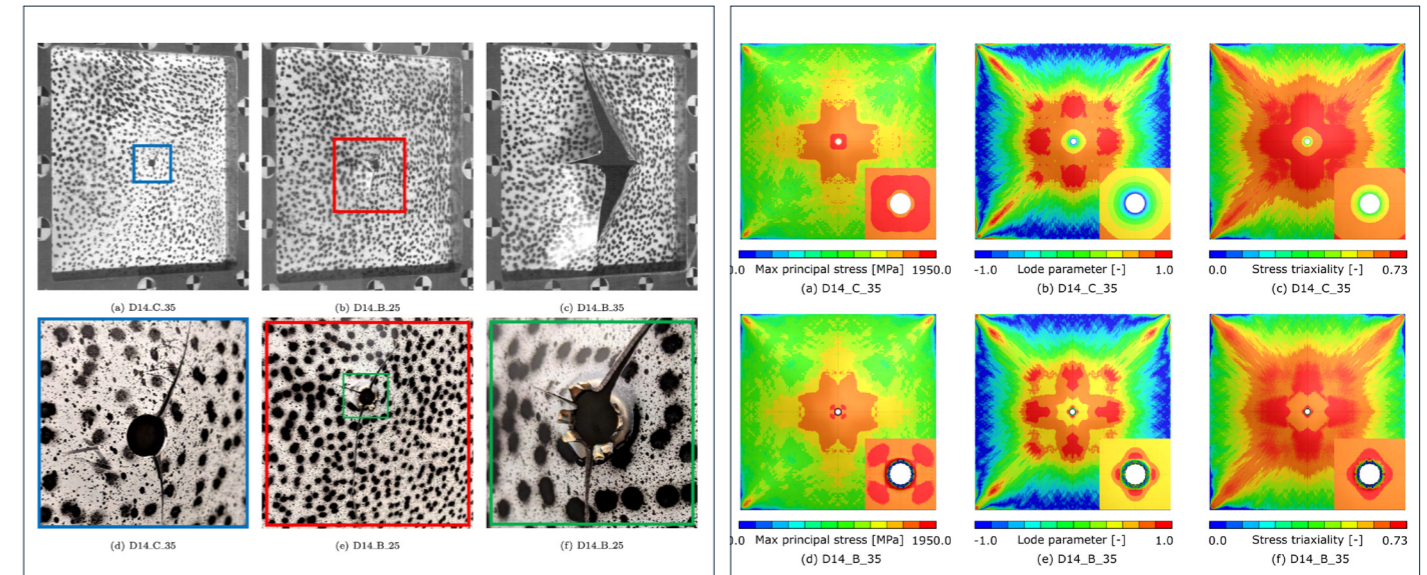
SAMMENLIGNING AV BRUDDSTYRKE
Et par sentrale spørsmål leder til noen originale sider ved arbeidet hans: Oppfører platene med maskinerte hull seg annerledes enn platene med realistiske perforeringer? Hvis ja: Hvordan påvirker den forenklede tilnærmingen påliteligheten til modellene, når det gjelder beregning av beskyttelsesevne og oppførsel når det verst tenkelige skjer?
For å finne svaret, sammenlignet Elveli oppførselen til de maskinerte platene med plater som var beskutt med ekte prosjektiler.

OVERVURDERER MOTSTANDSEVNEN
Prosjektilene skapte små kronblad-lignende sprekker og deformasjon rundt treffpunktene (bildet over), mens de maskinlagde hullene hadde helt jevne kanter. Hullene var runde og hadde samme mål. Eksplosjonstestene viste at ødeleggelsen startet i sprekken og forplantet seg utover. Med dette viser Elveli at den forenklede tilnærmingen kan gi datamo-

deller som overvurderer materialers evne til å motstå kombinert eksplosjons- og støtlast.

«Idealiserte feil er lettere å teste og simulere. Men siden de mangler deformasjonene og skadene som oppstår ved reelle eksplosjoner, er det en risiko for å overdrive styrken til materialene i disse modellene», sier den ferske doktoren.

ØKT ETTERSPORSELEN ETTER DATASIMULERING
Det er lett å forstå behovet for å utvikle nøyaktige datasimuleringer. De som jobber med styrkeberegninger, kan tross alt ikke sprengte bygninger i full størrelse for å teste hvor motstandsdyktige de er. Detonasjoner i full skala vil også danne skyer av støv og flygende fragmenter, som kan ødelegge sensorer, kameraer og annet utstyr som overvåker forsøket. Benjamin Stavnar Elveli har lagt ned mye arbeid i å designe kontrollerte og pålitelige småskala eksplosjonstester i laboratoriene ved NTNU. Til sammen har han utført 110 tester, hvorav 82 er eksplosjonsforsøk. Ved hjelp av høyhastighetskameraer som filmer 37 000 bilder per sekund har han fanget detaljene i hva som skjer når stålplatene maltrakteres. «Det har blitt en nokså kostbar doktorgrad, så jeg håper jo at den nye kunnskapen vil være nyttig for flere enn meg», fleiper han.



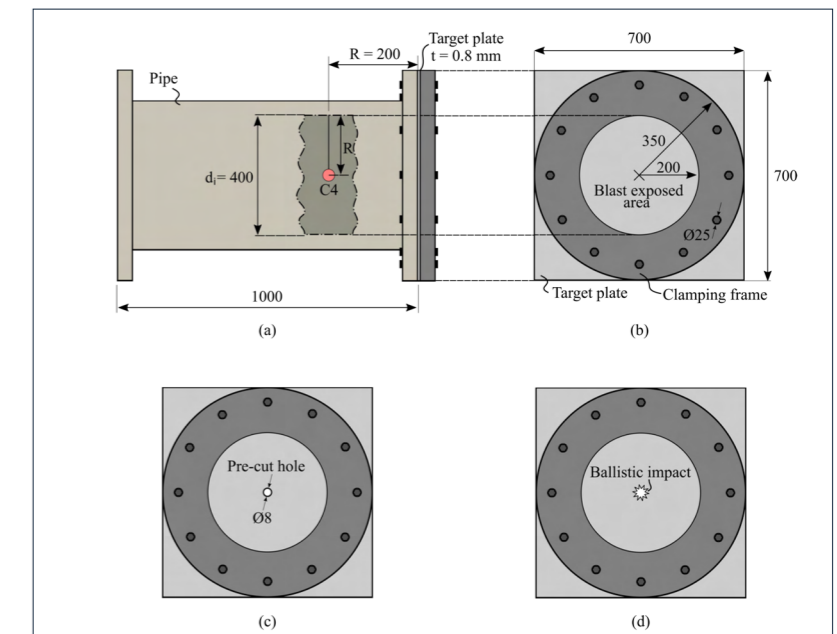
Bilder av den endelige tilstanden etter eksplosjonsbelastning for alle høyfaste plater (D14) som opplever sprekker. Området eksponert for eksplosjonen er gitt i (a)-(c), og nærbilder av de arresterte sprekkenes er gitt i (d)-(f). Testnavnene er gitt i undertekstene (B = hull fra beskytning, C = maskinerte sirkulære hull). (f) gir et nærbilde av den grønne firkanten i (e).

