




Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

ÅRSRAPPORT 2022



Brynjar Fredus Svarva, Anne-Lise Aakervik, Ann Kristin Kvellheim, Thomas K. Thiis



VISJON:
«Å utvikle
nullutslippsnabolag (ZEN):
En samling bygninger
med netto null utslipp
av klimagasser i løpet
av sin livssyklus»



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

ZEN RAPPORT No. 48

Redaktører: Anne-Lise Aakervik (NTNU), Brynjar Fredus Svarva (NTNU), Ann Kristin Kvellheim (SINTEF), Thomas K. Thiis (NTNU)

Årsrapport 2022

Om ikke annet er avmerket NTNU, SINTEF eller andre ZEN partnere.

Forsidebilde: Nytt skolebygg på Fornebu. Foto: Brynjar F. Svarva

ISBN 978-82-536-1800-5 (trykt)

ISBN 978-82-536-1801-2 (pdf)

Norges teknisk naturvitenskapelige universitet (NTNU) | www.ntnu.no

SINTEF Community | www.SINTEF.no/community

<https://fmezen.no>

INNHOOLD

Det er nå det virkelig gjelder!	4
ZEN i 2022	7
Innovation in the ZEN Research Centre	8
Organisasjon ZEN forskningscenter	9
Våre partnere	11
Våre laboratorier	12
Del 2 Forskning i ZEN	14
Arbeidspakke 1: Analytisk rammeverk for planlegging av nullutslippsområder (ZEN)	16
Theory meets practice – are environmentally ambitious buildings economically viable?	18
<i>Teori møter praksis – er miljøriktige bygg økonomisk gjennomførbare?</i>	19
Geo-referenced building stock analysis as a basis for local-level energy and climate mitigation strategies	20
<i>Geo-referert bygningsmasseanalyse som grunnlag for lokale energi- og klimastrategier</i>	21
Arbeidspakke 2: Politiske virkemidler, innovasjon og forretningsmodeller	24
Better utilization of surplus heat	26
<i>Bedre utnyttelse av overskuddsvarme</i>	27
How to use green public procurement to reduce greenhouse gas emissions?	28
<i>Hvordan bruke grønne offentlige anskaffelser til å redusere klimagassutslipp?</i>	29
Arbeidspakke 3: Fleksible og energieffektive bygninger	32
Decision-making for Flytårnet area under uncertainties	34
<i>Valg av robuste designløsninger for fremtiden</i>	35
Energy retrofitting of a multi-building complex on the NTNU campus Gløshaugen towards zero emission neighbourhood.	36
<i>Energiretrofitting av sentralbyggene på NTNU campus Gløshaugen mot nullutslippsområde (ZEN)</i>	37
Arbeidspakke 4: Energifleksible områder	40
Generating load profiles for residential EV charging – Based on statistics	42
<i>Fremstilling av lastprofiler for elbillading ved boligbygg – Basert på statistikk</i>	43
How can thermal storage give flexibility in the grid?	44
<i>Hvordan kan termisk lagring gi fleksibilitet i nettet?</i>	45
Arbeidspakke 5: Optimalisering av områders energisystem	48
Energy efficiency and district heating for a more robust power system	50
<i>Energieffektivisering og økt bruk av fjernvarme for et mer robust kraftsystem</i>	51
Arbeidspakke 6: Pilotprosjekter og levende laboratorier	54
How to organize and plan for effective freight transport on campus sites?	56
<i>Hvordan organisere og planlegge for effektiv godstransport på campusområder?</i>	57
The urban microclimate – How does it affect the built environment and city dwellers in Norway?	58
<i>Hvordan urbant mikroklima kan påvirke bygninger og befolkningen i norske byer</i>	59
Del 3 Pilotområder og partnersamarbeid	62
Partnerprat	64
Drømmen om nullutslippsgården	68
Ønsker tett samarbeid om og med ZEN	70
Scener fra et partnerskap	72
Del 4 Kommunikasjon i FME ZEN	76
Forskerintervjuer	79
Kommunikasjonsaktiviteter i tall 2022	82
Rekruttering og forskerutdanning med fokus på Ph.d-kandidatene	83
International Cooperation at the ZEN Research Centre – 2022	84
Del 5 Appendix	86
Personale	88
Økonomistatus	93
Publikasjoner i 2022	95

DET ER NÅ DET VIRKELIG GJELDER!



Tonje Frydenlund
styreleder
ZEN Research Centre,
Snøhetta

Hva vi gjør i dag vil være avgjørende for fremtiden i våre lokalsamfunn, våre byer og verden rundt oss. Vi vet at klimakrisen, energikrisen og økende ulikhet forsterket av COVID-19-pandemien, krever nye løsninger. Derfor er forskningen og innovasjonen som skapes i FME senteret ZEN av stor betydning.

Pandemien har vist oss hvor raskt ting kan endre seg, men også hvor raskt vi evner å omstille oss. Vitenskapen forteller oss at vi må halvere klimagassutslippene innen 2030 hvis vi skal unngå store klimaendringer. En grunnleggende endring globalt er nødvendig i løpet av dette tiåret, og et slikt skifte virker mer mulig nå.

Mer enn 4 milliarder mennesker, halvparten av verdens befolkning, bor i byer. De er også kilden til to tredjedeler av klimagassutslippene som akselererer den globale oppvarmingen og klimaendringene. Klimatiltak og utslippsreduksjon i byer og nabolag er avgjørende for å nå det ambisiøse målet om netto nullutslipp. Byer står for 80 % av verdens BNP, to tredjedeler av det globale energiforbruket og mer enn 70 % av årlige globale karbonutslipp. Disse faktorene forventes å vokse betydelig i de kommende tiårene: det forventes at innen 2050 vil mer enn 70 % av verdens befolkning bo i byer, noe som resulterer i massiv vekst i etterspørselen etter ny energinfrastruktur.

Et nullutslippsområde har som målsetting å redusere sine direkte og indirekte utslipp av klimagasser mot null sett i et livsløpsperspektiv. På et overordnet nivå handler det om å redusere klimafotavtrykket vårt. Et nullutslippsområde er et område som er kompakt, integrert og godt forbundet med omkringliggende områder. Det innebærer å finne varige,

robuste og helhetlige løsninger innen materialbruk, energi, effekt og mobilitet på områdenivå.

Forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer; Zero Emission Neighbourhoods (FME ZEN) har gjennom prosjektperioden utviklet et kriteriesett og en beregningsmetodikk for hvordan man kan planlegge, formgi og drifte et område med et klimafotavtrykk relatert til energibruk, materialbruk, mobilitet og arealbruk som er tilnærmet null over livsløpet.

Innenfor et nullutslippsområde er det helt nødvendig å heve kravene til bygg og energisystemer i forhold til dagens praksis og standarder. Det må stilles høye krav til byggets totale klimagassutslipp, og en høy andel av sirkularitet, rehabilitering og ombruk er vesentlig. Bygene må i tillegg produsere nok fornybar energi til å kompensere for egne klimagassutslipp. I et ZEN nullutslippsområde løftes systemgrensen fra enkeltstående bygg til et større område. FME ZEN har derfor utviklet syv nøkkelindikatorer for nullutslippsområder. Versjon 4.0 av ZEN definisjonen er akkurat publisert.

Nøkkelindikatorene omfatter klimagassutslipp, mobilitet, energi, effekt, byform og arealbruk, økonomi og innovasjon. Det brede perspektivet og kriteriesettet krever at vi jobber med planlegging og utvikling av byområder på en helhetlig og tverrfaglig måte og evner å vurdere transportbehov og grønne mobilitetsløsninger, hvordan vi både produserer, bruker og deler energi, hvilken materialbruk vi benytter i bygg og uteanlegg og hvordan vi beriker våre nabolag med stedskvaliteter og bedre sammenheng i arealbruken.

ZEN-kriteriene for klimagassutslipp gjelder planlegging, beregning, utforming, gjennomføring og drifting av et nullutslippsområde med et samlet klimafotavtrykk relatert til de øvrige kategoriene innen energibruk, materialbruk, mobilitet og arealbruk, der hovedmålet er et klimagassutslipp tilnærmet null over livsløpet.

ZEN-kriteriene for mobilitet handler om å etablere og fremme bærekraftige transportmønstre og smarte mobilitets-systemer. Dette omfatter mer konsentrert plassering og utforming av bygg og infrastruktur, etablering av kollektive løsninger og nye modeller innen deling og utveksling, samt å legge bedre til rette for gående og syklende.

ZEN-kriteriene innen energi og effekt handler først og fremst om å redusere behovet for energi så mye som mulig, utnytte lokalt produsert fornybar energi, og etablere en god utnyttelse og deling av tilgjengelig energi. Videre handler kriteriene om å redusere effektbehovet innenfor området gjennom utveksling og sambruk av energi, bruk av ulike lokale energikilder for oppvarming og elektrisitet, og sikring av god utnyttelse, tilrettelegging for energifleksibilitet, energilagring og smart styring.

ZEN-kriteriet for byform og arealbruk fokuserer på å planlegge og legge til rette for fasiliteter, bygg og uteanlegg i området på en måte som sikrer gode stedskvaliteter og stimulerer til bærekraftig adferd. Sosial bærekraft med fokus på beboere og brukerne gjennom etablering av verdifulle fellesskapsløsninger er en integrert del av de ønskede løsningene.

ZEN-kriteriene innen økonomi og innovasjon omhandler hvordan nye løsninger kan tas i bruk på en økonomisk bærekraftig måte, slik at det skapes merverdi.

FME ZEN har en budsjettamme på om lag 400 millioner kroner over en prosjektperiode på 8 år. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) er vert og leder senteret sammen med SINTEF Community og SINTEF Energi. Senteret har 28 partnere fra hele verdikjeden som inkluderer kommunale og regionale myndigheter, statlige aktører og myndighetsorgan, grunneiere, utviklere, rådgivningsselskaper og arkitekter, IKT-selskaper, entreprenører, energiselskaper og produsenter av materialer og produkter. Sammen vil vi muliggjøre overgangen til et lavkarbonsamfunn ved å utvikle bærekraftige nabolag. Vi er overbevist om at våre fremtidige byer og lokalsamfunn

Styret

Anders Fylling, Statsbygg

Anna-Thekla Tonjer, Elverum vekst

Jørgen Nordahl, Statkraft

Leif Øie, GK

Marianne Skjulhaug, NTNU

Sigrud Strand-Hanssen, Asplan Viak

Siri Hunnes Blakstad, SINTEF

Tonje Frydenlund, Snøhetta

må ha optimal energibruk, og være gode steder for mennesker å leve og jobbe i.

Vi har 1,5 år igjen av forskningscenterets prosjektperiode og vi er nå inne i sluttpurten med fokus på oppsummering, konklusjoner og praktisk anvendelse. Arbeidet vårt gjennom disse 8 årene i FME ZEN senteret er kun en begynnelse, og ikke en slutt. Nå skal vi omsette kriteriesett, metodikk, verktøy, forskningsrapporter, innovasjoner, piloter, case og studier til varig praksis.

Det er nå det virkelig gjelder!



Vi er overbevist om at våre fremtidige byer og lokalsamfunn må ha best mulig energibruk, og være gode steder for mennesker å leve og jobbe i



Møt noen av folkene i ZEN: Fv: Brynjar F. Svarva (senterkoordinator), Dave Collins (innovasjonsleder), Francesco Goia (ZEN Verktøy), John Krogstie (ZEN IKT) Judith Thomsen (leder AP6) Thomas Berker (brukerkoordinering). Øverst i trappa: Helge Brattebø (leder AP1) Hanne L. Kauko (leder AP5), Igor Sartori (leder AP 4). Thomas K. Thiis (senterdirektør), Anne Kristin Kvellheim (leder AP2) Anne-Lise Aakervik (kommunikasjonsrådgiver) Laurent Georges (leder AP3). Foto: Thor Nielsen

“ Håndtering av krisene viser oss at samfunnet er i stand til å omstille seg raskt hvis vi må

ZEN | 2022

I løpet av 2022 har FME ZEN fått enda flere bevis for at arbeidet vi gjør i senteret er viktig, ikke bare for byggebransjen her i Norge, men også i resten av verden. Til tross for planer og lovnader fra verdens land om å kutte utslipp, ser vi at dette ikke gjøres i praksis. Dette adresserte FN's generalsekretær António Guterres i sterke ordlag under åpningen av COP 27 i Egypt der også det bygde miljøets betydning for klimaet ble tatt opp.



Thomas Kringlebotn Thiis
Senterdirektør FME ZEN,
professor NTNU.

I 2022 fortsatte CO₂ konsentrasjonen i atmosfæren å øke samtidig som mange av de alvorlige ekstremværhendelsene oftere og oftere knyttes til klimaendringene. I tillegg til de alvorlige klimautfordringene har den geopolitiske situasjonen blitt akutt mye mer alvorlig.

Hvis vi skal kunne finne noe positivt i dagens situasjon er det kanskje at krisene har skjerpet fokus mot problemløsning. Samtidig viser håndtering av krisene oss at samfunnet er i stand til å omstille seg raskt hvis vi må. For byggenæringens del betyr det å redusere energibruk og CO₂-utslipp og bidra til ny fornybar energiproduksjon der det er mulig på tak og fasader. Definisjonene av nullutslippsbygg og nullutslippsområder bidrar til dette. Definisjonen av nullutslippsområder bidrar også til smartere energibruk, mindre effektbehov, mer miljøvennlig mobilitet.

I EU er det nå stort trykk på å bygge ut mer fornybar energi, samtidig som nye krav vil føre til at bygninger bruker mindre energi. Interessant nok blir det etter hvert stilt krav om at alle offentlige bygninger i EU skal utstyres med lokal energiproduksjon i tillegg til at alle nye bygninger i EU være «Zero Emission» i 2030. Disse to brikkene er viktige i vårt ZEN konsept der prinsippet er at den lokale produserte energien skal kompensere for klimagass bundet i byggematerialene (embodied).. Prinsippet ble utviklet i ZEB og er videreført i ZEN.

Som du kommer til å lese i denne årsmeldingen er ZEN mye mer enn dette. Gjennom ZEN senteret har vi i 2022 uteksaminert syv Ph.d.-er. Dette er menneskene som skal lede an på kunnskapsfronten når vi går gjennom de store endringene som må til for å oppnå målsetningene i internasjonale avtaler. Vi har nå fått på plass en metode for å analysere energibehovet i bygningsmassen og hvordan ulike alternativer for å dekke dette påvirker CO₂. Dette verktøyet vil være nyttig når norske byer skal nå målene sine om å bli nullutslippsbyer. For å klare dette målet må vi utnytte all tilgjengelig energi, også den som i dag forblir utnyttet som spillvarme. Du kan i årets rapport lese om hvordan ZEN har jobbet med utnyttelse av overskuddsvarme.

Byene våre må også være gode å bo i. I et annet ph.d.-arbeid har vi jobbet med hvordan lokalt klima påvirker menneskene i byene. Ettersom antallet ekstreme varmhendelser øker i styrke og antall kan dette (dessverre) bli viktig kunnskap som både påvirker energiforbruk og folkehelse.

ZEN senteret er et forskningssenter som skal finne ny kunnskap, men vi vet at vi har dårlig tid til å redusere klimagassutslippene. Derfor etterstreber vi å være nærme på realitetene i byggenæringen. I denne årsrapporten kan du også lese om realitetene når teori møter praksis på Ydalir i Elverum.

INNOVATION IN THE ZEN RESEARCH CENTRE



Dave Collins
Innovation Manager
FME ZEN

In 2022 the ZEN Centre has continued with its innovation output, facing unstable and dynamic challenges both in Norway and internationally. Despite these challenges, the systematic opening up of society from the first quarter of 2022 provided scope for the centre to conduct research and innovation activities without many of the challenges that were previously posed by the Covid-19 pandemic.

Centre activities have continued producing publications and reports to continue disseminating varied output. ZEN has produced and published a report on key performance indicators in zero-emission neighbourhoods. This is complemented by publications concerning the ZEN definition, in the form of a guideline for the development of ZEN pilot areas. Collaboration with other FMEs continues as a means for an exchange of ideas and collaborations to further their respective interests.

ZEN's mid-term project evaluation identified approximately 70 innovation results, with 32 innovations being outlined in the centre's 2020 'Innovation Report'. These innovations outline the ongoing output of the centre and provide a platform to develop them further, both within the academic arena and society.

The ZEN innovation committee (see text box) has been an important resource for centre management through 2022. The committee contributes to the establishment of excellence in innovation processes in terms of the interface between the user partners and the research partners. The committee also acts to ensure the execution of the innovation work plan established for the period 2022-2023.