Fargeplott av hovedspenningen, Lode-parameteren og triaksialiteten rett før sprekkeinitiering oppstår. Simuleringene av høyfast plate med maskinert hull (D14 C 35) er presentert i (a)-(c) og simuleringer av høyfast plate utsatt for beskytning (D14 B 35) i (d)-(f).

OMFATTENDE, DYRT - OG NYTTIG?

På spørsmål om hvem som vil ha nytte av arbeidet hans, peker han på først på det vitenskapelige miljøet, både i det militære og sivile. Han tror ikke forskningen kan tas i bruk i industrien med det første. Til det er nøyaktige og pålitelige simuleringer både dyrt og tidkrevende - foreløpig. De mange eksperimentene har imidlertid gitt enorme mengder data. Disse tror han nok vil interessere flere, som for eksempel forsknings- og utviklingsavdelingene i store selskaper. Det omfattende datasettet er godt egnet til å avstemme numeriske metoder og utvikle nye beregningsmetoder. For folk som arbeider med datasimuleringer basert på elementmetoden kan dette være veldig nyttig. Det gjør det mulig å simulere hvordan objekter oppfører seg når de utsettes for fysiske krefter og annen påvirkning. Dette er avgjørende da vi mangler regelverk og standarder som dekker denne type belastning i dag. «De kompliserte belastningstilfellene mine kan gjøre det mulig for folk å teste de ulike numeriske metodene som er i bruk i dag», sier Benjamin Stavnar Elveli.

(Artikkelen ble publisert på sfi-casa.no i desember 2022)



Illustrasjon av forsøksoppsettet i Forsvarsbyggs testrigg for detonasjoner i lukkede rom: (a) Testriggens dimensjoner og plasseringen til sprengladningen, (b) dimensjonene til innfesting og målplatene, og geometrien til testplatene som inneholder (c) maskinerte sirkulære hull og (d) hull fra beskytning. Alle mål er i millimeter.

DETTE HAR VI JOBBER MED:

- Samvirke mellom eksplosjonslast og konstruksjonsrespons
- Oppførsel til konstruksjoner utsatt for kombinert beskytning og eksplosjonslast
- Ekstreme bølgeslag mot offshorekonstruksjoner
- Droner som trussel for sammenstøt og eksplosjoner mot konstruksjoner, kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner
- Midlertidige kjøretøysperrer som hinder for angrep fra kjøretøy
- Identifisere og realisere innovasjonspotensial i forskningsresultater
- Søknadsskriving og arbeid med å skaffe nye forskningsprosjekter

SAMVIRKE MELLOM EKSPLOSIONSLAST OG KONSTRUKSJONSRESPONS

Til tross for at det kan være helt avgjørende for forståelse av skade på bygninger og personell, tas det i dag ikke hensyn til samspillet mellom belastning og lastvirkning av konstruksjoner ved dimensjonering for eksplosjonslast. Nyere forskning viser at den tradisjonelle tilnærmingen til dimensjonering ikke klarer å gjenskape den virkelige konstruksjonsresponsen. Derfor trengs det mer forskning og utdanning som kan øke kompetansen på dette området.

OPPFØRSEL TIL KONSTRUKSJONER UTSATT FOR KOMBINERT BESKYTNING OG EKSPLOSIONSLAST

Konstruksjoner er utsatt for kombinert eksplosjonslast og beskytning når det oppstår en eksplosjon som følge av en ulykke eller terrorhandling. Beskytning kan være i form av prosjektiler fra typiske håndvåpen eller fragmenter som oppstår i forbindelse med eksplosjoner. Erfaringen er at den kombinerte effekten av beskytning og eksplosjonslast er mer kritisk enn hver av disse belastningene alene. Til tross for dette finnes hverken regelverk eller veiledere for slike lastsituasjoner per i dag. Målsettingen med prosjektet er å belyse ulike scenarier hvor det kan være nødvendig å ta hensyn til kombinasjonen av disse påkjenningene. Skadeområdet vil typisk være avhengig av om eksplosjonstrykket eller prosjektilet treffer konstruksjonen først, samt avstanden fra selve eksplosjonen og egenskapene til konstruksjonen.

EKSTREME BØLGESLAG MOT OFFSHOREKONSTRUKSJONER

Denne aktiviteten ble initiert av SINTEF Ocean, Marinteknisk senter på Tyholt i Trondheim. Utgangspunktet var at det finnes begrenset med regelverk og veiledere rundt design av offshorekonstruksjoner utsatt for ekstreme bølgeslag. Behovet for slik kunnskap ble blant annet tydelig etter ulykken på COSL Innovator 30. desember 2015.

Boligmodulen fikk store skader da voldsomme bølger traff plattformen. Ett menneskeliv gikk tapt, flere personer ble skadet.

Målet for prosjektet SLADE (Slamming loads in design, fundamental investigations of violent wave actions and impact response) er å forbedre sikkerheten til sjøs gjennom økt innsikt i hvilke krefter som virker på marine konstruksjoner. Prosjektet ledes av SINTEF Ocean og finansieres av Norges forskningsråd (NFR) gjennom programmet kompetanse- og samarbeidsprosjekter for næringslivet (KPN). KPN-programmet skal bidra til næringsrettet forskerutdanning og langsiktig kompetanseoppbygging i norske forskningsmiljøer. De faglige temaene skal ha stor betydning for utviklingen av norsk næringsliv.

DRONER SOM TRUSSEL FOR SAMMENSTØT OG EKSPLOSIONER MOT KONSTRUKSJONER, KRITISK INFRASTRUKTUR OG SAMFUNNSFUNKSJONER

Økningen i bruken av droner kombinert med at de får stadig større rekkevidde, gjør disse problemstillingene meget aktuelle. Droner er kommet for å bli, og det er på tide å studere hvilke konsekvenser dette vil ha mot fysisk sikkerhet. Så langt finnes få studier på konsekvenser og skadeomfang fra droner. Tradisjonelt har trusselen vært større mengder eksplosiver plassert på bakkenivå. Droneteknologi er i ferd med å endre tankegangen rundt sikkerhet. Dagens teknologi muliggjør at relativt små ladninger med eksplosiver flyttes helt inntil og høyt opp på bygg og konstruksjoner. Objekteiere må derfor tenke helt nytt om hva et perimenter er. Teknologien har åpnet opp nye sårbarheter som kan utnyttes for de som har ondsinnede hensikter. Teknologien utgjør ikke bare en trussel i feil hender, men også et svært effektivt våpen.

SIMLab etablerte i 2019 et internasjonalt samarbeid rundt uønsket bruk av droner mot mennesker, sivile konstruksjoner, kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner. Prosjektet fikk navnet VOLCANO (Vulnerability of public spaces subjected to exploding dro-

nes), og er tenkt som et samarbeidsprosjekt mellom det franske forskningssenteret for romfart (ONERA) i Lille, EUs forskningssenter EU-JRC i Ispra (Italia), Royal Military Academy (RMA) i Brussel (Belgia) og SIMLab. Målsettingen er todelt: Man ønsker å undersøke konsekvensen av (1) droner i seg selv brukes til å gjøre skade på mennesker og konstruksjoner (i form av sammenstøt) og (2) droner kan brukes til å transportere eksplosiver tett inntil mennesker og konstruksjoner. Det er fortsatt interesse for VOLCANO, men det har ikke lyktes å skaffe finansiering til å følge opp denne problemstillingen.

MIDLERTIDIGE KJØRETØYSPERRER SOM HINDER FOR ANGREP FRA KJØRETØY

Denne aktiviteten ble initiert av NSM med utgangspunkt i at det finnes begrenset med regelverk og veiledere rundt bruk av midlertidige kjøretøysperrer som beskyttelse mot angrep fra kjøretøy. Med midlertidig menes kjøretøysperrer som ikke er forankret i bakken og som dermed kun kan motstå kjøretøyet med sin egen vekt og friksjon mot underlaget. Hovedfokus har vært på kartlegging av gjeldende praksis og regelverk for bruk av midlertidige kjøretøysperrer. Det er gjort innledende studier initiert av NSM for å se på motstandsevnen til denne typen kjøretøysperrer.

I forbindelse med dette arbeidet ble det arrangert et nasjonalt arbeidsmøte i samarbeid med JD (6. juni 2018). Vegard Aune deltok også på et internasjonalt arbeidsmøte rundt denne problematikken hos EU-JRC i Italia (20.-21. juni 2018). Erfaringer fra dette arbeidet er overført til Forsvarsbygg (FB) og Nasjonalt kompetansesenter for sikring av bygg (NKS).

IDENTIFISERE OG REALISERE INNOVASJONSPOTENSIAL I FORSKNINGRESULTATER

Dette prosjektet ble avsluttet ved utgangen av 2019. Det var knyttet opp mot Forskningsrådets program for forskningsbasert nyskaping (FORNY). SFI CASA fikk tildelt midler til prosjektet Matcards som en del av FORNY2020-programmet. Målet var å identifisere

og realisere innovasjonspotensialet i forskningsresultater.

SØKNADSSKRIVING OG ARBEID MED Å SKAFFE NYE FORSKNINGSPROSJEKTER

Det har blitt sendt søknader til både Forskningsrådets program for Forskerprosjekt for unge talenter (FRIPRO) og til det europeiske forskningsrådet for ERC Starting Grant (ERC StG). Begge disse ligger i kategorien Banebrytende forskning. ERC StG rettes mot Excellent Science og er en del av Pillar I i Horisont Europa.

Målet med disse søknadene er å utvikle nye måleteknikker som kan gi bedre innsikt i data fra forsøk på konstruksjoner som er utsatt for ekstreme påkjenninger. Dette vil være ny og grensesprengende teknologi som vil åpne helt nye muligheter for å bedre forstå kreftene som virker på konstruksjoner utsatt for ekstreme belastninger. Denne typen kunnskap vil ha stor betydning for vår evne til å planlegge sikre og bærekraftige konstruksjoner i fremtiden. Teknologien vil også kunne brukes til å nå opp i konkurranse om nye prosjekter som sikrer høyere på TRL-skalaen. Søknadene fikk topp karakterer, men nådde ikke frem i konkurransen om å få finansiering.

Dette bekrefter at det er hard og økende konkurranse om finansiering til banebrytende forskning. Dette understreker viktigheten av forutsigbar og langsiktig støtte til forskning, som kan øke den nasjonale konkurransevnen på vårt fagområde.

SIMLab ved NTNU har søkt JD om økonomisk støtte til å etablere et nasjonalt senter innen samfunnsikkerhet med fokus på undervisning og forskning knyttet til fysisk sikring av bygg og infrastruktur. Søknaden ble sendt i mai 2019 og senteret er tenkt som et tiårig forsknings- og undervisningsprogram innen samfunnsikkerhet. SIMLab er i løpende dialog med JD angående svar på denne søknaden.

HVOR SIKKERT ER SIKKERT NOK?

Photo: Colourbox



Nøkkelen til min og din trygghet ligger i den norske Sikkerhetsloven. Loven legger et tungt ansvar på alle virksomhetseiere som har såkalte skjermingsverdige objekter. Dette er eiendom som må beskyttes mot handlinger som truer nasjonale sikkerhetsinteresser. Som politiets eller Forsvarets bygninger, anlegg knyttet til strømforsyning og vannforsyning, datasentraler, og olje- og gassinntallasjoner. Virksomhetseierne må altså selv vurdere risiko og sørge for sikring.

Men hvor sikkert er sikkert nok?

RISIKO OG SÅRBARHET SKYVES VIDERE

Både informasjonssystemer og skjermingsverdige objekter er underlagt Sikkerhetsloven. Men i dag er det skjevheter i sikringsarbeidet. Mens kravene til sikring av informasjonssystemer er tydelige, har kravene til objektsikkerhet store mangler. Sikkerhetsloven er klar på utpeking av skjermingsverdige objekter. Dette er departementenes ansvar. Den er også klar på hva som er et forsvarlig sikkerhetsnivå. Problemet er at det ikke finnes noe regelverk for hvordan virksomhetseierne skal oppnå dette sikkerhetsnivået. Dermed skyves risiko og sårbarhet også over på alle oss andre.

BYGGER PÅ MILITÆRT REGELVERK

Sikkerhetsloven med tilhørende forskrifter er utydelig fordi den gir et stort tolkningsrom. Loven har både en funksjonell og en tillitsbasert tilnærming. Det første betyr at den tar utgangspunkt i standarder. Disse er frivillig å bruke, men når de brukes så er de grunnleggende krav til motstandsevne oppfylt. Utfordringene når det kommer til fysisk

sikkerhet er at det rett og slett ikke finnes slike standarder. Dagens praksis ble bygd på et militært regelverk. Men tidene og trusselbildet har endret seg. Dagens sivile bygg og infrastruktur har helt andre forutsetninger enn militære installasjoner for å motstå ekstreme belastninger – enten de skyldes sabotasje, terror, ekstremvær eller naturskader.