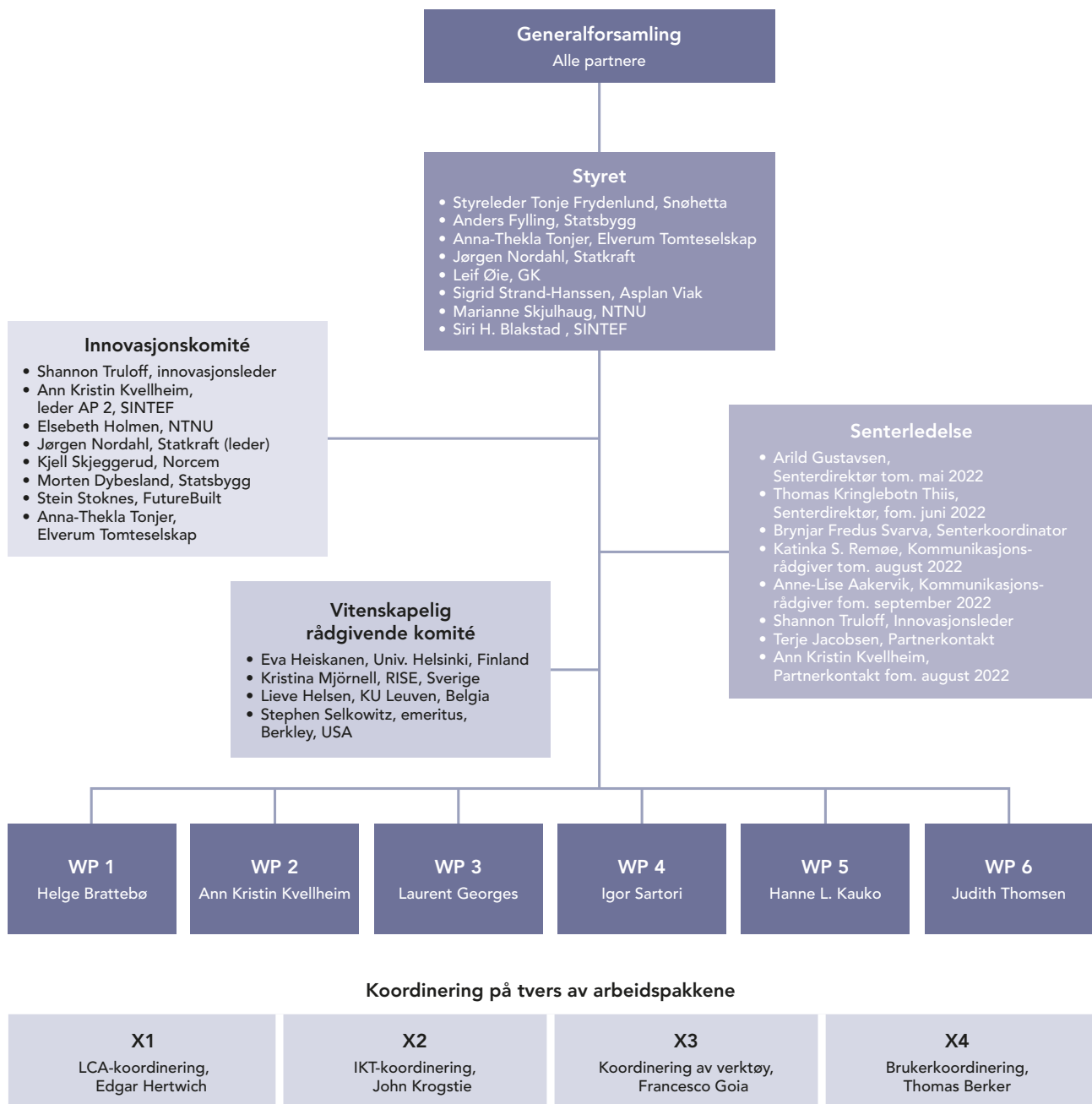
In terms of results, 2022 proved to be a productive period for innovation in ZEN. The year closed out with a final draft of an 'exploitation plan' which will be published by Q2 of 2023. There has also been a consistent effort to further promote and encourage an innovation culture at ZEN. These activities have consisted of workshops, meetings, and lectures on innovation, as well as providing an overview of innovation activities across all of the work packages.

The possibilities to encourage innovation practices (both old and new) will continue at ZEN. In January 2023 the centre hired a new Innovation Manager, Dave Collins, to provide assistance and support on some of the more strategic aspects of ZEN's innovation processes. Further work will also be done on simplifying the communication pathways for innovation across the entire centre for both monitoring and simplifying the possibilities for exploitation.

INNOVATION COMMITTEE:

Ann Kristin Kvellheim	Leader AP 2, SINTEF
Elsebeth Holmen	NTNU
Jørgen Nordahl	Statkraft (leader)
Kjell Skjeggerud	Norcem
Morten Dybesland	Statsbygg
Stein Stoknes	FutureBuilt
Anna-Thekla Tonjer	Elverum Tomteselskap

ORGANISASJON ZEN FORSKNINGSSENTER





VÅRE PARTNERE

PARTNERNE I ZEN FORSKNINGSSENTER er viktige for at vi skal oppnå målene våre. Vi har partnere som har sentrale roller innen blant annet design og utvikling av nabolag og energisystemer. Dette inkluderer representanter fra kommunale og regionale myndigheter, eiendomsbesittere, utviklere, konsulenter og arkitekter, IKT-selskaper, entreprenører, energiselskaper, produsenter av materialer og produkter. Et godt partnersamarbeid sikrer at resultatene tas videre og i bruk av industri, næringsliv og virkemiddelapparatet.



VÅRE LABORATORIER



Sentralt i FME ZEN står ZEB-Laboratoriet. Både bokstavelig, det er vårt nullutslippskontorbygg, og forskningsmessig, da det foregår forskning på hvordan klimatilpassede og bærekraftige løsninger oppfører seg, samt på energiproduksjon og forbruk.

ZEB-Laboratoriet fikk i 2022 to høythengende priser for sin arkitektur og som et kunnskapssenter for bærekraftig bygging og energiforbruk.

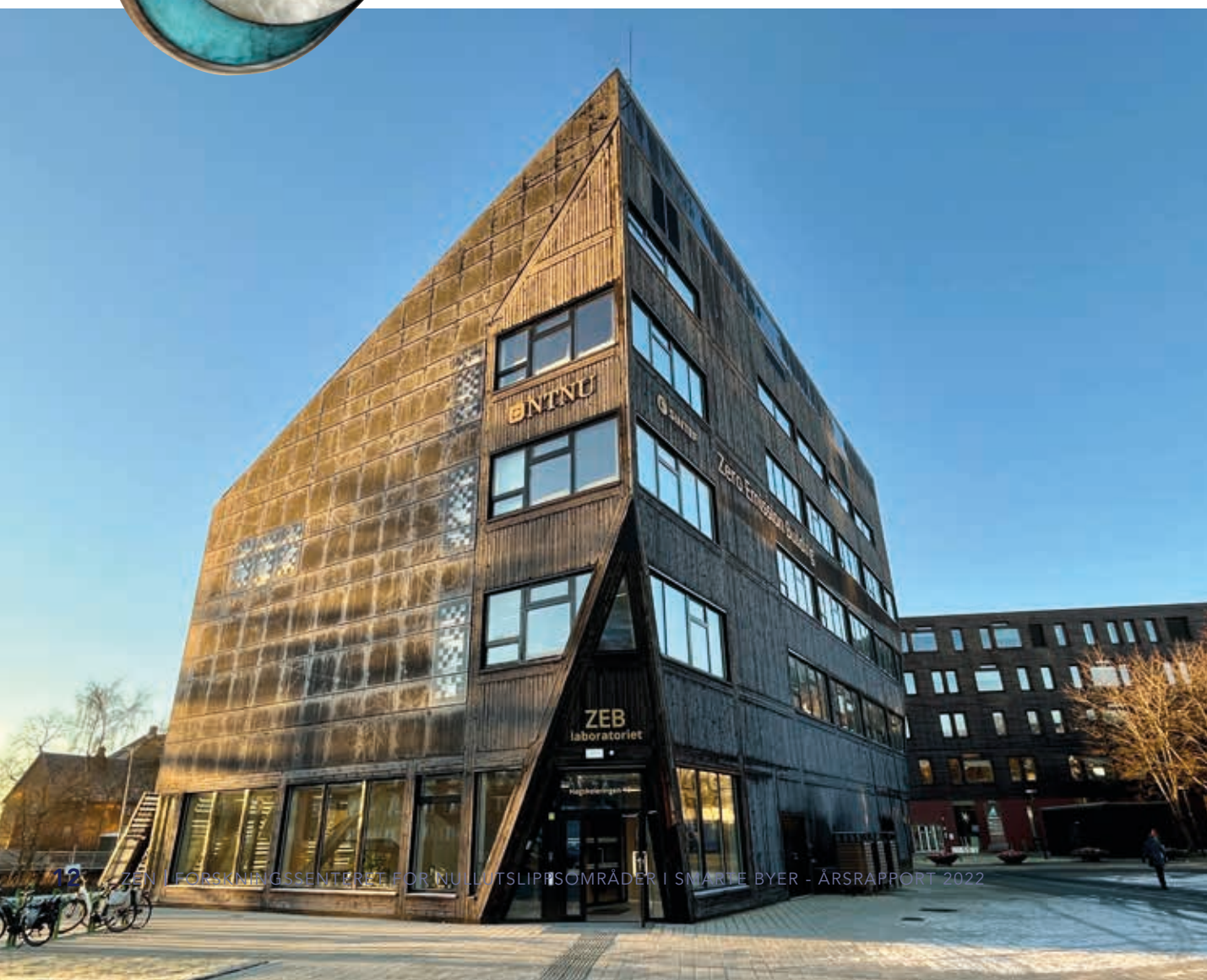
Dette var Statens pris for byggkvalitet, som gis ut av Direktoratet for byggkvalitet, og det ble tildelt Betonghammeren for beste praksis, som deles ut av Bygg 21.

Begge aktørene la vekt på at bygget er et laboratorium som tester kostnadseffektive energiformer gjennom å forske på innovative materialer og løsninger for nullutslipp. Og at det også er et nullutslippsbygg.



Utdeling av Betonghammeren

Statens pris for byggkvalitet



TEST CELL OG LIVING LAB

Vi har i tillegg to frittstående laboratoriebygg som er bygd for å kunne teste innovative teknologier knyttet til oppvarming, belysning og komfort både på hjemmebane og i en arbeidssetting.

Living Lab – det levende laboratoriet er et eksperiment-anlegg som står på NTNU Gløshaugen i Trondheim. Det er bygget av Zero Emission Buildings (ZEB) ved fakultet for arkitektur og billedkunst. (Forløperen til FME ZEN).

Dette er et innredet bolighus, og gjennom flere testperioder har det vært bebodd av frivillige personer som har brukt det intelligente huset som sitt eget hjem. I forsøkene ble de oppfordret til å leve slik de ville ha gjort i sitt eget hjem. Fokuset for denne forskningen har vært menneskene og deres bruk av den innovative byggteknologien utviklet gjennom ZEB. Her har beboerne fått ta styring over installasjoner og utstyr med interaktive brukergrensesnitt, og gått i samspill med energisystemet som helhet. Living lab brukes også av forskere innenfor flere fagfelt til å studere ulike teknologier og strategier i et hverdagslig og virkelig miljø. Living lab er et viktig redskap for ZEN og andre miljøer ved NTNU for å sørge for at de løsningene vi utvikler er grundig testet og verifisert på et tidlig stadium. Prosjektet er også med på å styrke samarbeidet mellom våre industripartnere og forskere.

Laboratoriet Test Cell brukes til testing av lav-energi, integrerte byggesystemer under realistiske driftsforhold. Testcellen kan deles inn i to mindre kamre, som brukes for å sammenligne ulike teknologier. Test Cell er et teknisk utviklingsanlegg der ulike elementer av bygningsmaterialer, bekledningsteknologi, energianlegg og kontrollsystemer blir utviklet og optimalisert i samsvar med hverandre.

ZEB Test Cell har tekniske rom og to testceller. Disse kan brukes parallelt – der ytelsen (energibruk, komfort osv.) til både referanseløsning og en mer eksperimentell løsning kan studeres i detalj. Hensikten med dette bygget er å prøve ut ulike fasadeløsninger og tekniske installasjoner brukt i bygninger (for eksempel oppvarmings- og ventilasjonssystemer) og samspillet mellom disse. Her skal det undersøkes hvordan energibruk og komfortparametere (inkl. innetemperatur) varierer med ulike aktive og passive fasadeløsninger. ZEB Test Cell skal være et verktøy for industripartnere og forskere til innovasjons- og forskningsformål.

Mer informasjon: <http://zeb.no/index.php/no/laboratorier>



Living Lab



HEMMEIGHETENE VED ZEB

ZEB Laboratoriet er et hus som rommer mye og mangt av løsninger, forskningsprosjekter og hemmeligheter. Disse hemmelighetene avslørte vi for leserne av FME ZENs nyhetsbrev i desember 2022. Her er noen smakebiter.

VISSTE DU AT:

- Det gikk med 5,8 km teip for å sikre lufttette yttervegger og tak
- Det er et nedgravd rom i hagen for plass til regnvann: Alma Smart Tank med sandfang på 6 m³ og fordrøyingskammer på 52 m³. Disse er med å sinke vannet når det er styrtregn slik at ikke slukene går tette og det blir flom.
- ZEB lab har 1500 sensorer, 150 styrte objekter og genererer 17000 datapunkter
- Har to tvilling-rom, med inntil 11 arbeidsplasser hver, med oppgradert instrumentering og styring.
- Er utstyrt med temperatur- og fuktighetsmålere i ulike posisjoner i fasader og tak.
- Kan settes i «forskningsmodus» - det vil si vi kan overstyre toppsystemet med egne algoritmer.
- Det er to ting av betong i dette bygget:
 - o Det ene er en støpt betongplate som huset står på.
 - o Det andre er Betonghammeren: Prisen for beste praksis som kåres av Bygg 21.

DEL 2

FORSKNING I ZEN

ZEN er et forskningssenter der avstanden mellom forskning og bruk av resultatene våre er svært kort. Vi arbeider med å forbedre klimaavtrykket i byggebransjen og det haster. Allikevel har vi aktiviteter som strekker seg over lang tid. For eksempel arbeider vi fremdeles med definisjonen av ZEN og utvikling av modeller for energibruk i nabolag.

Våre aktiviteter kan grovt grupperes i fire kategorier; forskningsaktiviteter inkludert Ph.d. utdanningen, ZEN case med dypt samarbeid med brukerpartnerne der disse leder an, innovasjonsarbeid og kommunikasjonsarbeid.

Mye av arbeidet vårt er knyttet til pilotområdene våre. Dette gjelder arbeid i alle de fire kategoriene. I 2022 har vi gjennomført flere ZEN case sammen med mange av partnerne våre, som eier problemstillingene, og der zen-forskere bidrar med løsninger. Gjennom disse har vi fått nyttig førstehåndskunnskap om hvor skoen trykker i bransjen og hvor vi har klart å overføre forskningsresultater til partnerne.

De tyngste forskningsoppgavene ligger i arbeidsplanen vår som gjelder for 2022-23. Dette er oppgaver med lang tidshorison og som krever omfattende litteraturstudier, laboratorieoppsett, modellutvikling og simuleringer. Inne i dette ligger det dessuten Ph.d. utdanningen. I 2022 har det blitt fullført sju doktorgrader i regi av ZEN senteret.





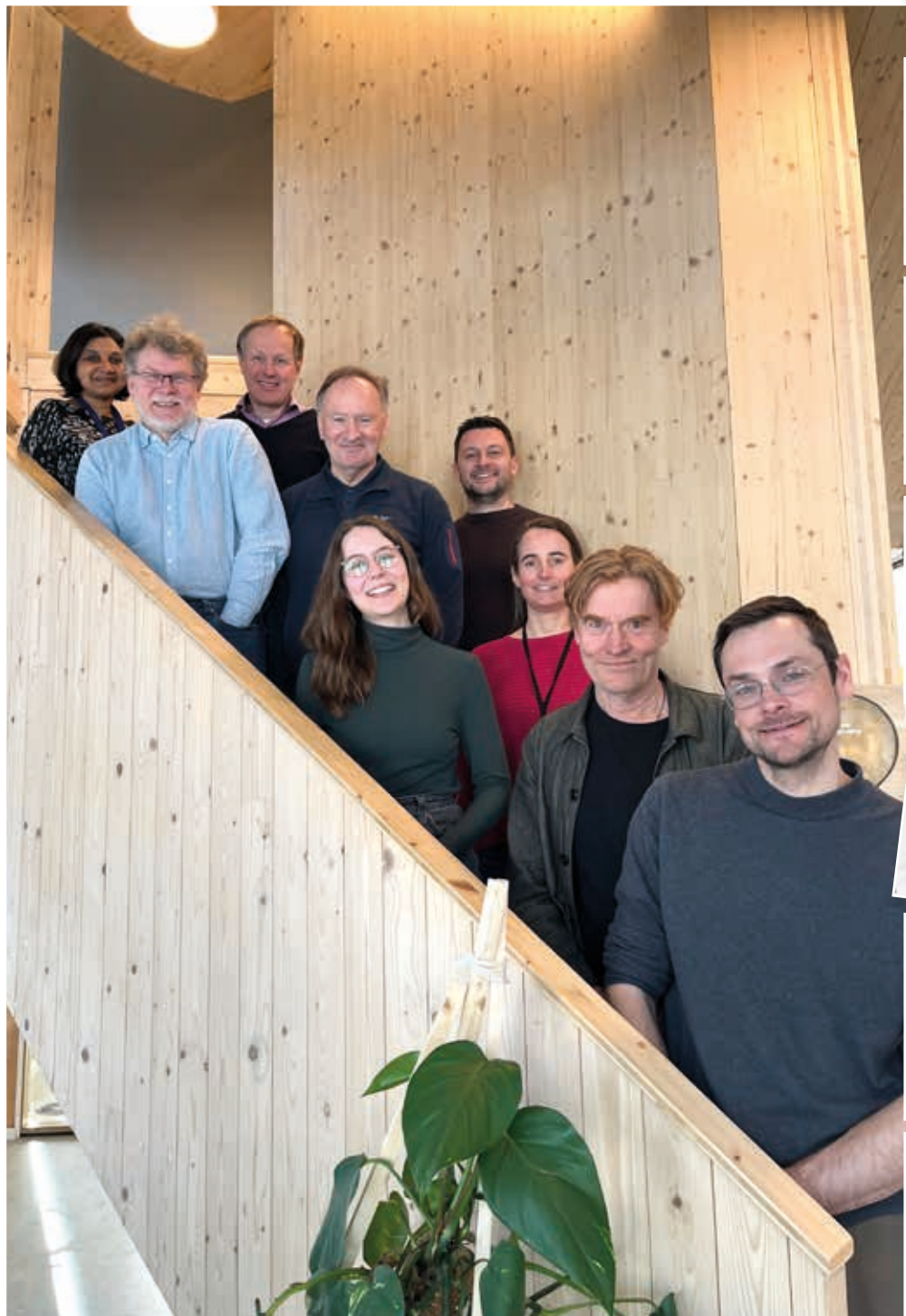
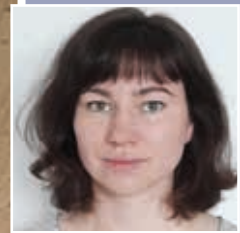
ARBEIDSPAKKE 1: ANALYTISK RAMMEVERK FOR PLANLEGGING AV NULLUTSLIPPSOMRÅDER (ZEN)

Hovedmålet i **ARBEIDSPAKKE 1** er å utvikle et egnet analytisk rammeverk med vurderingsmetodikk og verktøy til hjelp i design og planlegging av ZEN prosjekter. For 2022-23 er målet å videreutvikle og teste ut ZEN-definisjonen og de tilhørende nøkkelindikatorerne og verktøyet KPI-Tool, med hensyn til egnethet, kvalitet og bruk i praksis i pilotprosjektene.