MANGLER TEKNISKE KRAV TIL FYSISK SIKRING

Dagens sikkerhetskultur har derfor klare svakheter. Vi mangler tekniske krav til hvordan vi skal oppnå et forsvarlig sikkerhetsnivå, samtidig som den enkelte ingeniørs kompetanse avgjør hvor sikre tiltakene er. At vi baserer oss på kunnskapen og erfaringen til den som skal sørge for beskyttelsen, er også en risiko.

HANDLER PÅ FØLELSER

Historien viser at vi går i riktig retning hver gang trusler og ubehag kommer nært nok. Angrepene mot USA 11. september 2001 er den hendelsen som hittil har hatt størst innvirkning på samfunnsikkerheten globalt. I Norge endret 22. juli 2011 vår nasjonale tilnærming til sikkerhet. Det som skjedde da, vil med stor sannsynlighet aldri skje en gang til. En fremtidig hendelse vil mest sannsynlig utfolde seg på en annen måte. Allikevel bruker vi 30 milliarder kroner på å beskytte oss mot hendelsen i 2011.

LØPER ETTER TRUSLENE

Høsten 2022 fikk vi igjen bekreftet at det er plutselige hendelser som styrer engasjementet vårt for egen sikkerhet. Når trusler og ubehag kommer nært nok, handler vi. Sterke mistanker om sabotasje i Østersjøen jaget alle mann til pumpene for å

sikre norsk sokkel. Droner er blitt allemannseie og ferdes stadig der de ikke skal. I takt med at antall observasjoner øker, bruker vi stadig mer ressurser på å regulere bruken.

INGEN VEI UTENOM FYSISK SIKRING

Tiden er inne for å ta nye steg innen fysisk sikkerhet. Vi trenger et nytt nasjonalt kompetanseløft og et tydeligere nasjonalt regelverk på hvordan vi skal sørge for forsvarlig sikring av skjermingsverdige objekter. Deres motstandsevne er den siste skansen som beskytter oss. Når alt annet svikter, er det den fysiske sikringen som avgjør følgene i form av at verdier, og, enda verre, menneskeliv går tapt. Summen av alle sikringstiltakene avgjør hvor sårbare vi er.

HULLENE I LOVEN MÅ TETTES

Selvsagt kan vi ikke oppgradere olje og gassnett med 9 000 kilometer bombesikre rørledninger. Kontorbygg kan ikke erstattes av bunkere uten vinduer. Vi bør sette en fot i bakken og inn i en helhetlig tilnærming. Balansert sikring må stå sentralt helt fra start i store bygge- og beslutningsprosesser. Vi må spørre: Hvilke tekniske krav må en risikovurdering egentlig oppfylle for skjermingsverdige objekter? Hvordan sikres det at vurderinger er vel utført og tiltak gjennomført? Skal kontroller skje først når trusselnivået blir ubehagelig? Og hvor står vi da i kappløpet mot trusselbildet?

Vi trenger å styrke vår felles sikkerhetskultur. Kunnskap avgjør hvor sårbare vi er. Kravene til kompetanse må skjerpes. Og vi må fjerne mulighetene for at lowerket som skal beskytte oss bidrar til å gjøre oss enda mer sårbare.



ET KRÆSKURS FOR STORTINGS-POLITIKERE

Når politikerne banker på, står de ansatte ved SFI CASA alltid parat til å vise fram hvordan Senteret jobber med fysisk sikkerhet. 1. september 2021 ble stortingsrepresentantene Espen Barth Eide, Jorodd Asphjell og Eirik Sivertsen fra Arbeiderpartiet introdusert for SFI CASAs forskningsvirksomhet. Professor Magnus Langseth holdt sin presentasjon i den store hallen ved siden av den imponerende Sparkemaskinen. Her ble de engasjerte politikere vitne til en kollisjonstest av et aluminiumsprofil i 40 km/t. Etterpå benyttet forskere og politikere anledningen til å diskutere fremtiden for forskningsgruppen SIMLab når SFI CASA avvikles i 2023. Deretter fikk politikere en omvisning i senteret, blant annet med besøk i

det ballistiske laboratoriet. Deretter viste førsteamanuensis Vegard Aune fram det nesten 20 meter lange spesiallagde sjokkrørets muligheter for studier og måling av eksplosjonslaster. SIMLab og SFI CASA-forskere utsetter aluminium-, stål-, glass- og betongplater for eksplosjonstrykk i denne riggen. Under besøket var forskergruppens rolle i utdanningen et viktig tema. Gruppen er verdensledende på hvordan materialer og konstruksjoner oppfører seg under ekstreme belastninger. Sivil- og doktorgradsingeniører fra SIMLab er opplært til å bruke de nyeste verktøyene og tenke helhetlig rundt fysisk sikkerhet; Gruppen produserer ikke bare forskning, men også kandidater for offentlig og privat sektor.

EKSPLOSJONER I TRANGE ROM



I løpet av noen dager våren 2022 detonerte 30 sprengladninger inne i ett av Forsvarsbyggs testanlegg et sted i Norge. Bak ødeleggelsene ligger SFI CASA og partner Forsvarsbyggs felles mål om å få ny kunnskap om hva som skjer når detonasjoner utløses på nært hold. Flere studier viser hvordan eksplosjonshendelser på lengre avstand påvirker eksplosjonsbelastede konstruksjoner. «Dermed vet vi ganske mye om hva som skjer når betydelige sprengladninger detonerer i en lengre avstand fra kritisk infrastruktur. Slike hendelser har vært den mest vanlige trusselen i et historisk perspektiv», sier førsteamanuensis Vegard Aune.

Detonasjoner på nært hold øker imidlertid kompleksiteten gjennom samspillet mellom eksplosjonstrykket og ekspanderende detonasjonsprodukter som ildkuler. Dagens beregningsverktøy muliggjør avanserte simuleringer.

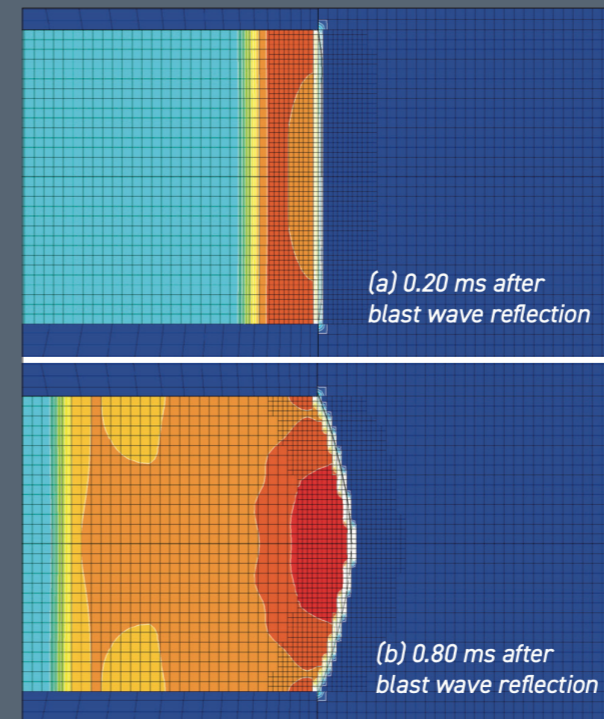
«Vi må utfordre de eksisterende modellene og se hvordan de forutsier effektene av eksplosjoner tett på konstruksjonen og i små, trange rom», Aune forklarer at disse lastemiljøene er ennå ikke fullt ut forstått.