Professor **HELGE BRATTEKJØ**
er leder for arbeidspakke 1
i FME ZEN.





Øverst i trappa:
Sobah Abbas Petersen, Edgar Hertwich, John Krogstie,
Helge Brattebø, John Clauß, Tanja Scheffler,
Carine Lousselet, Bendik Manum, Peter Schön.

Daniela Baer,
Håvard Bergsdal,
Eva Heinen,
Camille Vandervaeren,
Jan S. Næss,
Kristin Fjellheim,
Nina H. Sandberg,
Tobias Nordström,
Marianne Kjendseth Wiik

Theory meets practice – are environmentally ambitious buildings economically viable?



Marianne Wiik
Researcher/forsker
SINTEF

The main challenge for the ZEN pilot area Ydalir is to secure an appropriate approach to the 50% reduction of greenhouse gas (GHG) emissions compared to a reference building so that a balance between societal considerations, environment, and economy for both the developer and building owner can be reached.

FME ZEN, Elverum Vekst, Nordbolig, Norlys Arkitektur and Multiconsult have investigated those parameters and looks at, for example, how much insulation thickness can be reduced to optimise

the balance between costs and GHG emissions from energy use and materials. This is achieved by calculating energy need, GHG emissions, and life cycle costs for building 7 and 8 from Ydalir Torg for two scenarios. The first scenario fulfils Norwegian building code (TEK17), whilst the second scenario fulfils passivhus standard.

The energy results show ca. 23% reduction in specific energy demand and 30 – 32% reduction in specific delivered energy between the TEK17 and passivhus scenarios. The GHG emission results show that unit 7 has lower total GHG emissions than unit 8 in both scenarios, this is due to the photovoltaics on the roof of unit 8. Total GHG emissions are lower than requirements set in Ydalir Masterplan. The investment cost results show that the

passivhus scenario is around 300 000 – 367 000 kr or 3 – 5% more expensive than the TEK17 scenario for the contractor, whilst energy costs are between 5 700 – 6 000 kr lower each year in the passivhus scenario for the building owner. The results are useful since they demonstrate that the contractor can achieve GHG emission requirements set in Ydalirs Masterplan by following Norwegian building code and at the same time save on investment costs. This will lead to more affordable housing units on the market which will make it easier for buyers to obtain a home in a ZEN pilot area.

The results can be used for the further development of the ZEN definition and key performance indicators (KPI) as well as for implementing requirements from the Ydalir master plan. This work has involved Elverum Vekst, Nordbolig, Norlys Arkitektur, Multiconsult, SINTEF and NTNU. The results have a practical application and show that in this case Nordbolig's standard construction solution (TEK17 scenario) can be used to fulfil GHG emission requirements from Ydalir's master plan. Nordboligs standard construction solution is optimised in terms of material choice and is mainly of a timber construction produced locally, with minimal concrete. In addition, they have chosen construction materials with environmental product declarations (EPD) with low GHG emissions.

In conclusion, this report contributes to the further testing and development of the ZEN definition and KPIs for energy, GHG emissions and economy, and gives important inputs on methodological choices, system boundaries, and a basis for developing reference values.



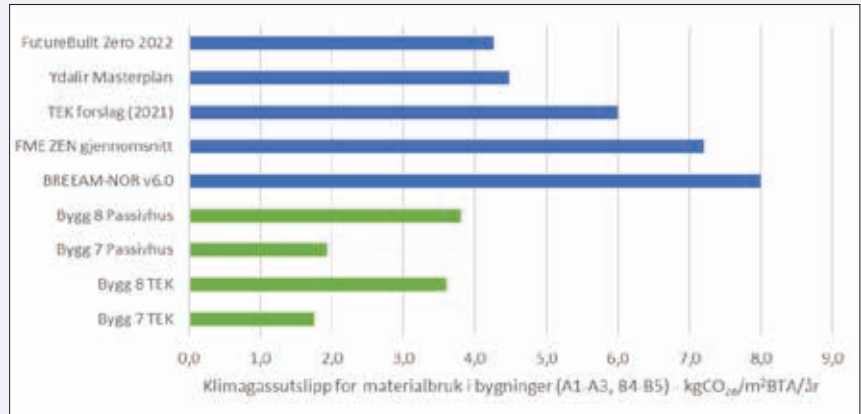
Figur 1. Visualisering av Byggetrinn 1, B1.1 (bak) og B1.2 (foran), utarbeidet av Norlys arkitektur.

Teori møter praksis – er miljøriktige bygg økonomisk gjennomførbare?

En ny studie fra prosjekt Ydalir, viser at man i et livsløpsperspektiv kan oppnå 50% reduksjon av klimagasser ved å bygge med TEK 17-standard, med lokale tilleggskrav.

Hovedutfordringen for ZEN pilotområdet Ydalir er å sikre en riktig tilnærming til målet om 50% reduksjon av klimagassutslipp sammenlignet med referansebygg slik at de totalt sett oppnår en balanse mellom samfunnshensyn, miljø og økonomi, for både utbygger og boligkjøper.

FME ZEN, Elverum Vekst, Nordbolig, Norlys Arkitektur og Multiconsult har sett nærmere på disse parameterne og på hvor mye f.eks. isolasjonstykkelser kan reduseres for å optimere samspeillet mellom kostnader og klimagassutslipp fra energibruk og materialer. Dette gjøres ved å beregne energibehov, klimagassberegninger og livssyklus kostnader for bygg 7 og 8 på Ydalir Torg i to scenarier; et scenario som oppfyller byggteknisk forskrift (TEK17) med tilleggskrav og et scenario som oppfyller passivhus standarden.



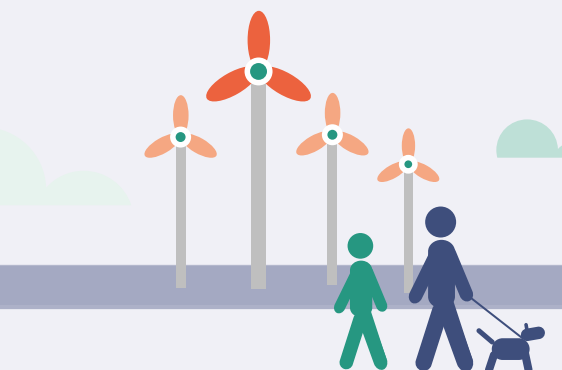
Figur 2. Klimagassutslippresultatene for materialbruk i bygg7 og bygg 8, TEK17- og passivhus-scenarioene sammenlignet med klimagasskravene fra ulike operatører. NB: BREEAM-NOR v6.0 inkluderer i tillegg livsløpsmodul A4, og FutureBuilt Zero 2022 inkluderer hele livsløpet bortsett fra livsløpsmodul B6.

Energieresultater viser ca. 23% reduksjon i spesifikt energibehov og 30 - 32% reduksjon i spesifikk levert energi mellom TEK17- og passivhus-scenarioene. Klimagassresultater viser at bygg 7 har lavere totale klimagassutslipp enn bygg 8 i begge scenarioene, på grunn av solcellene på taket til bygg 8. De totale klimagassutslippene i TEK-scenarioet er lavere enn krav i Ydalir Masterplan

Kostnadsresultater viser at passivhus-scenarioet er ca. 300 000 – 367 000 kr dyrere, eller 3 – 5% dyrere enn TEK17-scenarioet for utbyggeren, mens energikostnadene viser en sparing på mellom ca. 5 700 – 6 000 kr hvert år i passivhus-scenarioet for boligeieren. Resultatene viser at entreprenøren kan oppnå klimagasskravene satt i Ydalirs Masterplan ved å bygge TEK17-scenarioet og samtidig spare investeringskostnader. Dette vil føre til rimeligere boenheter på markedet, som gjøre det lettere for kjøpere å skaffe seg bolig i et ZEN pilotområde.

Resultatene kan anvendes til videreutvikling av ZEN definisjon og nøkkelindikatorer (KPI) samt i implementering av Ydalirs Masterplan. Studien har involvert Elverum Vekst, Nordbolig, Norlys Arkitektur, Multiconsult, SINTEF og NTNU. Resultatene har en praktisk tilnærming og viser at i dette tilfellet kan Nordboligs standardløsning (TEK17-scenarioet) iverksettes for å oppnå klimagasskravene i Ydalirs Masterplan. Nordboligs standardløsning fyller TEK17-kravene, men i tillegg er den optimert i forhold til materialvalg og er hovedsakelig av trekonstruksjon fra lokale produsenter, med lite betong. I tillegg har de valgt byggevarer med miljødeklarasjoner (EPD) med lave klimagassutslipp.

Oppsummert bidrar dette arbeidet til videreutvikling og uttesting av ZEN definisjon og KPI på energi, klimagasser og økonomi og det gir viktige innspill på metodiske valg, systemgrenser, og datagrunnlag for utvikling av referanseverdier.



Geo-referenced building stock analysis as a basis for local-level energy and climate mitigation strategies



Carine Lausset
Research leader/
forskningsleder

The Knowledge axis, in Trondheim, is a ZEN pilot project that has been under investigation in this study. The idea was to provide useful insights for local climate mitigation strategies, such as reducing the energy use and related greenhouse gas (GHG) emissions.

To achieve this goal, cadastral data has been used to geo-reference the building stock model of the Knowledge axis. The area covers 5.3 km², comprising a mix of residential and service buildings, and includes the city centre and central parts of the city, as shown in Figure 1. The total floor area of the building stock in 2020 was 3.2 million m² and is predicted to increase by 28% by 2050.

Strategies for energy upgrades, construction of more energy-efficient new constructions, changes in heating technologies, and their implications in terms of energy savings and GHG emissions associated with energy and materials are assessed through various scenarios. Figure 2.

Plans for the development of the Knowledge axis were provided by the municipality of Trondheim. These plans include new buildings at Brattøra, Midtbyen and Sluppen, as shown in the Figure 3.

The energy use over the period of assessment is now displayed in figure 4. For all the scenarios, the total energy use increased from 2020 to 2030, induced by the growth of the building stock. The



Figure 1: The Knowledge axis, Trondheim, Norway

first benefits of energy upgrades were observed in 2030. Compared to the energy use in the baseline scenarios for the same year, the total energy use in the other scenarios decreased by 2–9% in 2030, 2–14% in 2040, and 2–19% in 2050, respectively. New passive house constructions combined with energy upgrades in renovation projects and the maximum use of heat pumps have the greatest energy-saving potential.

The GHG emissions were heavily affected by the assumed electricity mix and allocation method applied to waste incineration in district heating. The GHG results are sensitive to the assumptions for these key parameters and demonstrate the uncertainty associated with analyses of future development. However, the results from the underlying energy analysis are still robust with respect to the need for energy efficient improvements and the corresponding contribution to lower total energy and electricity demands.

For the Trondheim municipality, this study clearly shows that the goal stated in the energy and climate plan on stationary energy use after 2013 can be

difficult to achieve without ambitious renovations, new constructions that follow low-energy-use standards, and local energy production (PV). These measures decrease both the overall energy use and the peak loads. As peak loads are usually covered by fossil energy carriers in electricity and district heating generation, a decrease in their magnitude will have a secondary positive climate effect.

This work is an important step in the method development for the plans that the municipality of Trondheim has when it comes to a holistic energy and power analysis of the city (“energy needs in time and space”) in collaboration with the grid and district heating companies. In this view, this work forms a basis for considering zone maps for energy and power.

This work is also important for the work of other ZEN partners. Asplan Viak, for example, has its own innovation project Into-zero (<https://into-zero.no/>) where the method and effect profiles (PROFet data) will be an important input. The municipality of Trondheim and SINTEF are also partners in FME ZEN.

Geo-referert bygningsmasseanalyse som grunnlag for lokale energi- og klimastrategier

Kunnskapsaksen i Trondheim er et ZEN-pilotprosjekt som har vært utredet i denne studien. Tanken var å gi nyttig innsikt for lokale klimatilaksstrategier, for eksempel reduksjon av energibruk og relaterte klimagassutslipp.

For å nå dette målet har matrikkeldata blitt brukt til å geo-referere bygningsmassemodellen til kunnskapsaksen.

Kunnskapsaksen dekker et område på 5,3 km², og består av en blanding av bolig- og servicebygg. Det omfatter sentrum og sentrale deler av byen som vist i figuren 1. Det totale gulvarealet av bygningsmassen i 2020 var 3,2 millioner m² og forventes å øke med 28% innen 2050.

Strategier for energioppgraderinger, bygging av mer energieffektive nybygg, endringer i oppvarmingsteknologier og deres påvirkning når det gjelder energibesparelser og klimagassutslipp knyttet til energi og materialer vurderes gjennom ulike scenarier. Se figur 2.

Planer for utviklingen av Kunnskapsaksen ble levert av Trondheim kommune. Disse planene omfatter nybygg på Brattøra, Midtbyen og Sluppen, som vist i figur 3.

For alle scenariene økte det totale energiforbruket fra 2020 til 2030, forårsaket av veksten i bygningsmassen. (Figur 4)

De første fordelene med energioppgraderinger ble observert i 2030. Sammenlignet med energibruken i basis scenarioene for samme år, gikk den totale energibruken i de andre scenariene ned med henholdsvis 2–9 % i 2030, 2–14 % i 2040 og 2–19 % i 2050. Nye passivhuskonstruksjoner kombinert med energi-

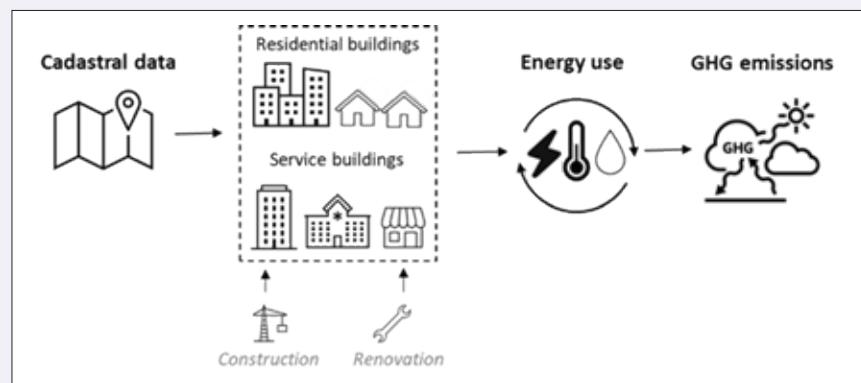


Figure 2: Simplified version of the model description

oppgraderinger i renoveringsprosjekter og maksimal bruk av varmepumper har størst potensial for energisparing.

Klimagassutslippene ble sterkt påvirket av antatt elektrisitetsmix og tildelingsmetode for avfallsforbrenning i fjernvarme. Klimagassresultatene er følsomme for forutsetningene for disse nøkkelparametrene og viser usikkerheten knyttet til analyser av fremtidig utvikling. Resultatene fra den underliggende energianalysen er imidlertid fortsatt robuste med hensyn til behovet for energieffektive forbedringer og det tilsvarende bidraget til lavere samlede energi- og elektrisitetsbehov. For Trondheim kommune viser denne studien tydelig at målet i energi- og klimaplanen om stasjonær energibruk etter 2013 kan være vanskelig å få til uten ambisiøse renoveringer, nybygg som følger lavenergi standarder og lokal energiproduksjon (PV). Disse tiltakene reduserer både den totale energibruken og toppbelastningen. Siden spisslast vanligvis dekkes av fossile energibærere innen elektrisitets- og fjernvarmeproduksjon, vil en reduksjon i størrelsen ha en sekundær positiv klimaeffekt.

Dette arbeidet er et viktig steg i metodeutviklingen for planene Trondheim kommune har når det gjelder en helhetlig energi- og kraftanalyse av byen («energibehov i tid og rom») i samarbeid med nett- og fjernvarmeselskapene. I denne sammenhengen danner arbeidet grunnlag for å vurdere sonekart for energi og kraft.

Dette arbeidet er også viktig for arbeidet til andre ZEN-partnere. Asplan Viak har for eksempel et eget innovasjonsprosjekt Into-zero (<https://into-zero.no/>) hvor metode- og effektprofilene (PROFet-data) vil være et viktig innspill.

STUDY BY: Lausset C.¹; Rokseth L.S.¹; Lien S.K.¹; Bergsdal H.¹; Tønnesen J.²; Bratlebø H.³; Sandberg N.H.¹

¹ SINTEF Community,
² Trondheim municipality
³ NTNU

Gode byer for gående og syklende

Han er skred ekspert og skiguide og har hatt fjellet som jobb og kontor. Så kom korona; nå forsker Peter Schön på urban mobilitet og hvordan dette påvirker klimagassutslipp i byene våre.



- Å jobbe med skiturisme kan være en utfordring fra et klimaperspektiv. Ta for eksempel flyreiser for å komme dit snøen er, eller heli-skiing for å komme seg opp i fjellet i helikopter. Det er en konflikt mellom å beskytte hva vi elsker, fjell og snø, og hva vi kan gjøre, sier Peter om balansen mellom klima og turisme.

Men det hender han tar noen guideoppdrag for gamle kunder i dag også. For fjell, snø og ekspedisjoner har vært, og er en stor del av livet hans.

Peter kommer fra Tyskland, har vokst opp i Østerrike, og har tatt store deler av utdanningen sin i Canada. Tanken var å ta en fagutdanning innen snø og skred.

- Det beste tilbudet har de i Canada. Så fikk jeg et stipend og dro over og tok en master i ingeniørgeologi, samtidig som jeg utdannet meg som ski- og tinguide, med stor kompetanse på skred og sikkerhet.

Dette brakte ham etter hvert til Georgia og Kaukasus som med sine høye, ville fjell er et eldorado for en toppturentusiast. Etter flere år som guide i Georgia og ekspedisjoner til Sentral Asia der han besteg fjell mot 7000 moh på ski, fikk han jobb i Narvik innen reiseliv med skiguideing som hovedjobb. Det var der Covid-pandemien traff familien på tre, turistene forsvant, og det ble en mulighet å tenke nytt. De valgte å bli i Norge, og Peter startet å søke jobber, men hadde egentlig ikke akademia på listen sin.

MØTT AV KLIMAKRISA

Men da ph.d.-stillingen i FME ZEN om urban mobilitet dukket opp ble han interessert.

- Jeg har jo merket klimasituasjonen i jobben som skiguide, og møtt meg selv i døra fordi jeg har reist mye rundt i verden for å jobbe i uberørt natur. Så jeg leste meg opp, skrev søknad og fikk stillingen.

Om skiftet fra å jobbe utendørs med noen han elsker, til å studere urban mobilitet i by sier han:

- Jeg liker fjellet og turene enormt godt, det har vært en stor del av livet mitt. Men jeg er også fasinert av byliv og hvordan en by fungerer i et klimaperspektiv. Jeg har i mange år hatt Tbilisi, hovedstaden i Georgia som base. Så da jeg fikk ph.d.-stillingen flyttet vi til Trondheim. Det er veldig fascinerende å jobbe med dette. Det var litt tøft i starten, for jeg har ingen arkitektbakgrunn, men jeg har annen kunnskap som kommer godt med.

MOBILITET OG BYER

Tema for ph.d.-avhandlingen er urban mobilitet, tilgjengelighet og betydningen for CO₂ utslipp.

- Enkelt sagt jobber jeg med aspekter ved tilgjengelighet og gatenettverket, og hvordan dette blant annet påvirker gåing og sykling eller ikke. Jeg ser også på hvordan funksjoner i et område henger sammen med nettverket og mobilitet. Ser vi på et kjøpesenter f.eks. så har det mange funksjoner, men oftest er nettverket for gående og syklende dårlig. Da er det bil som gjelder.

Akkurat nå jobber han med en artikkel som ser på gåing og sykling til skolen. Data viser at møter man mange andre på sin vei til skolen, både venner og andre, så er sannsynligheten større for at man går eller sykler. Det er altså ikke bare lengden som spiller inn.

- Det kan virke åpenlyst, men vi har altså ikke forsket på dette før. Så kan vi også se på hvordan nettverksfunksjonene langs en slik vei eller i et zen-område fungerer. Her ser jeg på mobilitetsperspektivet fra «gatenivå», de gående og sykklens perspektiv og hvordan det er koblet til andre funksjoner.

Han setter stor pris på at man som ph.d.-kandidat blir involvert i forskning og prosjekter som skjer på instituttet han er knyttet til, i tillegg til FME ZEN.

KJØPER BRUKT

Hvordan minimerer du ditt eget klimaavtrykk?

- Vi har ikke bil og bruker bildeling og sykler til jobb. Jeg reiser mindre enn før. Jeg guider mindre, og skal jeg ut å reise i Norge forsøker jeg å ta tog en vei, men dessverre er jo ikke Norge Sentral-Europa og da er togtilbudet også deretter. Ellers kjøper jeg både mobil og PC brukt og bytter sjelden.

Peter er også en habil fotograf – og har fotografert mye på sine ekspedisjoner i Kaukasus og Georgia og også som dokumentarfotograf (f.eks. UNHCR) – Jeg har aldri kjøpt et nytt kamera. Det er masse gode brukte kamera å få kjøpt. Og når det gjelder fjellutstyr så har jeg noen gode samarbeidspartnere som er bedre enn andre når det kommer til klimautslipp. Motivasjonen for å leve slik jeg har gjort er i grunnen egoistisk. Min sult for fjellet er ikke over, men jeg reiser ikke ukritisk lenger. Nå er jeg over i en annen fase.

Finner du noe av den samme fasinasjonen for forskning også?

- Ja og nei. Jeg bruker jo mye tid på noen få spørsmål i min forskning. Jeg er nysgjerrig, og fasinert, men på en annen måte selvsagt, enn det å klatre høye fjell. Mitt ønske er at forskningen vil bety noe. Det driver meg, og at jeg kan bidra til å gi noen nye blikk på hvordan vi skaper byene våre, slik at vi får gode byer for mobilitet. Det finnes jo byer i dag som fungerer godt, og vi kan lære av dem, samt forske på hvorfor dette fungerer så godt.



Jeg er også fasinert av byliv og hvordan en by fungerer i et klimaperspektiv.

ARBEIDSPAKKE 2: POLITISKE VIRKEMIDLER, INNOVASJON OG FORRETNINGSMODELLER

I ARBEIDSPAKKE 2 som handler om virkemidler, forretningsmodeller og innovasjon er hovedmålene å evaluere mulige utviklingsbaner mot ZEN, der analyser av samfunnsnyttene av ZEN, identifisering av innovative prosesser og analysere ZEN som innovasjonssystem er delmål. Kostnader ved å etablere ZEN områder, samt hvordan sikre gode prosesser før, under og etter realiseringen av nullutslippsområder er pågående arbeid.



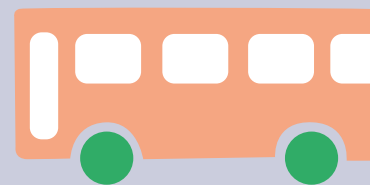
Seniorrådgiver ANN KRISTIN KVELLHEIM er leder for arbeidspakke 2 i FME ZEN.





Over: Luitzen de Boer,
Asgeir Thomasgaard, Vegard Knotten,
Pål Christian Broberg Vågbø
og Amia Enam

Fra venstre Ann Kristin Kvellheim, (øverst) Anne G. Lien,
Stian Backe, Giulia Vergerio, Raymond Stokke og
Bakul Kandpal foran til høyre.



Better utilization of surplus heat



Hanne Kauko
SINTEF Energy



Ann Kristin Kvellheim
SINTEF Community



Magnus Rotan
SINTEF Energy



Ingrid Camilla Clausen
SINTEF Energy

There are large amounts of unused surplus heat in Norway. This surplus heat can potentially significantly improve our energy situation if we are able to utilize it.

There is approximately 20 TWh of surplus heat available from the industry in Norway, and in addition there are urban surplus heat sources such as data centres and large commercial buildings. This is a significant proportion of our total energy consumption, so why isn't this heat used better?

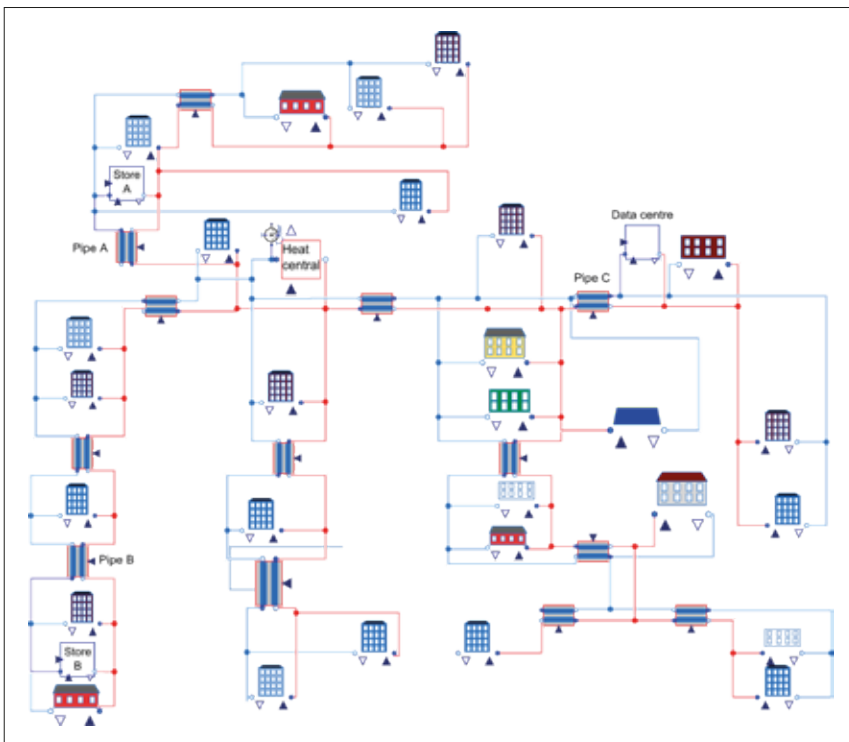
The use of surplus heat for heating of buildings is however more complex and riskier than the purchase of district heating or electricity, with respect to both investment and operating costs, and the security of supply. A study has been done in ZEN which shows that good collaboration models can

help to overcome these barriers and promote the use of surplus heat. Four different models are discussed: direct collaboration through one-on-one agreements, third-party ownership, local energy markets and the open district heating model from Sweden.

The open district heating model which is applied in Stockholm is without a doubt an effective approach for integrating several surplus heat sources in a larger district heating network. Third party ownership, where an external company takes responsibility for the investment and operation of the heat recovery system, can still be a better approach for individual cases. Winns, NTE and Trøndelag County Municipality are among companies looking at the use of this approach. Local energy markets can be a good solution in areas with a lot of local production of electricity and heat. One-on-one agreements is the simplest approach when the number of actors is small but will not necessarily promote more widespread use of surplus heat as efficiently as the other models.

There are a number of regulatory and economic barriers that can prevent the use of surplus heat. The Energy Act treats heat and electricity very differently; while the grid companies are obliged to offer a contract to an electricity customer that produces its own energy, there is no corresponding scheme for heating. There is no framework for pricing surplus heat, nor are there any other schemes that support the establishment of businesses with surplus heat available near potential users for the heat.

Figure 1: Model of a local heating network with different buildings as heat consumers together with a data centre and stores as suppliers of surplus heat.



Bedre utnyttelse av overskuddsvarme

Det finnes store mengder uutnyttet overskuddsvarme i Norge. Her ligger det et potensial som kan bedre energisituasjonen vår betydelig om vi evner å utnytte det.

Det finnes omtrent 20 TWh overskuddsvarme tilgjengelig fra industrien i Norge, og i tillegg kommer urbane overskuddsvarmekilder som datasentre og store næringsbygg. Dette er en betydelig andel av vårt totale energiforbruk, så hvorfor utnyttes ikke denne varmen bedre?

Bruk av overskuddsvarme til bygningsoppvarming er mer komplisert og innebærer større risiko enn kjøp av fjernvarme eller strøm, både i forhold til investering- og driftskostnader og påliteligheten til energiforsyningen. Vi har gjort en studie i ZEN som viser at gode samarbeidsmodeller kan bidra til å komme over disse barrierene og fremme bruken av overskuddsvarme. Fire ulike samarbeidsmodeller er diskutert: direkte samarbeid via en-til-en avtaler, tredjepartseierskap, lokale energimarked, og åpen fjernvarme-modellen fra Sverige.

Samarbeidsmodellen «åpen fjernvarme» som benyttes i Stockholm er uten tvil en effektiv tilnærming for integrering av flere overskuddsvarmekilder i et større fjernvarmenett. Tredjepartseierskap, der en ekstern bedrift tar ansvar for investering og drift av varmegjenvinningssystem,

kan likevel være en bedre tilnærming for enkelttilfeller. Winns, NTE og Trøndelag Fylkeskommune er aktører som ser på denne tilnærmingen. Lokale energimarked kan være en god løsning i områder der det vil være mye lokal produksjon av strøm og varme. Direkte samarbeid er den enkleste tilnærmingen når antall aktører er få, men vil ikke nødvendigvis fremme mer utbredt bruk av overskuddsvarme like effektivt som de andre modellene.

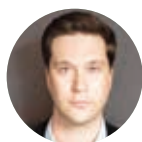
Det finnes også en rekke regulatoriske og økonomiske faktorer som kan hindre bruken av overskuddsvarme. Energiloven behandler varme og strøm svært ulikt; mens nettselskapene er forpliktet til å tilby plusskundeordning til en strømkunde som produserer egen energi, finnes det ingen tilsvarende ordning for varme. Det finnes ingen rammeverk for prising av overskuddsvarme, og heller ingen andre ordninger som støtter etablering av næringsvirksomhet med overskuddsvarme tilgjengelig i nærheten av potensielle brukere for varmen.

Kilder

ZEN-rapport 41 2022: Overskuddsvarme som varmekilde: Barrierer og drivere for økt bruk av overskuddsvarme til bygningsoppvarming



How to use green public procurement to reduce greenhouse gas emissions?



Raymond Stokke
WP2 FME ZEN

The use of public procurement is an important and strategic means of reducing greenhouse gas emissions. By setting requirements for, and facilitating, emission-free implementation of building and construction projects, more relevant experience is gained.

We explore the drivers of and barriers to green public procurement (GPP) as a means of organising innovation ecosystems that aim to achieve zero-emission construction sites. Such ecosystems would include public buyers, construction firms, subcontractors and equipment suppliers. This study focuses on non-road mobile machinery (NRMM), which are essential in any construction project. GPP and early market dialogues are important factors in the initiation of demand for emission-free NRMM. However, to achieve their climate goals, municipalities are also looking for more emission-free solutions and innovations. In addition, municipalities are seeking investment in other relevant green technologies, and in research and development. This project uses the case study methodology to investigate Trondheim Municipality's practices and experiences. The findings of this state-of-the-art case study suggest that municipalities can improve infrastructure for low-emission machines, promote better networks for builders, entrepreneurs and suppliers, and improve cooperation through early market dialogues.

Conducting an innovation ecosystem analysis will strengthen the coordination between buyers and activities. Such an analysis will ensure that buyers get a

large enough volume to set common criteria for emission-free NRMM and to coordinate demand and growth from separate projects, both locally and nationally. The findings illustrate the importance of adopting a broader innovation ecosystem perspective to connect internal and external actors. This report makes the following recommendations:

1. Municipalities must improve infrastructure to accommodate emission-free NRMMs.
2. Municipalities must develop a 'green network' of suppliers, builders and contractors as part of a larger innovation ecosystem.
3. Municipalities must specify environmental requirements in their GPP.
4. Municipalities must ensure increased collaboration in the establishment of an innovation ecosystem. Such collaboration should start with early market dialogues and innovation partnerships.

Hvordan bruke grønne offentlige anskaffelser til å redusere klimagassutslipp?

Bruk av grønne, offentlige anskaffelser er et viktig og strategisk virkemiddel for å redusere klimagassutslipp. Ved å stille krav til, og legge til rette for, utslippsfrie gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekter oppnås det mer relevant erfaring.