Det sentrale spørsmålet er «hva er egentlig lasten». Dette er en kritisk usikkerhet fordi lasten bestemmer materialets og konstruksjonens oppførsel.

«Vi ønsker å svare på dette spørsmålet for å identifisere pålitelige modeller som kan brukes i design», sier Vegard Aune.

Dr. Ole Vestrum, senioringeniør og forsker ved Forsvarsbygg, sier hensikten er å bli bedre kjent med det å studere og beregne eksplosjonsbelastninger. «Arbeidet er en del av Forsvarsbyggs kontinuerlige forskningsarbeid. Målet er å danne et best mulig grunnlag for rådgivningsoppdragene våre», sier Vestrum.

BETYDNINGEN AV SAMSPILL OG MOTSTANDSEVNE



I september 2021, på den 13. DYMAT-konferansen, delte førsteamanuensis Vegard Aune ny innsikt om samspillet mellom eksplosjonslast og konstruksjonsrespons. Han presenterte forskning om betydningen av samspillseffekter på motstandsevnen til stålplater utsatt for eksplosjonstrykk.

Samspillet oppstår når en fleksibel konstruksjon beveger seg sammen med lufttrykket. I dette tilfellet luft fra trykkbølgene som oppstår under en eksplosjon. Ifølge Aune forstår vi ikke helt betydningen av samspillseffektene på konstruksjonsresponsen. Derfor er det nødvendig å utvikle en metodikk for å identifisere scenarier der samspill er avgjørende i design av sivile konstruksjoner. Teamet hans har dedikert mye tid og ressurser i arbeidet med å etablere en slik metodikk. Målet er å få en bedre forståelse av fysikken i slike samspill mellom ekstreme belastninger og konstruksjonsrespons.

Det første steget er å bruke eksperimentelle data for å validere numeriske simuleringer. Deretter brukes numeriske simuleringer for å studere samspillseffektene. Denne tilnærmingen tillater detaljerte studier og ny innsikt i de fysiske fenomenene. Aunes medforfattere på studien han presenterte på DYMAT er professorene Magnus Langseth og Tore Børvik (SIMLab og SFI CASA) og Georgios Valsamos og Folco Casadei (European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italia).

VEGARD AUNE DELTAR I NTNU'S STJERNEPROGRAM

Vegard Aune ble i 2022 tatt opp blant 25 nøyte utvalgte deltakere i NTNUs Stjerneprogram. Programmet tilrettelegger for faglig utvikling og merittering som skal kvalifisere noen av NTNUs fremste forskertalenter for internasjonalt ledende forskerkarrierer.

«Dette er en virkelig flott og unik mulighet til å konsentrere seg om forskning de neste fire årene,» sa Aune da nyheten om utvelgelsen kom.

Siden 2014 har NTNU lagt til rette for faglig utvikling og meritter gjennom Stjerneprogrammet for mer enn 90 forskere. Alle de utvalgte er allerede internasjonalt anerkjent på sitt felt. Et viktig bidrag fra ordningen er å kvalifisere deltakere til fremragende stipend, som for eksempel European Research Council (ERC) Grants. Videre må deltakerne prioritere engasjementer og aktiviteter som støtter utviklingen av banebrytende forskning.

«Jeg ser på dette som en parallell til toppidrett. Du støttes med tilrettelegging og i å konsentrere deg om forskningen. Det handler om å yte sitt beste ved å prioritere riktig og rydde plass til det som er viktig», sier Aune. Aunes utvalgte mentor er Professor Vikram S. Deshpande fra Universitetet i Cambridge. Deshpande er leder for Cambridge Solid Mechanics Group. De to forventes å jobbe tett. Sammen skal de etablere en karriere- og forskningsplan for publikasjoner, samarbeid, bevilgninger, prosjekter og forskningsopphold. Planen skal legge grunnlaget for at Aune skal kvalifisere seg som en internasjonalt ledende forsker innen sitt felt.





VEIEN VIDERE

Photo: Colours

Toppforskning og toppidrett har mange likheter. Begge grener krever vilje, ambisjoner, utholdenhet – og ikke minst ressurser og målrettet satsing over flere år. Gjennom flere tiår har forskningsgruppen SIMLab (Structural Impact Laboratory) bygget opp internasjonalt ledende kompetanse innen oppførsel til materialer og konstruksjoner utsatt for støt- og kollisjonslast. De siste 16 årene har gruppen drevet to Sentre for forskningsdrevet innovasjon (SFI). Det siste, SFI CASA, avsluttes i 2023. Det er mange som har bidratt til å gjøre SIMLab til et fremragende forskningsmiljø innen fysisk sikkerhet.

Takket være samarbeidet med Justis- og beredskapsdepartementet (JD) har fagmiljøet blitt styrket ytterligere. JD har styrket SFI CASA sitt bidrag for å heve nivået på utdanning og forskning på fysisk sikkerhet i Norge. Samtidig har aktiviteten og ressursene i SFI CASA gitt JD meget god avkastning på støtten. Summen av dette gjør at vi står bedre rustet i møte med fremtidige utfordringer knyttet til konstruksjoner utsatt for ekstreme laster. Spørsmålet nå er hvordan vi skal forvalte denne kunnskapen videre. Svaret handler fort om finansiering av forskning.

TØFF KONKURRANSE OM FINANSIERING

Om all forskningsfinansiering overlates til virkemiddelapparatet, kan det fort ende som i toppidretten: Små marginer skiller suksess og «stang ut». Ett

eksempel er søknadsprosesser mot Forskningsrådet og EU. Dagens tøffe konkurranse betyr at selv søknader med toppkarakterer ikke når opp. Flere søknader i tetsjiktet får avslag fordi det er flere fremragende prosjektforslag enn det finnes penger til. Når alt annet er likt, så kan det faktisk også være snakk om flaks eller uflaks med tanke på hvem som evaluerer søknadene.

FYSISK SIKRING FALLER MELLOM STOLER

Vi lever i en urolig og utfordrende tid. Nye trusler, ny teknologi og ny politikk setter sitt preg på beskyttelse-, sikring-, og sikkerhetsfeltet. Samtidig ser vi at ekstremvær og ras kommer hyppigere, blir kraftigere og gir større ødeleggelser. Transport-, industri-, og energisektoren møter også skjerpede krav til fysisk sikkerhet.