Vi har undersøkt drivere og barrierer for å bruke grønne offentlige anskaffelser (GOA) til å oppnå utslippsfrie byggeplasser. Vår studie fokuserer særlig på ikke-veigående mobile maskineri (IVMM), som er essensielle i ethvert byggeprosjekt. Utvidelse av urbane områder, inkludert lokale nabolag og transportnettverk, utgjør en mulighet for vekst i byggebransjen. Imidlertid utgjør det også en risiko for økt forurensning for beboere. GOA og tidlig markedsdialog er viktige faktorer for å initiere etterspørselen for utslippsfrie IVMM, men kommuner søker også etter flere innovasjoner og utslippsfrie

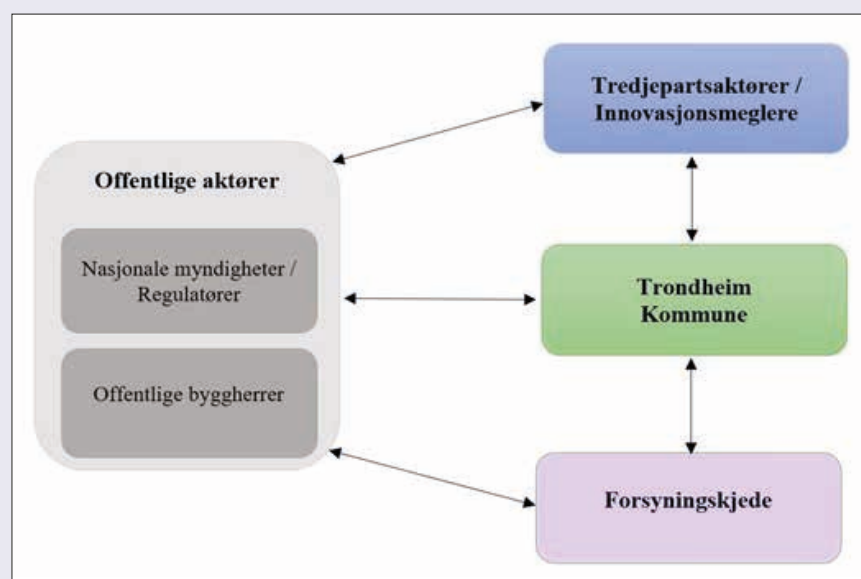
løsninger samt investering i annen relevant grønn teknologi, forskning og utvikling for å nå sine klimamål. Studien vår bruker en casestudie metodikk for å undersøke Trondheim kommunes praksis og erfaringer. Funnene fra case studien og analysen av litteraturen tyder på at kommuner kan forbedre infrastruktur for lavutslippsmaskiner, fremme bedre nettverk for byggherrer, entreprenører og leverandører samt forbedre samarbeidet gjennom tidlige markedsdialoger. Vi har sett på utslippsfrie byggeplasser i en norsk kontekst, men baserer funnene på en systematisk gjennomgang av den internasjonale litteraturen for å bedre framlegge en state-of-the-art status og i så måte etablere et fungerende innovasjonsøkosystem for leverandører og innkjøpere.

En innovasjonsøkosystemanalyse vil styrke koordineringen av innkjøpere og aktiviteter for å sikre at innkjøpere får

stort nok volum for å sette felles kriterier for utslippsfrie IVMM samt koordinere etterspørsel og vekst fra separate prosjekter til utbredt bruk både lokalt og nasjonalt. Rapporten har følgende hovedanbefalinger:

1. Bykommuners viktigste tiltak er å forbedre infrastruktur for utslippsfrie IVMM
2. Utvikle «grønne» nettverk av leverandører, byggherrer og entreprenører som inngår i et større innovasjonsøkosystem
3. Spesifisere miljøkrav i GOA
4. Økt innovasjonsøkosystemsamarbeid som starter gjennom tidlige markedsdialoger og innovasjon partnerskap.

En forenklet modell over sentrale aktører i Trondheim kommunes innovasjonsøkosystem for utslippsfrie byggeplasser.



Anskaffelsesstrategier som et verktøy

Hvert år bruker den norske stat over 600 milliarder kroner i offentlige anskaffelser. Hvordan står det til med bærekraftperspektivet og kan vi bruke anskaffelser mer målretta i ZEN? Dette har Hasan Hamdan forsket på i sin Ph.d. avhandling.

Hans innfallsvinkel har vært en kombinasjon av litteraturstudier og hvordan store prosjekter gjennomføres med søkelys på offentlige anskaffelser og prosjektledelse. Dette er to underkommuniserte faktorer i debatten om nullutslipp og bærekraftsmål, spesielt når vi snakker om bærekraftige nabolag.

– Du kan benytte kraften i offentlige innkjøp hele tiden, sier Hasan. – Fra det lille til det store. Det handler om valg, hvem som tilbyr hva, og hvilke krav man kan stille.

Studerer man litteraturen om bærekraftige bygninger og nabolag, ser man at det er masse forskning på teknologien; fra vinduer til nye materialer, produkter og ventilasjonssystemer osv. Det vil si alt som kreves for å bygge et nullutslipps hus eller passivhus.

– Og det er jo flott. Vi må ha gode produkter og systemer for få det til. Men vi må også sette søkelys på ledelses aspektet og hvordan vi gjennomfører store prosjekter med høye bærekraftsmål. At det er så lite forskning på dette er overraskende, sier Hasan Hamdan.

ØNSKER MER KUNNSKAP

Hasan Hamden skrev masteren sin ved institutt for IØT, NTNU. Da var han en av de første som skrev om nullutslippsområder.

– Etterpå hadde jeg et sterkt ønske om å få bedre kunnskap om det jeg studerte, altså offentlige innkjøp og bærekraftig prosjektledelse og fant ut at det lå til rette for dette i FME ZEN.

Her skrev han avhandling om *“Toward a neighborhood-level procurement stra-*

tegy: An exploratory study of project procurement and collaboration practices in sustainable and zero-emission neighborhood projects”.

NYE FUNN GIR NY INNSIKT

Funnene han har gjort gir ny innsikt og kunnskap. Han introduserer et nytt konsept «programanskaffelse» som er skreddersydd for å håndtere storskala anskaffelser i komplekse prosjekter. Han foreslår også en strategi for anskaffelser på nabolagsnivå som beskriver hvordan anskaffelser kan benyttes for å utvide og promotere samarbeid i bærekraftige nabolagsprosjekt.

– Når det handler om nullutslippsprosjekt i nabolaget betyr det at vi må kunne påvirke en større sirkel enn bare en bygning. Det er sentralt for å bidra til å avkarbonisering av byene våre.

TEKNOLOGI FORAN LEDELSE

Hamdan sier også at teknologi har fått mye mer oppmerksomhet enn ledelse av bærekraftige prosjekter og utviklingen av nabolag. Og spesielt har makten som kan ligge bak offentlige anskaffelser blitt glemt.

– Utfordringene er å utvikle og lede et prosjekt som tar inn over seg alle dimensjonene ved å bli et fullstendig bærekraftig nabolag etc. Ikke bare skryte, men også gjennomføre det, påpeker Hamdan.

Han sier videre at mellom det aktørene sier de skal gjøre og hva de faktisk oppnår, ser vi som regel et stort gap, det gjelder også for private aktører. Mange prosjekter starter med at de skal bli Norges første, beste, mest miljøvennlig osv. Men

etter hvert faller de mest offensive målene fra, og man står igjen med et nokså middels godt bærekraftprosjekt. Dette er også noe FNs Klimapanel har avdekket i sin siste rapport om hva verdens land sier de skal gjøre og hva de faktisk gjør for å minske utslipp.

– At NTNU reduserer sine ambisjoner for campusutviklingen er bare trist, sier Hasan. Dette skulle være en pilot og et fyrtårn så jeg forventet ikke at det skulle skje, det er jo tross alt NTNU vi snakker om. Det burde vært et prosjekt for ikke bare NTNU, men et nasjonalt et. Her finner vi de beste miljøene for å kunne klare dette, og vi har en forpliktelse.

FRA OLJE OG GASS TIL NULLUTSLIPP

Hasan Hamdan (34) er fra Palestina, der han tok en bachelorgrad i ingeniørvitenskap. Så flyttet han til Dubai og jobbet i fire-fem år for et stort gresk entreprenørfirma, med 100 000 ansatte i 35 land på fire kontinenter.

– Jeg jobbet med planlegging av bygg til olje og gass og komplekse bygninger for denne sektoren. Så jeg jobbet ikke med bærekraft for å si det sånn. Jeg gjorde det veldig bra i jobben min og ble forfremmet, men jeg hadde noe annet i tankene.

Hasan hadde lyst til å få mer kunnskap om bærekraft innenfor sitt eget fag og strategisk ledelse.

Skjedde det noe konkret som gjorde at du snudde om?

– Det var en artikkel om de fallende olje- og gassprisene i 2014. Da startet jeg å

tenke på fremtiden, og da kom egentlig bærekraft ganske raskt opp. Jeg husker jeg tenkte; Gjør vi de riktige tingene nå? Den gangen var vi glade for å bli ferdige med prosjektene på tid og budsjett. Da var også kunden fornøyd. Men vi tenkte ikke på utslipp og bærekraft, dette endret seg for meg. Hva skal jeg jobbe med om 10-20 år? Min personlige interesse for strategi ga meg inspirasjon til å studere dette i min master og ph.d.

MINUS 20 GRADER? NEI, TAKK!

At det ble NTNU og Trondheim var en tilfeldighet. Et tips fra broren gjorde at han sjekket ut Trondheim og NTNU. At han samtidig fant ut at det faktisk kan bli minus 20 grader i byen om vinteren gjorde at NTNU ikke var førsteprioritet. Årsaken til at NTNU likevel krøp oppover på lista var utdanningsprogrammet de tilbød. Han ble introdusert for strategi, forsyningskjeder og bærekraft helt fra start, av professor Luitzen de Boer.

– Jeg syntes dette var en interessant tilnærming for å oppnå bærekraft i prosjekter. Prosjektledelse ser ut til å være frakoblet bærekraft i mange sammenhenger. Så det var en spennende tilnærming. Ph.d. løpet har vært tøft, selv om jeg liker å lære om nye ting, men jeg er også ekstremt takknemlig. Når det gjelder bærekraft, så skjer det noe hele tiden og mange nye ting utvikles. For to år siden var det ingen som tenkte på EU Taksonomi – nå er det overalt. Men med den farten det går i kan det være vanskelig å holde tritt med kunnskapen som kommer.

Hasan har nettopp flyttet til Oslo etter seks år i Trondheim, og han fikk oppleve minus 20 grader en vinter. Han har til og med rukket å gifte seg i løpet av Ph.d.-studiene og fått en sønn. I dag jobber han hos Metier OEC som senior-konsulent og bærekraftsansvarlig, og jobber primært med å støtte bygg- og anleggsvirksomheter i deres bærekraftsarbeid.

“ Når det gjelder bærekraft, så skjer det noe hele tiden og mange nye ting utvikles

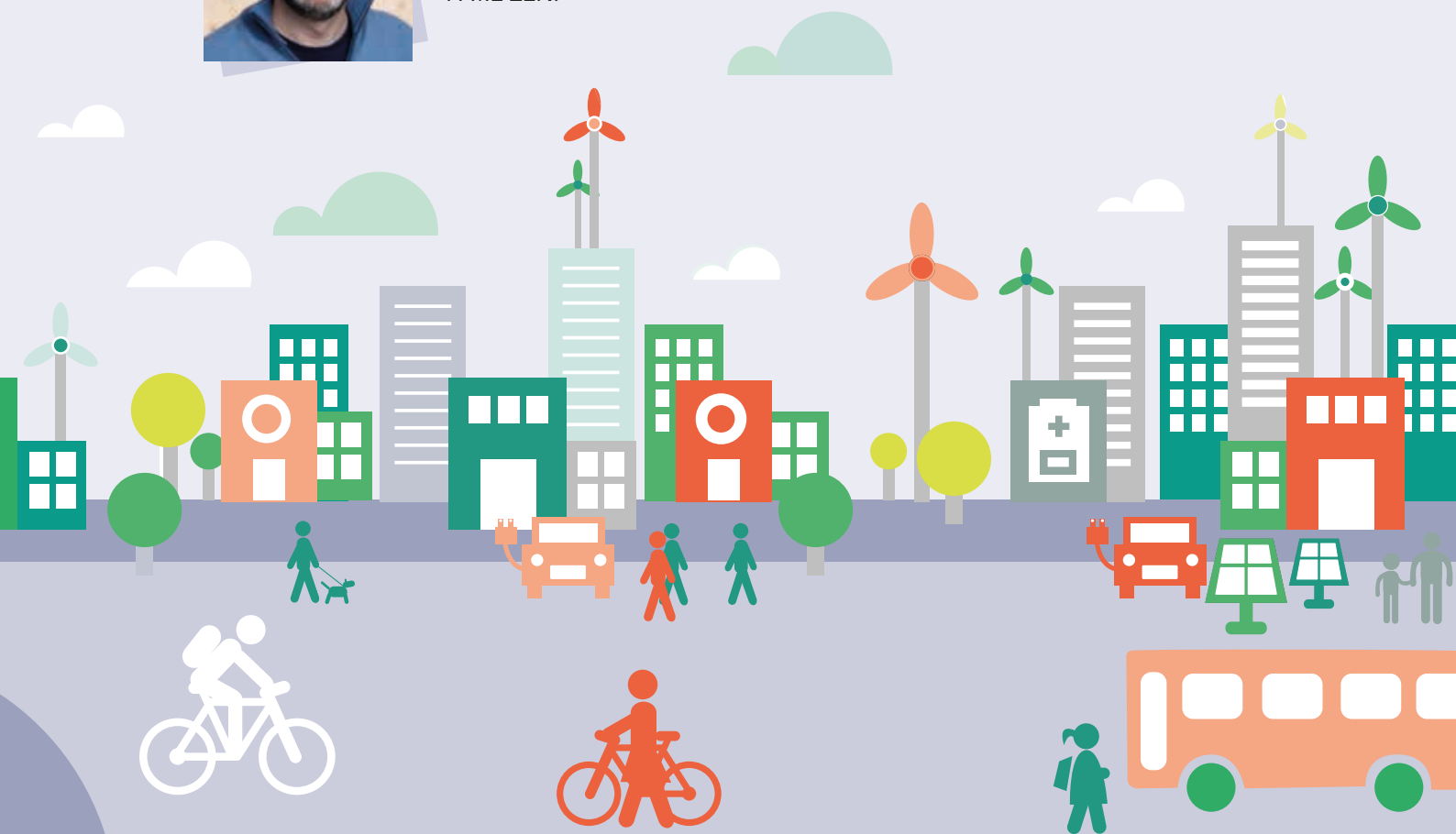


ARBEIDSPAKKE 3: FLEKSIBLE OG ENERGIEFFEKTIVE BYGNINGER

ARBEIDSPAKKE 3 arbeider for fleksible og energieffektive bygninger. Vi fokuserer bl.a. på klimagassutslipp fra byggematerialer og tekniske installasjoner. Vi forsker på energieffektiv drift av bygninger der vi med bedre design- og kontrollstrategier oppnår bedre inn klima, samt potensialet for energifleksibel drift av bygninger, inkludert dens innvirkning på beboere. Vi har også utviklet en beslutningsmetodikk som hjelper designere med robust utforming av bygninger. WP3 vil ha økende fokus på renovering med to nye ph.d.-studenter de neste årene. Arbeidspakken er også involvert i to ZEN-case om klimagassutslipp fra tekniske installasjoner.



Førsteamanuensis
LAURENT GEORGES
er leder for arbeidspakke 3
i FME ZEN.





Møte i arbeidspakke 3: Fra venstre Bozena Dorota Hrynyszyn, Johannes Brozovsky, Laurent Georges, John Clauss og Shabnam Homaie på skjerm, Christofer Skaar, Peng Lui, David Bjelland og Lars Gullbrekken.



Decision-making for Flytårnet area under uncertainties



Shabnam Homaei
Research scientist/forsker
SINTEF

Flytårnet (Flight tower) is located at Fornebu in Bærum municipality, as one of FME ZEN's pilot areas. The municipality aims to establish Fornebu as a zero-emission neighborhood by 2027. Fornebu was until 1998, the former main airport in Norway.

As part of this goal, Flytårnet will be developed into a local center with a variety of different building types. The area already includes a few existing buildings (e.g., the flight tower, the fire station etc.). The plan is to preserve all these existing buildings in addition to adding new buildings, which will include a library, schools, apartment blocks and commercial buildings. Flytårnet has a total building area of 241,000 m², of which 50% are apartment blocks.

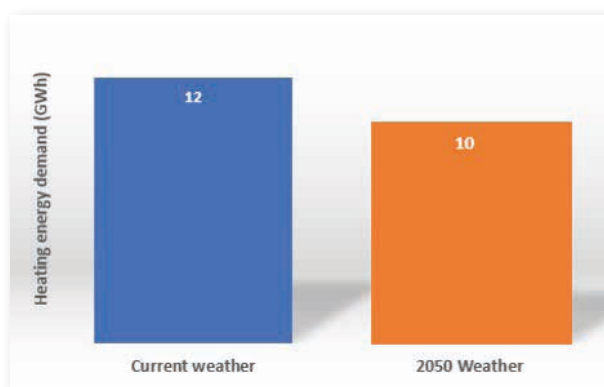
Flytårnet aims to facilitate a vibrant, green, and climate-friendly urban area. Therefore, good climate and environmental solutions are currently being established in the early planning stage. Finding the most robust combination of these solutions is a challenging task, particularly considering different performance criteria such as GHG emissions, energy, etc. In addition, various operational uncertainties can lead to performance deviations from the specified targets.

Climate change is one of these uncertainties which can lead to performance deviations. For example, the results of the building performance simulation for the Flytårnet area show that in 2050 the heating energy demand will decrease by approximately 16.7% compared to current weather conditions. (Fig.1) This highlights the importance of considering uncertainties in the decision-making process and selecting designs that not only perform well for the current condition, but also will be efficient under future uncertainties.

To address the impact of uncertainties and select the most robust design, a robustness-based decision-making method (T-robust methodology) was developed [1] and tested [2] on the building level. This methodology integrates robustness assessment and decision-making, by supporting a comprehensive evaluation of design alternatives under uncertainty.

To help Bærum municipality in selecting the most robust design for the Flytårnet area, ZEN is extending the application of the T-Robust methodology from the building to the neighborhood level. In this regard, different solutions, e.g., building envelope and energy systems will be combined to create different design alternatives. These design alternatives will be evaluated under different uncertainty scenarios, e.g., weather conditions and occupant behaviour, using building performance simulation tools (here using IDA ICE). (Figure 2) Finally, the T-Robust methodology will select the most robust design alternative considering future uncertainties. It will be interesting to see which solutions will be selected as the most robust design for the Flytårnet area using the T-Robust methodology.

Figure 1. Difference between heating energy demand under current and 2050 weather conditions



Valg av robuste designløsninger for fremtiden

Bærum kommunen har vedtatt at den tidligere flyplassen Fornebu skal være etablert som et nullutslippsområde innen 2027. Men hvordan kan vi vite at de valgene man tar er riktige og varige?

For at kommunen skal kunne ta de riktige valgene har vi i FME ZEN utviklet en metode for å analysere robustheten i de løsningene man velger i et område. Denne metoden tas i bruk på Fornebu.

Her skal «Flytårnet-området» utvikles til et lokalsenter med et mangfold av forskjellige bygningstyper. Området inkluderer allerede noen få eksisterende bygninger (f.eks. flytårnet, brannstasjonen osv.) som skal bevares, i tillegg til å bygge et bibliotek, skoler, boligblokker og næringsbygg. Flytårnet-området har et samlet byggeareal på om lag 241,000 m², hvorav 50 % er boligblokker.

Formålet med Flytårnet-området er å tilrettelegge for et levende, grønt og klimaklokt byområde. Og gode klima- og miljøløsninger etableres tidlig i planleggingsfase. Å finne den mest robuste kombinasjonen av disse løsningene er en utfordrende oppgave, spesielt med tanke på ulike vurderingskriterier som klimagassutslipp, energi, osv. I tillegg kan ulike operasjonelle usikkerheter i driftsfase føre til ytelsesavvik fra de angitte målene. Klimaendringer er en av disse usikkerhetene som kan føre til ytelsesavvik. For eksempel viser resultatene av bygnings-simuleringen for Flytårnet-området at i 2050 vil det termiske energibehovet reduseres med ca. 16,7 % sammenlignet med dagens klima. Dette understreker viktigheten av å vurdere usikkerheter og velge et effektivt design ikke bare for dagens tilstand, men også under fremtidige usikkerheter.

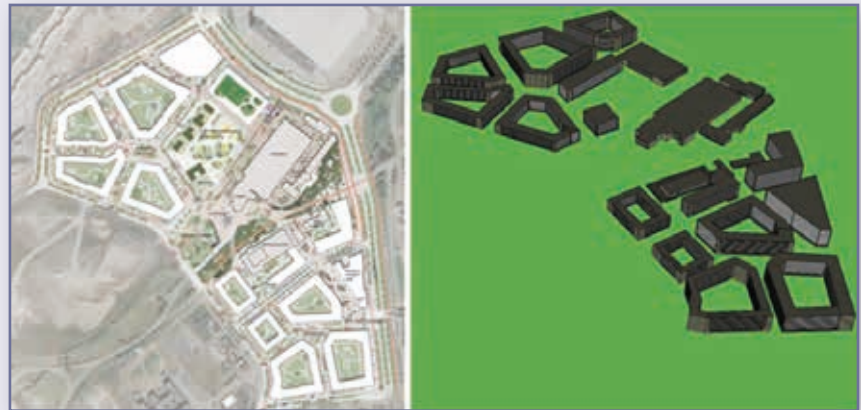


Figure 2. a) Flytårnet area plan, b) Simulation of the neighbourhood in IDA ICE.

For å adressere påvirkningen av usikkerheter og velge det mest holdbare designet, ble en metode basert på robusthet utviklet for å enklere kunne ta beslutninger (T-robust metodikk) og testet i bygnings-skala. Denne metodikken integrerer robusthetsvurdering og beslutningstaking, ved å støtte en omfattende evaluering av designalternativer under usikkerhet.

For å hjelpe Bærum kommune med å velge det mest holdbare designet av Flytårnet-området, utvider ZEN bruken av T-Robust-metodikken fra bygnings- til nabolagsnivå. I den forbindelse vil ulike løsninger, f.eks. bygningskroppen og energisystemer, kombineres og skape forskjellige designalternativer. Disse alternativene vil bli evaluert under ulike usikkerhetsscenarioer, f.eks. været og beboeradferd, ved bruk av bygnings-simuleringsvektøy (IDA ICE). (Figur 2). Til slutt vil T-Robust-metodikken velge det mest robuste designalternativet med tanke på fremtidige usikkerheter. Det vil bli interessant å se hvilke løsninger som vil bli valgt som det mest holdbare designet for

Flytårnet-området ved bruk av T-Robust-metodikken.

Referanser:

- [1] Homaei, S., & Hamdy, M. (2020). A robustness-based decision-making approach for multi-target high performance buildings under uncertain scenarios. *Applied Energy*, 267, 114868.
- [2] Moschetti, R., Homaei, S., Taveres-Cachat, E., & Gynning, S. (2022). Assessing Responsive Building Envelope Designs through Robustness-Based Multi-Criteria Decision Making in Zero-Emission Buildings. *Energies*, 15(4), 1314.

Energy retrofitting of a multi-building complex on the NTNU campus Gløshaugen towards zero emission neighbourhood (ZEN)



David Bjelland
PhD candidate



Figure 1. NTNU campus Gløshaugen with the central building complex [4]

Retrofitting projects of multiple non-residential buildings must reduce energy consumption and the associated greenhouse gas emissions.

With climate goals in mind, the building and construction sector must change drastically and reduce energy consumption and greenhouse gas emissions to pave the way towards a climate-neutral Europe in 2050. For the current building stock, which to a large share is predicted to still be in use in 2050, this means that buildings must be retrofitted to reduce energy consumption and increase energy production both on and off-site. The European strategy, the *Renovation Wave*, targets public buildings during the establishment of “a role model and reference point” [1, p. 23].

Researchers’ focus has so far mainly been on the retrofit of individual residential buildings, while larger projects of multiple buildings and non-residential building typologies are just emerging. Current research concentrates on a few climate zones only, namely warm temperate and continental climates in Europe and China. Other difficulties are the multitude of different energy and emission-related standards, the lack of unified methods,

and the social implications that are difficult to define when moving to the neighbourhood scale.

To tackle some of the mentioned gaps, the central building complex on the NTNU campus Gløshaugen, as part of the ZEN pilot project “Knowledge Axis Trondheim” [2], is chosen as a case study. This non-residential building complex consists of two high-rise buildings and three connected low-rise buildings. It was built during the 60s and needs energy upgrading, with the additional challenge of being listed as class “C” in terms of heritage value. The buildings’ fabrics are typical for Norway during this construction period.

Preliminary analyses revealed hygro-thermal weaknesses such as a risk of condensation in external constructions. The energy consumption of about 216 kWh/(m²·a), significantly larger than the 125 kWh/(m²·a) required by the Norwegian regulation TEK17 for university campuses [3], demonstrates great energy-saving potential. Meeting the current regulation, the buildings could save about 2.7 GWh annually, a reduction of 42 %.

Future research will develop measures to save and generate renewable energy

while complying with restrictions such as the heritage value, which will result in an applicable retrofitting framework. Current work was presented at the last “Norwegian Building Physics Day” and will be published, among others, at the “Nordic Symposium on Building Physics” and “World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium”.

References:

- [1] European Commission, “Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives.” European Commission, Oct. 14, 2020. Accessed: Mar. 01, 2022. [Online].
- [2] “NTNU Campus, Knowledge Axis Trondheim – FME ZEN.” <https://fmezen.no/knowledge-axis-trondheim/> (accessed Mar. 08, 2022).
- [3] “Byggeteknisk forskrift (TEK17).” <https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/> (accessed Jan. 14, 2023).
- [4] “Rapport om campussamling levert - NTNU.” <https://www.ntnu.no/campusutvikling/rapport-om-campussamling-levert> (accessed Mar. 28, 2023).

Energiretrofitting av sentralbyggene på NTNU campus Gløshaugen mot nullutslippsområde (ZEN)

Retrofittingprosjekter av områder med flere yrkesbygninger må økes for å redusere energiforbruket og tilknyttet klimagassutslipp effektivt.

Med klimamål i tankene må bygg- og anleggssektoren endre seg drastisk og redusere energiforbruk og klimagassutslipp for å bane vei mot et klimanøytralt Europa i 2050. For dagens bygningsmasse, som i stor grad forventes å fortsatt være i bruk i 2050, betyr dette at bygninger må oppgraderes for å redusere energiforbruket og øke egen energiproduksjon. Den europeiske strategien, *Renovation Wave*, retter seg mot offentlige bygninger for å etablere rollemodeller og referanseprosjekter [1, s.23].

Forskerens fokus har så langt hovedsakelig vært rettet mot renovering av enkle boliger, mens større prosjekter med fokus på yrkesbygg dukket opp sjeldent. Nåværende forskning konsentrerer seg hovedsakelig om noen få varmere klimasoner i Europa og Kina. Blant andre utfordringer er ikke uniforme energi- og

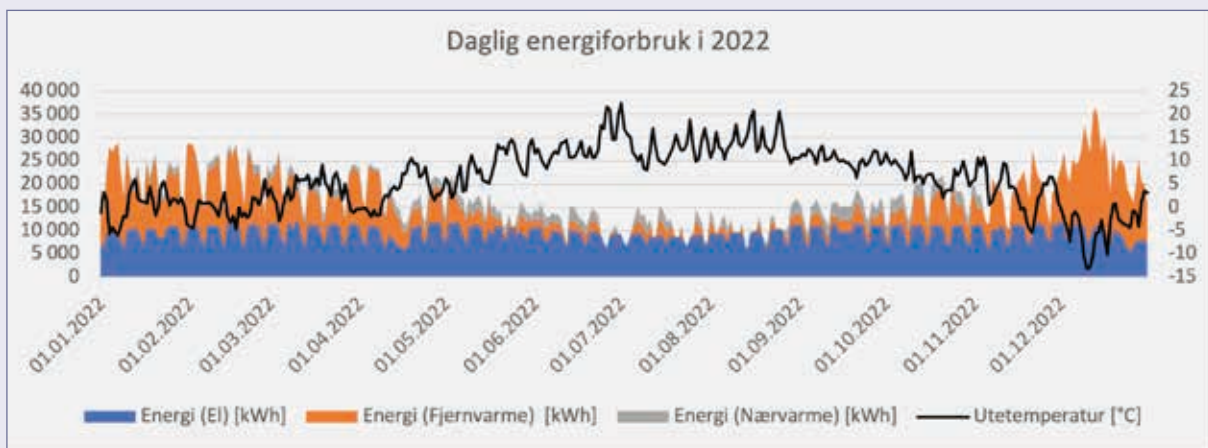
utslippsrelaterte standarder, manglende evalueringmetoder, og sosiale implikasjoner som følge av flyttet fokus fra en enkeltbygning til nabolagsskalaen som er vanskelig å definere.

For å håndtere noen av de nevnte utfordringene ble det velkjente bygningskomplekset, sentralbyggene, på NTNU campus Gløshaugen, som også er en del av ZEN-pilotprosjektet "Knowledge Axis Trondheim" [2], valgt som en case-studie. Bestående av to høyblokker og tre lavblokker tilfredsstillende dette ikke-boligkomplekset fra 60-tallet kriteriene for energioppgradering, med en ekstra utfordring på grunn av antikvarisk verdi klasse C. Kompleksets konstruksjoner er typiske for bygg i Norge fra denne perioden.

Foreløpige analyser avdekket svakheter tilknyttet hydrotermiske prestasjoner, som fare for kondens i utvendige konstruksjoner. Energiforbruket på ca. 216 kWh/(m²·a) er vesentlig mer enn 125 kWh/(m²·a) som er kravet til universitets-

bygg ifølge den norske byggtekniske forskriften TEK17 [3] og viser stort potensial for energibesparelser. Hvis oppført i henhold til forskriften vil byggene kunne spare om lag 2.7 GWh årlig, en reduksjon på 42%.

Fremtidig forskning vil fokusere på utvikling av tiltak for energisparing og energiproduksjon som overholder restriksjoner tilknyttet kulturminneverdien, og utviklingen av anvendbare retrofitting-løsninger. Foreløpige forskningsresultater ble presentert på den siste norske bygningsfysikkdagen og vil bli publisert blant annet på årets "Nordic Symposium on Building Physics" og "World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium".



Figur 2. Energiforbruk av sentralbyggene på NTNU campus Gløshaugen i 2022.

Ventilasjon, luftkvalitet og energiforbruk

Et viktig tiltak for å oppnå mindre klimautslipp er å rehabilitere og oppgradere husene som allerede er bygd. De må bli energigjerrige, da er smarte ventilasjonsanlegg en viktig brikke.

I sin doktorgrad med tittelen «*Improvements in Demand-Controlled Ventilation to Reduce Energy Use and Improve Indoor Air Quality*» har Maria Justo Alonso testet hvordan det er mulig å få god innendørs luftkvalitet ved hjelp av ventilasjonssystemer som justerer seg etter luftkvaliteten i rommet, og dermed spare energi.

FRA BERGVARME TIL VENTILASJON

Hun er utdannet gruveingeniør fra Spania, og fattet interesse for bergvarme. Ventilasjon og varmepumper ble det først da hun kom til Norge for å ta en mastergrad i 2007. Deretter fikk hun jobb som vitenskapelig assistent ved NTNU, før hun ble ansatt i SINTEF Energi og jobbet med ventilasjon og varmepumper i 5 år. Deretter begynte hun i SINTEF Byggforsk, men da muligheten til å ta en doktorgrad i FME ZEN kom etter noen år grep hun den.

INNEKLIMA OG HELSE

I takt med økt søkelys på at bygninger skal være tette og godt isolerte for å redusere energiforbruket, har også behovet for å sikre god nok luftkvalitet økt.

– Vi har mange gamle bygninger som er renoverte, men det må ikke gjøres uten å tenke på luftkvaliteten, fordi luftige hus som plutselig blir tette mangler gjerne gode nok ventilasjonsanlegg for å håndtere luftkvaliteten. Dette gjelder også i stor grad i nye bygninger, hvor man trenger fokus på god luftkvalitet, sier Alonso.

For Maria henger helse og produktivitet helt klart sammen med kvaliteten på inn klimaet. Å jobbe og bo i bygninger der luftkvaliteten er dårlig går utover helsen, produktivitet og trivsel.

Dette har ført til et behov for å få nye ventilasjonsløsninger som sikrer at luften blir skiftet ut. Mekanisk ventilasjon er vanlig å velge for å tilfredsstille byggeforskriftene, og i typiske kontorbygg og næringsbygg betyr det ventilering etter behov (DCV), som sammen med varme-gjenvinning velges for å redusere energibehovet. Med DCV skrur ventilasjonen seg av og på etter hvor mange folk som er i rommet. CO₂-innholdet i rommet måles for å bestemme hvor fullt det er, gjerne sammen med temperaturen. Når denne mengden går ned reduseres også ventilasjonen. Men Marias forskning viser at denne måten å gjøre det på ofte ikke tar nok hensyn til andre mulige helse-skadelige stoffer i lufta.

HELHETLIG METODE

Målet med doktorgradsavhandlingen er å utforske og utvikle en holistisk (helhetlig) metode for å få bedre kontroll på ventilasjonen på en slik måte at man reduserer energiforbruket og forbedrer innendørs luftkvalitet (IAQ).

Maria Justo Alonso har gjennomført litteraturstudier for å finne ut hvorfor DCV-anlegg som benyttes i dag ikke er gode nok. – Her fant jeg at CO₂-konsentrasjon og temperatur er viktige faktorer for å måle om det er folk til stede i rommet. Men disse målingene gir ikke svar på om det finnes andre kilder som har

betydning for luftkvalitet og helse. Det er derfor viktig å måle andre forurensninger i tillegg, og som kan benyttes til å kontrollere ventilasjonen. Dette kan være partikler, flyktige organiske forbindelser, formaldehyd og annet som kan gi helseskade om man eksponeres for dem over lang tid.

I neste runde gjennomførte hun feltstudier for å finne ut hva som var viktig og mulig å måle av forurensninger. Her satte hun ut målere på tre kontorer, fire skoler/klasserom, ett industrikjøkken, en gym og på 21 hjemmekontor. De siste ble sortert etter om det var dedikerte rom eller bruk av kjøkken, stue eller soverom, eller alt-i-ett: kontor, stue, kjøkken og soverom. Også her sammenlignet hun resultatene med litteraturen for å finne om norske hjemmekontorer skiller seg ut.

«GJØR DET SELV-SENSORER»

– Vi spurte oss selv om hvordan vi kunne utføre disse målingene på en billig, men sikker måte. Vi landet på såkalte Arduino «low-cost sensorer», som man enkelt kan kjøpe fra nettbutikker, og som kan måle CO₂, fuktighet, temperatur, VOC, formaldehyd og svevestøv i rommet. Til vårt bruk måtte vi utvikle en kalibreringsmetode for å bekrefte og forbedre nøyaktigheten til disse «billige» sensorene, forteller hun. Disse skulle, sammen med en RaspberryPi for å håndtere kommunikasjon, ikke koste mer enn 200 EURO.

SENSORER SOM SNAKKER SAMMEN

Hun viser frem en sensorboks som hun har bygd. – Her er det sensorer som måler forskjellige typer forurensning i rommet og uteluft, og de snakker sammen med f.eks. vifter og ventil/spjeld for å kontrollere dem og forbedre luftkvaliteten.

De parameterne som måles er CO₂, temperatur, fuktighet, PM, flyktige organiske forbindelser og formaldehyd. For å styre ventilasjonen er det viktig å kun bruke de viktigste parameterne fordi alt som kommer i tillegg gjør det hele mer komplekst.