Den nyeste Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning (LTP) (2023-2032) understreker viktigheten av fysisk sikkerhet: Én av seks prioriteringer gjelder samfunnsikkerhet og beredskap. Men denne prioriteringen er foreløpig ikke synlig i utlysninger i virkemiddelapparatet. Fysisk sikring ser ut til å falle mellom stolene til de andre tematiske satsningsområdene.

FYSISK SIKKERHET ET OFFENTLIG ANSVAR

Fysisk sikkerhet er det offentlige sitt ansvar. Derfor må myndighetene sikre langsiktig finansiering av sterke fagmiljøer. Vi trenger å utdanne fremtidens

sivilingeniører. Vi trenger å forske på motstandsevnen til utsatte konstruksjoner. Fremtidens beslutninger må være faktabaserte og bygge på førstehånds kompetanse om sikringsfaget. Vi trenger å balansert sikring står sentralt helt fra start i store bygge- og beslutningsprosesser. Kostnadene ved et sikkerhetstiltak skal stå i et rimelig forhold til det som kan oppnås ved tiltaket. Dette krever solid kompetanse.

Virkemiddelapparatet satser mer og mer på målrettede samfunnsoppdrag, eksempelvis EUs «missions» gjennom Horisont Europa. Her er det helt klart viktig å bidra aktivt for å anvende forskning til å nå ambisiøse målsettinger. Slike prosjekt baserer seg på å løse vanskelige og klart definerte samfunnsproblemer innen en kort tidsfrist (2-3 år). Men vi må ikke glemme viktigheten av den fundamentale grunnforskningen for å være i posisjon til å løse slike «missions» også i fremtiden.

INGEN FINANSIERING, INGEN UTDANNING OG FORSKNING

Master- og doktorgradskandidatene fra SIMLab er brobyggere mellom akademia og industri. De bidrar til å omsette forskning i nyskaping. Uten ny finansiering må fagmiljøet starte forberedelsene på en nedbygging nå. Samtidig starter en ny, tid- og ressurskrevende prosess med å bygge seg opp på nye områder. Planlagt etter- og videreutdanning, som kan heve bestillerkompetansen i privat og of-

VEIEN VIDERE forts.

fentlig sektor, må skrinnlegges. Store investeringer vil gå tapt. Særdeles velutstyrte og unike laboratorier må rigges ned, fordi arealer på NTNU nå er under kraftig press. Uten laboratorier, ingen undervisning og forskning. Konsekvensen er et sterkt redusert tilbud for utdanning av sivilingeniører innen sikringsfaget. Forskningsmiljøet vil videre tape konkurransekraft i den stadig tøffere kampen om forskningsmidler.

GRUNNFORSKNING: STATLIG ANSVAR

Vi må ha gode og solide forskningsmiljøer som holder et høyt internasjonalt nivå både innen anvendt forskning og grunnforskning. Grunnforskningen bygger en kunnskapsberedskap som på lengre sikt kan ende opp i vellykkede innovasjoner eller løse helt nye samfunnsutfordringer som kan oppstå. Den grunnleggende, nysgjerrighetsdrevne forskningen er et av fundamentene som framtidens kunnskapsfunn skal bygge på. Nysgjerrighetsdrevet forskning av høy kvalitet er avgjørende for hvordan vi møter store samfunnsutfordringer, både de vi kjenner og de ukjente som kommer. Ved å satse på de beste faggruppene, står vi stødigere.

MÅ FINANSIERE GODE FORSKNINGSGRUPPER

De ulike departementene har ansvaret for forskningen innenfor sine fagområder. Langsiktig finansiering av fremragende forskningsgrupper er avgjø-

rende for å nå strategiske mål om å utvikle flere og bevare internasjonalt anerkjente fagmiljø. Denne type direkte grunnfinansiering fra departementene er praksis i Europa og ellers i verden. Hensikten er å sikre kompetansebygging, utdanning og forskning.

Departementet må sikre at det er aktuelle utlysninger i Forskningsrådet som omfatter fysisk sikkerhet. Finansiering fra virkemiddelapparatet må komme i tillegg til grunnfinansiering av forskningen, da vi er sårbare for endringer i tildelinger fra virkemiddelapparatet. Langsiktig grunnfinansiering fra departementene sikrer kontinuerlig undervisning og forskning på vårt felt.

LANGSIKTIG FINANSIERING ER EN FORUTSETNING FOR REKRUTTERING

Norge trenger at flere norske statsborgere tar mastergrad og doktorgrad innen fysisk sikkerhet. Vi er også avhengige av at disse kandidatene kan sikkerhetsklareres. Gjennom to SFI-er har forskningsgruppen SIMLab utdannet 20-30 norske masterkandidater per år. I tillegg kommer over 60 doktorgradskandidater. Over 70 prosent av disse har vært norske statsborgere.

Det siste tallet står i sterk kontrast til andre fagmiljøer som sliter med å rekruttere norske kandidater. Langsiktig finansiering har vært avgjørende. Har man det, kan arbeidet med å finne de beste star-

te tidlig, ofte 1-2 år før kandidaten ansettes som doktorgradsstipendiat. En slik strategi blir bortimot umulig med kortsiktig finansiering og mindre forskningsprosjekter.

Utdanning av norske kandidater sikrer at vi beholder kompetansen i norsk næringsliv. Det vil også muliggjøre kontinuitet i satsning på yngre forskertalenter. På toppen av dette gir langsiktig finansiering økt konkurransevne i kampen om nye prosjekter.

KVALITET VISES BEST OVER TID

Den beste indikatoren for å indentifisere gode forskningsgrupper er kvalitet gjennom internasjonalt anerkjent forskning over tid. Kvalitetssikring av forskning skjer gjennom publisering i anerkjente tidsskrift. Dette er avgjørende for samarbeid med de beste fagmiljøene internasjonalt. SIMLab ved NTNU er internasjonalt ledende på sitt fagfelt. Vi har i flere år arbeidet for å få etablert et Nasjonalt senter innen fysisk sikkerhet. Senteret skal ha overordnet ansvar for undervisning og forskning knyttet til fysisk sikring av bygg og infrastruktur.

Vi håper Justis- og beredskapsdepartementet viderefører sin nasjonale satsning mot fysisk sikkerhet. Denne satsningen gjør oss i stand til å møte fremtidige samfunnsutfordringer på dette området.

BIDRAGSYTERE PUBLIKASJONER MØTEPLASSER

Bidragstyttere, publikasjoner og utvalgte møteplasser

Faste vitenskapelig ansatte

Tore Børvik (Professor NTNU, SFI CASA)
Magnus Langseth (Professor NTNU, SFI CASA)
Vegard Aune (Prosjektleder, Førsteamanuensis NTNU, SFI CASA)

Kommunikasjon

Sølvi Marie Waterloo Normannsen
(Informasjonsmedarbeider NTNU, SFI CASA)

Masterstudenter

2018 B. S. Elveli, M. B. Iddberg.
2019 A. Hald.
2019 A. Berrum, C.-M. R. Bjorvand.
2019 H. H. Kristiansen, G. Sigstad.
2020 J. Sørbo.
2020 O. Celius, M. L. Knoph.
2020 A. M. Gahre, R. H. Haug.
2020 S. H. L. Johansen.
2021 V. S. Hjelmland.
2021 I. Gislås, A. B. A. B. A. Syed.
2021 H. Næss.
2022 M. Bacher, A. M. Larsen.
2022 A. A. Resell.