- Og derfor har vi utviklet en metode for å kunne velge de parameterne som er viktigst i hver case. Så trenger vi en aktuator som gjør noe når målingene krever det. F.eks. åpne et spjeld, aktiverer en vifte o.l.

BEDRE INNEKLIMA, MINDRE ENERGIBRUK.

– *Hva tenker du at din ph.d. kan bidra med i det store bildet?*

- Jeg mener at funnene kan bidra til utviklingen av mer avanserte løsninger for å regulere ventilasjon slik at en sikrer sunnere innemiljøer, noe som også fremmer bedre helse og mer produktivitet, samtidig som det bidrar til at bygningene bruker mindre energi.

I løpet av doktorgradsarbeidet har hun også opplevd utvikling innen ventilasjon og ikke minst på sensorsiden.

- Bare fra jeg startet til i dag har det skjedd mye. Vi kan måle mye mer nå enn vi kunne før og kostnadmessig er det blitt mye billigere.

// Å jobbe og bo i bygninger der luftkvaliteten er dårlig går utover helsen, produktivitet og trivsel



ARBEIDSPAKKE 4: ENERGIFLEKSIBLE OMRÅDER

ARBEIDSPAKKE 4 handler om å gjøre energibruken mer fleksibel, og dermed muliggjøre et nullutslipps energisystem basert på fornybar energi. Arbeidspakken er oppdelt i tre oppgaver, som fokuserer på 1) modellering av termiske komponenter og nett, 2) modellering av elektriske ressurser, 3) optimal kontroll av energisystemer i bygninger og nabolag. Det er stor partnerinvolvering, og testing av en rekke indikatorer og verktøy i samarbeid med partnere er i gang.



Seniorforsker
IGOR SARTORI
er leder av arbeidspakke 4
i FME ZEN





Flittige forskere. På første rad Igor Sartori (leder). Andre rad: Marius Bagle, Benjamin Manrique Delgado. Tredje rad: John Clauß, Harald Taxt Walnum og Thomas Elvrum Lassen. Fjerde rad: Åse Lekang Sørensen og Synne Lien Krekling.



Generating load profiles for residential EV charging – Based on statistics



Åse Sørensen
Seniorforsker/
senior researcher
SINTEF

Transitioning to electric vehicles (EVs) is one of the solutions in the low carbon society. In Norway, there is a national goal that all new cars sold by 2025 should be zero-emission (electric or hydrogen). As EV charging can challenge the grid capacity, we have developed a generator that may simulate realistic energy data for EV charging.

By September 2022, the market share of plug-in EVs was 78%. Norway is a leading country within the use of EVs, and experiences from Norway are relevant also for other nations.

Most people charge their EVs at home or work. EV charging can challenge the grid capacity, and knowledge about EV

charging is important. In FME ZEN, we are analysing EV charging by buildings. This includes studying charging habits, energy use and flexibility in residential buildings, as presented in the ZEN Annual report 2021. In 2022, these EV charging data has formed the basis for a new “stochastic load profile generator”. Master student Maria Claire Westad has developed the first version of the generator, together with ZEN researchers.

It can be challenging to access quality time series with residential EV data and load profiles. In some situations, there is an advantage to use a model to generate stochastic load profiles, compared to analysing original EV data and load profiles directly. A stochastic load profile generator can provide load profiles for any number of EVs, and with EV parameters for different types of EV fleets.

EV charging habits have a sporadic nature, with for example varying plug-in/ plug-out time, weekly charging frequ-

ency, and energy charged per charging session. The goal of the load profile generator is to simulate realistic hourly energy data for EV charging, assuming immediate charging after plug-in.

As an input to the generator, the user specifies the number of EVs to be simulated, with a specified share of “large” or “small” EVs. The EV size refers to the charging power and battery sizes of the cars. As an output of the generator, hourly load profiles for each of the EVs are provided, with hourly energy data for a full year. Based on the individual load profiles, aggregated load profiles are created, for all the simulated EVs together. In addition to the energy data, the plug-in and plug-out time, charged energy, and non-charging idle hours are provided.

The results of the generator illustrate the current charging patterns, and how charging habits and load profiles depend on the size of the EVs. We have also analysed how this affect coincidence factors and coincident peak demand, which are important factors in grid dimensioning. Data from the load profile generator can be used further analysing energy flexibility, where EV charging can be shifted in time, for example to the night, to reduce the grid burden.

References:

Åse Lekang Sørensen, Maria Claire Westad, Benjamin Manrique Delgado, Karen Byskov Lindberg (2022).

Stochastic load profile generator for residential EV charging. BuildSim-Nordic 2022. E3S Web of Conferences Volume 362. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202236203005>

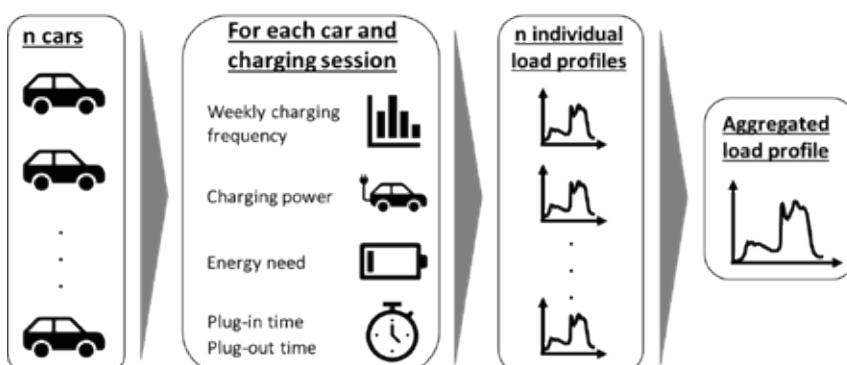


Figure: Illustration of the stochastic load profile generator for residential EV charging.

Fremstilling av lastprofiler for elbillading ved boligbygg – Basert på statistikk



Foto: Tove Lailuten

Overgang til elbiler er en av løsningene i lavkarbonsamfunnet. Norge har et nasjonalt mål om at alle nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy (elbiler og hydrogenbiler) fra 2025. Da må vi ha differensierte lademuligheter.

Norge er et ledende land innen bruk av elbiler, i september 2022 var markedets andelen for elbiler 78% og erfaringer fra Norge er relevante også for andre nasjoner.

De fleste lader elbilene sine hjemme eller på jobb. Elbillading kan utfordre nettkapasiteten, og kunnskap om elbillading er viktig. I FME ZEN analyserer vi elbillading ved bygninger. Dette inkluderer studier av ladevaner, energibruk og fleksibilitet i boligbygg, som presentert i ZEN Årsrapport 2021. I 2022 har disse ladedataene dannet grunnlaget for en ny "stokastisk lastprofilgenerator". Masterstudent Maria Claire Westad har utviklet den første versjonen av generatoren, sammen med ZEN-forskere.

Det kan være vanskelig å få tilgang til tidsserier med elbil-data og lastprofiler. Elbillading er i tillegg ofte sporadisk, med for eksempel varierende tilkoblings/ frakoblingstid, ukentlig ladefrekvens og ladet energi per ladeøkt. Det kan derfor være en fordel å bruke en modell for å skape stokastiske lastprofiler, istedenfor å analysere originale elbil-data og lastprofiler direkte.

Målet med lastprofilgeneratoren er å simulere realistiske energidata per time for elbil-lading, forutsatt umiddelbar lading etter tilkobling.

Generatoren trenger informasjon om antall elbiler som skal simuleres, med en spesifisert andel «store» eller «små» elbiler. Elbil-størrelsen refererer til ladeeffekten og batteristørrelsene til bilene. Fra generatoren får man energidata med timesoppløsning, for hver av elbilene for et helt år. Basert på de individuelle lastprofilene opprettes aggregerte lastprofiler, for alle de simulerte elbilene samlet. I tillegg til energidataene opp-

gis tilkoblings- og frakoblingstid, ladet energi og antall ledige timer hvor bilen er tilkoblet, men ikke lader.

Resultatene fra generatoren illustrerer lademønsteret i dag, og hvordan ladevaner og lasteprofiler avhenger av størrelsen på elbilene. Vi har også analysert hvordan dette påvirker samtidighetsfaktorer og topplast, som er viktige faktorer i nettdimensjonering. Data fra lastprofilgeneratoren kan brukes videre i analyser av energifleksibilitet, hvor elbilladingen kan flyttes i tid, for eksempel til natten, og slik avlaste nettet.

I tillegg til den tekno-økonomiske analysen ble det gjennomført en screening-LCA for å se hvilke elementer i prosjektet som bidrar til høyest klimagassutslipp gjennom levetiden. Laveste utslipp ble oppnådd med casene med lavest turtemperatur grunnet høyere COP for varmepumpene.

How can thermal storage give flexibility in the grid?



Xingji Yu
Postdoktor/NTNU

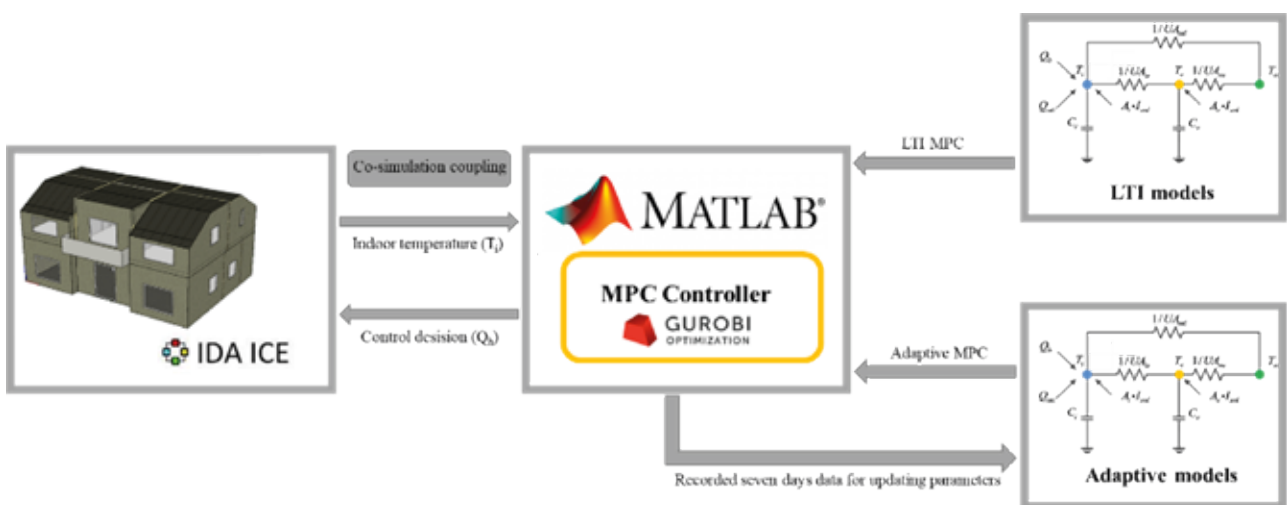
Imagine if heat production could be decided by the building itself when the price is low, and there is renewable electricity to buy.

Is it possible to get a residential building to reduce or switch off energy consumption when the electricity comes from fossil sources and use more when it comes from renewable production? Yes, but we need to be able to store the heat when the electricity is renewable and cheap. That is particularly true in the Nordic countries where the winter can be cold, and the need for heating is crucial. The descent is just for short periods, so the storage can preferably be in building ma-

terials in the rooms where the heat is produced. If we can do this, the flexibility in the network will be much better, and the danger of overloading will be less.

By using a grey-box modeling of the building thermal dynamics for MPC Applications it is possible to test this using computer-driven control models (MPC).

This applies to residential buildings that have no other means of "storing" heat. Yu uses a data-driven model which, among many things, considers both the outdoor temperature and the temperature of the room throughout the day.



Modell av Grey Box- testen. / A modell of the Grey Box Test.

Hvordan kan termisk lagring gi fleksibilitet i nettet?

Er det mulig å få et boligbygg til å redusere eller skru av energiforbruket når strømmen kommer fra fossile kilder og bruke mer når det kommer fra fornybar produksjon? Ja, men da må vi ha muligheter til å lagre varmen når strømmen er fornybar og billig.

Det gjelder spesielt i Norden hvor vinteren kan være kald, og behovet for oppvarming er stort og viktig for å opprettholde en viss komfort. Det er viktig å vite at kutt i oppvarmingen skjer over svært korte perioder, så lagringen kan fortrinnsvis være i byggematerialene, tak, vegger, i de rommene der varmen produseres. Hvis vi kan gjøre dette, vil fleksibiliteten i nettverket bli mye bedre, og faren for overbelastning vil være mindre.

Ved å bruke en «gråboksmodellering» (Grey-box modeling) av bygningens termiske dynamikk for MPC-applikasjoner

er det mulig å teste dette ved hjelp av datastyrte kontrollmodeller (MPC). Dette gjelder boligbygg som ikke har andre måter å "lagre" varme på. Her benyttes en datadrevet modell som blant annet vurderer både utetemperaturen og temperaturen i rommet gjennom dagen.

For å teste modellen er det utført tester i ZEN Living Lab. Modellen vil forhåpentligvis etter hvert gjøre det mulig for et boligbygg å bestemme selv om det vil bruke strøm eller ikke, avhengig av pris-signalet fra energimarkedet.



Xingji Yu har utført tester i Living Lab for å finne ut om det lar seg gjøre at bygget selv bestemmer når det skal bruke strøm eller ikke.



Hva avgjør om det er for kaldt eller varmt på kontoret?

Han har fått kontorfolk til å svette over tastaturet og strekke seg etter den ekstra gensenen når temperaturen har gått ned mot 20 grader. Begge deler i jakten på den perfekte innetemperaturen i et klimaperspektiv.

I sin doktorgrad om inneklime har Matteo Favero undersøkt komfort og fleksibilitet i forbindelse med temperatur i kontorbygninger.

- Flexibilitet i energisystemene blir mer og mer viktig, vi må kunne skru av når det er nødvendig for ikke å overbelaste nettet, og forbruke når forholdene ligger til rette for det, sier Favero. Det krever også at folkene som bruker bygningene må være mer fleksible med hensyn til innendørs temperatur.

Italienske Matteo Favero (34) tok bachelor og mastergrad innen bygg med fokus på energi og bygg ved Polyteknisk universitet i Milano (Politecnico di Milano). Han fikk seg jobb som bygningsingeniør og arbeidet med energisertifisering av bygninger.

- Det gjorde jeg noen år, men etter hvert hadde jeg lyst til å komme videre og gjøre nye ting. Derfor søkte jeg på en ph.d. på NTNU i Norge.

Søknaden ble akseptert og Matteo flyttet til Trondheim i 2018, i god tid før pandemien kom. Ved NTNU ble han knyttet

til institutt for bygg og miljøteknikk og skrev ph.d. avhandlingen *Theoretical and experimental analysis of methods for enhancing user comfort in dynamic thermal indoor environments*.

FOR VARMT ELLER KALDT

For å samle data gjennomførte Matteo flere forsøk i testlaboratoriet, høsten 2019 til januar 2020. Her kunne han endre temperaturen mens folk jobbet.

- Jeg ville teste hva som gjorde at folk følte seg ukomfortable i rommet; var det fordi det var for varmt eller for kaldt? Og hva som er det «turning point» for dem, forklarer Favero.

Folk ble invitert til å sitte å jobbe i laboratoriet gjennom dagen. Ved siden av seg hadde de en knapp som de kunne trykke på når de kjente ubehag. Da ville et spørreskjema komme opp på skjermen med noen spørsmål. Slik kunne Matteo knytte handling til persepsjon (sanseoppfattelse).

- I tillegg til temperatur og komfort, svarte de også på spørsmål om lyd- og

lysforhold og luftkvalitet. Selv om jeg i min avhandling bare ser på komfort og temperatur, kan de andre svarene gi input til senere prosjekter, sier Favero.

AKTIVT DELTAGENDE

Å forstå hvordan de som bruker rommene og bygninger oppfatter temperatur er viktig.

- Vi må se på disse som aktive deltagere som kan påvirke omgivelsene sine. Og forstår vi hva som påvirker dem, kan vi også designe og styre bygninger basert på hvordan de bruker bygget og ikke bare på at vi skal spare energi. Da kan vi vite hvor mye varme folk tåler på kontoret før nok er nok – og ikke minst hvor kaldt det kan være før det blir ubehagelig.

I studien fant han ut at nesten uansett hvilken temperatur man startet på og deretter økte, så ble 24 – 25 grader for varmt og ubehagelig. Gikk man motsatt vei, var det andre mekanismer som slo inn. Å senke temperaturen fra 22 til 21 eller fra 23 til 22 hadde samme effekt. Gikk man lavere ble det for kaldt. Så her har starttemperaturen mye å si.

PUSTEROM

Matteo har vært bevisst på å bruke Trondheim og ha litt fritid i den tiden han har jobbet med ph.d.'en. Han har vært frivillig på Studentersamfundet. I tillegg er han glad i å være utendørs og bruke naturen.