Emne

Experimental and numerical study on perforated steel plates subjected to blast loading.
Dynamic response of steel plates subjected to combined impact and blast loading.
Dynamic response of flexible structures subjected to blast loading.
Dynamic response of blast-loaded steel plates with and without pre-formed holes.
Performance of perforated aluminium plates subjected to blast loading.
Plated aluminium structures exposed to extreme pressure loads.
Dynamic response of steel plates subjected to combined blast and impact loading.
Plated aluminium structures exposed to extreme pressure loads.
Fluid-structure interaction effects during the dynamic response of blast-loaded plated structures.
Dynamic response of flexible beams subjected to blast loading.
Plated offshore structures exposed to violent wave impact – Slamming structural response.
Thin steel plates subjected to confined, close-range blast loading.
Modelling of fluid-structure interaction with a cartesian grid method: Application to shock tube simulations

Doktorgradsstipendiat

2018-2022 B. S. Elveli.

Behaviour and modelling of steel plates subjected to combined blast and impact loading.

Postdoktor

2019-2021 R. Kaufmann.

Fluid-structure interaction during violent wave impact – Slamming structural response.

Forskere

2021-2023 R. Kaufmann. Reconstruction of surface pressures on plated structures impacted by extreme loading events.

Gjeste forskeropphold ved NTNU, SFI CASA

2019 Vincent Faucher, Forsker og seniorekspert, CEA, Cadarache, Frankrike.
2021 Ramón del Cuvillo Mezquita, Doktorgradsstipendiat, University Carlos III de Madrid, Spania.
2022 Luca Lomazzi, Doktorgradsstipendiat, Politecnico di Milano, Italia.

Inviterte presentasjoner og deltakelse på arbeidsmøter

2018 Magnus Langseth, Vegard Aune (begge NTNU, SFI CASA) og Geir Paulsrud (JD) arrangerte et arbeidsmøte om forskningsutfordringer innen sikker design i byplanlegging og sikring av det offentlige rom. Møtet ble avholdt 6. juni i JD sine lokaler ved Gullhaug Torg i Oslo. Målet var å samle nyttige innspill og erfaringer blant nasjonale aktører hva gjelder kjøretøysperrer rettet mot fysisk sikring av offentlige rom.
2018 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et arbeidsmøte ved forsknings-senteret EU-JRC i Ispra i Italia 20.-21. juni. Tema var fysisk sikring av offentlige rom med spesielt fokus på bruk av kjøretøysperrer. Vegard Aune presenterte resultatene fra diskusjonen i arbeidsmøtet som ble avholdt hos JD 6. juni.
2019 Magnus Langseth og Vegard Aune (begge NTNU, SFI CASA) deltok på et arbeidsmøte for å etablere en søknad for et prosjekt rettet mot droner som trussel for sammenstøt og eksplosjoner mot konstruksjoner, kritisk infrastruktur og samfunnsfunksjoner. Prosjektet fikk navnet VOLCANO og møtet fant sted i Onera, Lille, Frankrike, 20. februar.
2020 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 7. juli. Arbeidsmøtet var det første i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.

2020 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 25. november. Arbeidsmøtet var det andre i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.
2021 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 10. februar. Arbeidsmøtet var det tredje i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.
2021 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 14. desember. Arbeidsmøtet var det fjerde i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.
2022 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) var opponent for PhD avhandlingen til Tristan Julien, CEA Cadarache, Frankrike, 29. mars.
2022 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 31. mars. Arbeidsmøtet var det femte i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.
2022 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) deltok på et digitalt arbeidsmøte i regi av EU-JRC den 21. september. Arbeidsmøtet var det sjette i en serie arbeidsmøter om bruk av datasimuleringer for bedre beskyttelse mot kjøretøyangrep.
2023 Vegard Aune (NTNU, SFI CASA) holder en invitert forelesning i anledning et «Micromechanics seminar» ved Universitetet i Cambridge, 3. mars.

B. C. Abrahamsen, H. S. Alsos, V. Aune, E. Fagerholt, O. M. Faltinsen, Ø. Hellan. Hydroplastic response of a square plate due to impact on calm water. *Physics of Fluids* 32 (2020) 082103.
V. Aune, G. Valsamos, F. Casadei, M. Langseth, T. Børvik. Fluid-structure interaction effects during the dynamic response of clamped thin steel plates exposed to blast loading. *International Journal of Mechanical Sciences* 195 (2021) 106263.

B. S. Elveli, M. B. Iddberg, T. Børvik, V. Aune. On the strength-ductility trade-off in thin blast-loaded steel plates with and without initial defects – An experimental study. *Thin-Walled Structures* 171 (2022) 108787.
S. Olufsen, R. Kaufmann, E. Fagerholt, V. Aune. RECOLO: A python package for the reconstruction of surface pressure loads from kinematic fields using the virtual fields method. *Journal of Open Source Software* 7 (71) (2022) 3980. doi: 10.21105/joss.03980.
R. Kaufmann, S. Olufsen, E. Fagerholt, V. Aune. Reconstruction of surface pressures on flat plates impacted by blast waves using the Virtual Fields Method. *International Journal of Impact Engineering* 171 (2023) 104369. doi: 10.1016/j.ijimpeng.2022.104369.
B. S. Elveli, T. Berstad, T. Børvik, V. Aune. Performance of thin blast-loaded steel plates after ballistic impact from small-arms projectiles. *International Journal of Impact Engineering* 173 (2023) 104437.
B. S. Elveli, O. Vestrum, K. O. Hauge, T. Berstad, T. Børvik, V. Aune. Thin steel plates exposed to combined ballistic impact and partially confined airblast loading. *Engineering Failure Analysis* 144 (2023) 106943.

Bidrag internasjonale konferanser

R. Kaufmann, S. N. Olufsen, E. Fagerholt, V. Aune. Application of the Virtual Fields Method to Reconstruct Full-Field Surface Pressures During the Dynamic Response of Blast Loaded Steel Plates. Presented at the 16th International Conference on Advances in Experimental Mechanics - BSSM2022 (2022) Oxford, United Kingdom.
del Cuvillo, M. Costas, V. Aune, T. Børvik, J. A. Artero-Guerrero, J. Parnas-Sánchez, J. López-Puente, Carbon fibre composite exposed to blast loading: A preliminary study, Presented at the 3rd International Conference on Impact Loading of Structures and Materials - ICILSM 2022 (2022) Trondheim, Norway.
B. S. Elveli, T. Børvik, V. Aune. Blast resistance of perforated steel plates. Presented at the 3rd International Conference on Impact Loading of Structures and Materials - ICILSM 2022 (2022) Trondheim, Norway.
R. Kaufmann, S. N. Olufsen, E. Fagerholt, V. Aune. The Virtual Fields Method for Reconstruction of Impact and Blast Loading. Presented at the 3rd International Conference on Impact Loading of Structures and Materials - ICILSM 2022 (2022) Trondheim, Norway.
L. Lomazzi, A. Manes, F. Cadin, D. Morin, V. Aune. Data-driven approach to account for fluid-structure interaction effects on blast loaded steel plates. Presented at the 3rd International Conference on Impact Loading of Structures and Materials - ICILSM 2022 (2022) Trondheim, Norway.
R. Kaufmann, B. C. Abrahamsen, Ø. Hellan, E. Fagerholt, V. Aune. Full-field reconstruction of wave slamming pressures. Presented at the 74th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics – APS DFD (2021) Phoenix, Arizona, USA.
K. A. Brekken, R. Kaufmann, V. Aune, M. Langseth, T. Børvik. Shock tube testing of deformable structures: A novel experimental set-up. Presented at the 15th International Conference on Advances in Experimental Mechanics for the British Society for Strain Measurement – BSSM (2021) Virtual, Online.
V. Aune, G. Valsamos, F. Casadei, M. Langseth, T. Børvik. Influence of fluid-structure interaction effects on the ductile fracture of blast-loaded steel plates. Presented at the 13th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading – DYMAT (2021) Madrid, Spain.
B. S. Elveli, T. Børvik, V. Aune. Influence of material properties on the performance of blast-loaded steel plates with pre-cut defects. Presented at the 13th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading – DYMAT (2021) Madrid, Spain.
R. Kaufmann, E. Fagerholt, V. Aune. Surface pressure reconstruction in shock tube tests using the Virtual Fields Method. Presented at the annual conference for the Society for Experimental Mechanics – SEM Annual (2021) Virtual, Online.
B. S. Elveli, T. Børvik, V. Aune. Blast-load response of thin steel plates after ballistic impact from small-arms projectiles. Presented at the conference of Light-Weight Armour for Defense & Security, LWAG (2019), Roubaix, France.
V. Aune, G. Valsamos, F. Casadei, T. Børvik. Aspects of fluid-structure interaction on the dynamic response of blast-loaded metallic plates. Presented at the conference of Light-Weight Armour for Defense & Security, LWAG (2019), Roubaix, France.
H. Granum, V. Aune, T. Børvik, O.S. Hopperstad. Aluminium plates with pre-formed slits subjected to blast loading. Aluminium Innovation Workshop, European Aluminium (2019), Trondheim, Norway.
H. Granum, V. Aune, T. Børvik, O. S. Hopperstad. Aluminium plates with pre-for-

med slits subjected to blast loading. Presented at the 12th International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading – DYMAT (2018) Arcachon, France.
V. Aune, F. Casadei, G. Valsamos, M. Langseth, T. Børvik. A shock tube used to study the dynamic response of blast-loaded plates. Presented at the 18th International Conference on Experimental Mechanics – ICM18 (2018), Brussels, Belgium.

Publiserte datasett

R. Kaufmann, S. N. Olufsen, E. Fagerholt, V. Aune. Experimental data for force reconstruction using impact hammer and deflectometry. *DataverseNO* (2021) <https://doi.org/10.18710/TKS751>
R. Kaufmann, V. Aune. Experimental data for Reconstruction of Surface Pressures on Flat Plates Impacted by Blast Waves Using the Virtual Fields Method, *DataverseNO* (2022) <http://dx.doi.org/10.18710/GXKVUR>

Tekniske rapporter

F. Casadei, M. Larcher, G. Valsamos, V. Aune. A solution mapping algorithm in EUROPLEXUS. EUR – Scientific and Technical Research Reports, EUR 29259 EN. European Commission, Luxembourg (2018). ISBN: 978-92-79-86762-0.
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. Scoping calculations for the simulation of shock-loaded perforated plates with EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC 112046. European Commission, Luxembourg (2018).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. Implementation of friction in the pinball-based contact-impact model of EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC 112047. European Commission, Luxembourg (2018).
F. Casadei, V. Aune, G. Valsamos, M. Larcher. Contact detection by pseudo-nodal pinballs with mesh adaptivity in EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC 112048. European Commission, Luxembourg (2018).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. Characterization of a shock tube facility by EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC 112051. European Commission, Luxembourg (2018).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. Fluid-structure interaction with 3D beam and bar elements in EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC 117478. European Commission, Luxembourg (2019).
V. Faucher, V. Aune, S. Mokhtari. Experimental and numerical analysis of a transverse shock wave propagation through a flexible bundle using the SIMLab shock tube facility. CEA/DES Technical Note, CEA/DES/RESNE/DTN/Dir/2020-05-INDEX-A (2020).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, P. Galon, A. Beccantini, F. Daude, V. Aune. Recent developments in the couplings between Cell-Centred Finite Volumes in EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC123807. European Commission, Luxembourg (2021).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. On the visualization of fluid pressure acting on structures with embedded FSI algorithms in EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC123808. European Commission, Luxembourg (2021).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune, R. Kaufmann. Some preliminary tests to assess the extraction of numerical data from EUROPLEXUS to calibrate a load reconstruction procedure. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC123809. European Commission, Luxembourg (2021).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, P. Galon, A. Beccantini, F. Daude, V. Aune, N. Lelong. Implementation of a pipeline-based wall friction model in 2D/3D Cell-Centred Finite Volumes in EUROPLEXUS. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC124068. European Commission, Luxembourg (2021).
F. Casadei, G. Valsamos, M. Larcher, V. Aune. A database of EUROPLEXUS numerical models for the simulation of the NTNU shock tube facility and other test facilities. JRC Scientific and Technical Research Reports, JRC124311. European Commission, Luxembourg (2021).
R. Kaufmann, E. Fagerholt, V. Aune. Surface pressure reconstruction in shock tube tests using the Virtual Fields Method. In: Kramer S.L., Tighe R., Lin MT., Furlong C., Hwang CH. (eds) *Thermomechanics & Infrared Imaging, Inverse Problem Methodologies, Mechanics of Additive & Advanced Manufactured Materials, and Advancements in Optical Methods & Digital Image Correlation, Volume 4. Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series*. Springer International Publishing (2022), ISBN: 978-3-030-86745-4.



All the experts ...are experts on what was.
There is no expert on what will be.
To become an expert on the future, vision must replace experience.

David Ben-Gurion (1886-1973)