Fleksibilitet i energisystemene blir mer og mer viktig

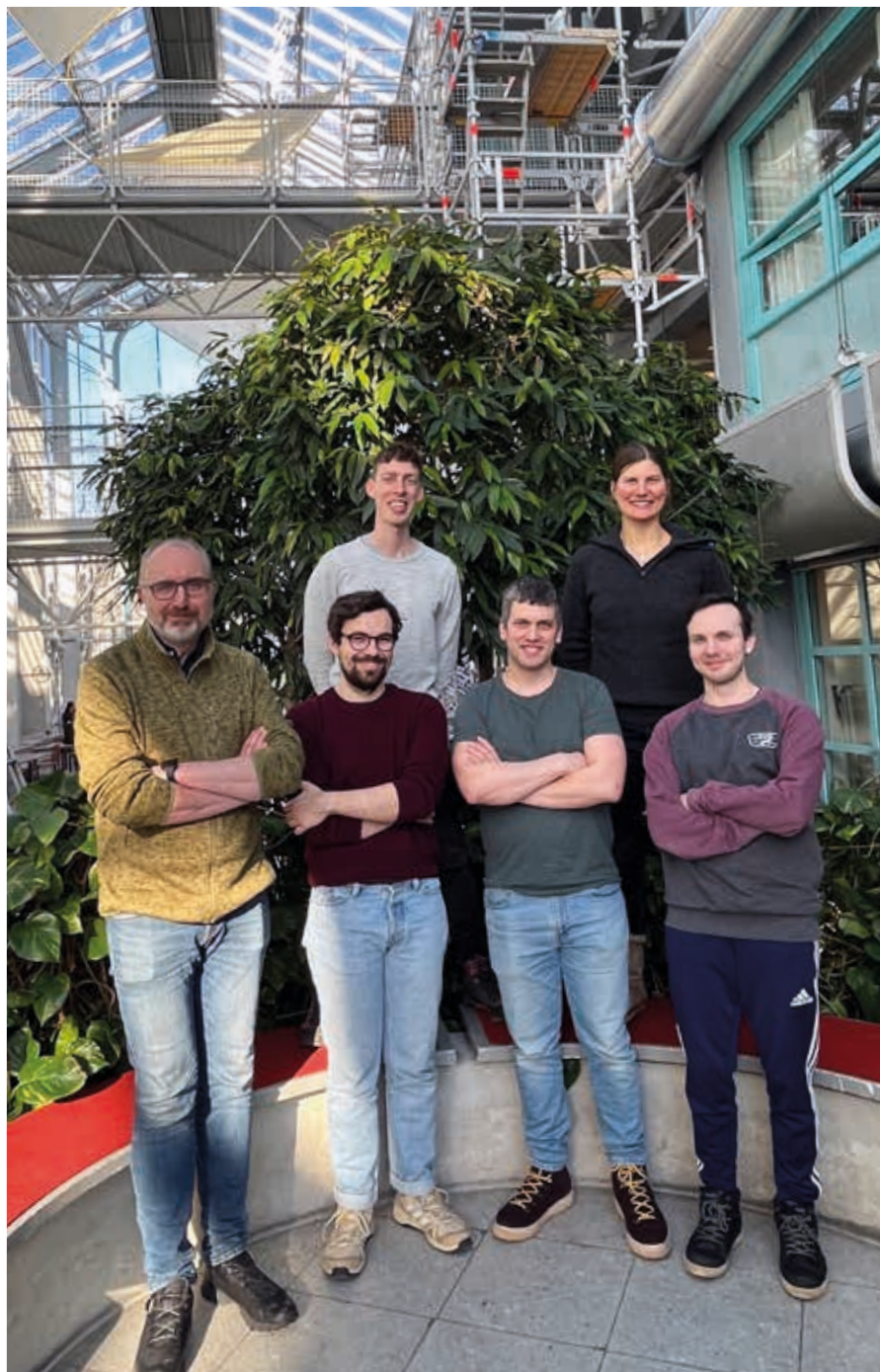
AP 5: OPTIMALISERING AV OMRÅDERS ENERGISYSTEM

ARBEIDSPAKKE 5 har som hovedmål å utvikle og anvende metoder for beregning av kostnadseffektiv utnyttelse av tilgjengelige ressurser i områder, i et samspill med det omkringliggende energisystemet. Vi jobber med forskjellige verktøy, og hovedaktiviteten har vært å bruke og videreutvikle INTEGRATE-verktøyet for optimal planlegging av lokale energisystem. Dette verktøyet bruker vi også for å planlegge energisystemet for Nyhavna i Trondheim, som er en del av pilot Kunnskapsaksen. Her ønsker man best mulig bruk av lokale termiske og elektriske energiresurser, og samspill mellom disse. I tillegg ser vi på hvordan nullutslipps nabolag (ZEN) påvirker det Europeiske energisystemet.

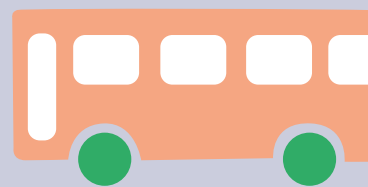


Seniorforsker HANNE KAUKO, SINTEF
er arbeidspakkeleder





Energisk team: Bak fra venstre: Stien Backe, Hanne Laura Kauko (leder),
Foran fra venstre: Ove Wolfgang, Dimitri Pinel, Magnus Askeland og August Brækken



Energy efficiency, district heating and heat pumps for reduced power consumption



Hanne Kauko
SINTEF Energi



Benjamín Manrique Delgado
SINTEF Community



Igor Sartori
SINTEF Community



Stian Backe
SINTEF Energi

The Norwegian power system is facing enormous challenges in the transition to a fossil-free society. The on-going electrification of transport and industry, together with establishment of new power-intensive industries, calls for rapid and extensive increase in both production of renewable electricity and the transmission grid capacity. This increase could partly be avoided through energy efficiency measures, heat pump adoption, and the use of alternative energy carriers for heating. Reduced energy delivered to buildings together with increased use of district heating have a great potential to reduce Norwegian electricity demand, and at the same time contribute to increased energy system flexibility when the grid is under the highest load.

The aim of this study was to quantify the potential for increased use of district heating and heat pumps on reducing buildings' future electricity demand in Norway. The future energy demand of the Norwegian building stock, divided into three different groups with regards to population density, was first modelled in different scenarios with respect to energy efficiency and potential access to district heating network. The outcome was then applied in an energy system model to account for different energy sources and the flexibility available in the production of district heating.

The study shows that increased use of district heating reduces buildings' electricity consumption, and in particular the buildings' peak power demand.

Comparing to 2020 level, continuing with business as usual will lead to 3% increase in buildings' electricity demand by 2030, and +7% by 2050. The corresponding increase in buildings' peak power demand is +2% by 2030 and +5% by 2050. Maximizing the use of district heating without ambitious energy efficiency standards will allow the buildings' electricity demand to remain at the 2020 level, while buildings' peak power demand could be reduced with -1% by 2030 and -5% by 2050.

A net reduction in both electricity and peak power demand in buildings is achieved only when maximal use of district heating is combined with ambitious energy efficiency standards and maximizing the use of heat pumps in rural areas where district heating is not feasible. This scenario allowed a reduction of -12% in buildings' electricity demand by 2030 and -26% by 2050, compared to 2020 levels. The buildings' peak power demand could be reduced with -17% by 2030 and -35% by 2050.

The results are of utmost importance for all stakeholders involved in the development of the energy system in Norway, at local and national level. Cold periods in the winter, and the inefficient use of electricity for heating, are the driving force for investments in the power system. Massive extension in the power production and transmission capacity can be partially avoided with strong emphasis on buildings' energy efficiency, together with the use of district heating in urban areas and heat pumps in rural areas. This can reduce the total system costs for production energy and spare the natural environment for unnecessary further intervention.



Energieffektivisering, fjernvarme og varmepumper for et redusert kraftbehov

Det norske kraftsystemet står overfor enorme utfordringer i overgangen til et fossilfritt samfunn. Den pågående elektrifiseringen av transport og industri, sammen med etablering av ny kraftintensiv industri, krever rask og omfattende økning i både produksjon av fornybar elektrisitet og transmisjonskapasitet. Denne økningen kunne delvis unngås gjennom energieffektivisering sammen med økt bruk av varmepumper og alternative energibærere til oppvarming. Redusert energibruk i bygninger og mer utbredt bruk av kollektive oppvarmingsløsninger som fjern- og nærvarme har et stort potensial for å redusere strømbehovet i Norge, og samtidig bidra til økt energisystemfleksibilitet, i perioder når nettet er høyest belastet.

Vi har i denne studien kvantifisert potensialet for økt bruk av fjernvarme og varmepumper for å redusere strømbehovet i Norge. Det fremtidige energibehovet til den norske bygningsmassen, delt i tre ulike grupper i forhold til beboertetthet, ble først modellert i ulike scenarier i forhold til energieffektivitet og bruk av vannbåren oppvarming. Resultatet ble deretter brukt i en energisystemmodell for å ta hensyn til ulike energikilder og fleksibiliteten som er tilgjengelig i produksjon av fjernvarme.

Studien viser at økt bruk av fjernvarme reduserer det totale strømforbruket, og da spesielt topp-lastbehovet. Sammenlignet med 2020-nivået, vil fortsettelse med dagens praksis føre til en økning på +3 % i total etterspørsel for elektrisitet på grunn av bygninger alene innen 2030, og +7 % innen 2050. Den tilsvarende økningen i topplastbehov er +2 % innen 2030 og +5 % innen 2050. Gjennom maksimal bruk av fjernvarme vil det totale elektrisitetsbehovet forbli på 2020-nivå, mens

toppeffektbehovet kan reduseres med -1 % innen 2030 og -5 % innen 2050.

En betydelig reduksjon i både det totale strømbehovet og topplastbehovet oppnås først når maksimal bruk av fjernvarme kombineres med ambisiøs energieffektivisering og maksimal bruk av varmepumper i rurale områder der fjernvarme ikke er lønnsomt. I et slikt scenario er det mulig å oppnå en reduksjon på -12 % i det totale strømbehovet innen 2030 og -26 % innen 2050 sammenlignet med 2020-nivået. Toppeffektbehovet kan reduseres med -17 % innen 2030 og -35 % innen 2050.

Resultatene er av største betydning for alle interessenter som er involvert i ut-

viklingen av energisystemet i Norge, på lokalt og nasjonalt nivå. Kuldeperioder om vinteren, og ineffektiv bruk av strøm til oppvarming, er drivkraften for investeringer i kraftsystemet. Massiv utvidelse av kraftproduksjon og overføringskapasitet kan delvis unngås med sterkt fokus på energieffektivisering i bygg sammen med økt bruk av fjernvarme for oppvarming i tettbygde strøk, og varmepumper i rurale områder. Dette kan redusere de totale systemkostnadene for energiproduksjon og spare naturen for unødvendige ytterligere inngrep. For å utløse potensialet med økt energieffektivisering og økt bruk av fjernvarme kreves det imidlertid sterke politiske tiltak, for å fjerne eventuelle regulatoriske barrierer og gi finansiell støtte til de riktige tiltakene.

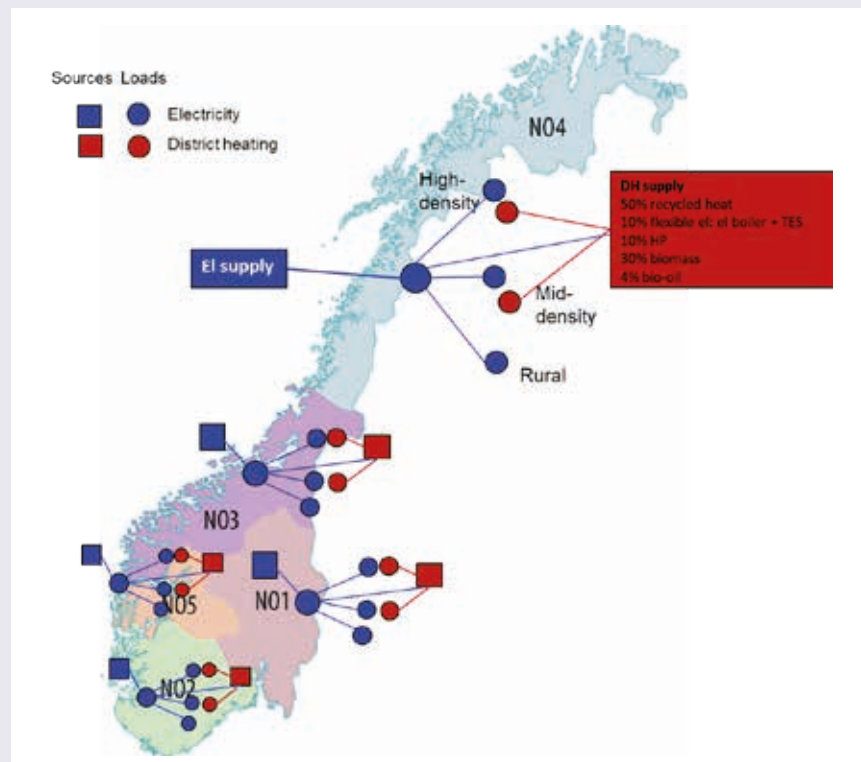


Figure 1: Illustrates the adopted approach for energy system modelling. / Illustrasjonen viser en tilnærming til modellering av energisystem

Strømmen kan bli billigere ved å koordinere lokale energiresurser

Lokal energihandel kan sikre effektiv forvaltning og fleksibilitet i kraftnettet framover.

Dette er noe Magnus Askeland er opptatt av og forsker på. Dette var også tema for hans Ph.d. som han gjorde ferdig høsten 2022 som en del av arbeidspakke 5 i FME ZEN.

Energisystemet bør dimensjoneres og driftes ut fra helheten i området. Det krever dermed gode energiløsninger, ofte i et samspill mellom flere, alt fra eiere av større bygg og industri til private boligeiere.

– Vi har mange gode eksempler på at det mulig å selge strøm i et lokalt marked. Når man har flere bygg i et område, er mulighetene til å få gevinster av slike tiltak store. Samtidig er det to forskjellige sektorer som må finne sammen; bygg- og energisektoren. Reguleringen av disse er litt separert i dag, og det er ønskelig å finne noe som fungerer for begge to. For dagens regelverk er ikke tilpasset lokale energiløsninger på tvers av eiere, forklarer Magnus.

BRUK AV LOKAL, FORNYBAR ENERGI

Nett-tariffer er beregningsgrunnlaget for prisen en kunde betaler til eieren av kraftnettet for overføring av den elektriske energien fra sentralnettet og inn til den enkelte kunde. Gjennom arbeidet i sin Ph.d. og annet forskningsarbeid i FME ZEN, har Askeland sett på hvordan nett-tariffer og lokale markeder kan spille sammen for å få til gunstige løsninger på områdenivå.

– Her handler det om å etablere effektive insentiver for alle, som gir god forvaltning av lokale energiresurser og kraftnett, forklarer han.

Det kan for eksempel være å få eiere av ladeanlegg for elbiler til å styre ladingen mot tidspunkter når strømbruket ellers i nettet er lav. Slik kan de bruke lokal fornybar energi direkte, framfor å måtte lagre dette eller sende det ut på nettet.

– Vi har også analysert de samfunnsøkonomiske fordelene ved å supplere nett-tariffer med lokale markeder for utveksling av fleksibilitet. Dette arbeidet er unikt, siden de fleste hittil har jobbet mye med design av nett-tariffer og lokale markeder hver for seg. Det er spennende å se hvilke muligheter som finnes i det lokale energimarkedet, og så har vi noen hindringer som må løses før vi kan få full effekt.

TEKNOLOGI OG ØKONOMI

I dette arbeidet har Askelands fagkombinasjon kommet til nytte. Han tok en sivilingeniørutdannelse og en bachelorutdannelse i samfunnsøkonomi omtrent samtidig (2010-2016). Og begge fagområdene har han kombinert i Ph.d. arbeidet sitt.

– Før jeg startet på doktorgraden min var jeg energitranee i SINTEF. Der var jeg hos tre forskjellige aktører i løpet av to år: SINTEF, Statnett og Direktoratet for samfunnssikkerhet og

beredskap. Det er nyttig å kunne se på samme tema fra forskjellige ståsted i energisektoren. Jeg har også hatt stor nytte av erfaringene og ikke minst kontaktene jeg fikk da, i arbeidet med Ph.d. oppgaven min.

GODE LØSNINGER FOR HELE OMRÅDET

Å tilrettelegge for lokalt samspill rundt energiløsningene kan være fornuftig. Det bør lønne seg for hver enkelt å handle til det beste for helheten. Får vi til det, kan det redusere kostnaden til alle strømkunder. Samtidig må vi huske på at folk flest neppe ønsker å ha et aktivt forhold til det å kjøpe og selge fleksibilitet og styre forbruket sitt ut ifra dette. Her må derfor bedrifter tilby løsninger som utnytter teknologien på en samfunnsøkonomisk god måte – slik at folk opplever at det «går av seg selv».

– Å få til dette beror på at man får på plass hensiktsmessige rammevilkår, slik at det kan etableres forretningsmodeller som bygger opp under de gode og helhetlige energiløsningene, sier Askeland.

Det er allerede mulig å optimalisere energiforbruket innenfor enkeltbygg, og det kan være et naturlig neste steg å optimalisere energiforbruket på tvers av bygninger. Dette jobber Magnus Askeland nå videre med, som forskningsressurs i ZEN og andre SINTEF-prosjekter.



Det er spennende
å se hvilke muligheter
som finnes i det lokale
energimarkedet



ARBEIDSPAKKE 6: PILOTPROSJEKTER OG LEVENDE LABORATORIER

ARBEIDSPAKKE 6 – Pilotområder og Levende Laboratorier jobber med oppfølging og tilrettelegging for arbeidet ZEN forskere og partnere gjør i pilotområdene. I arbeidspakken ligger det også oppgaven om å teste ut det analytiske rammeverket utviklet i arbeidspakke 1. Ambisjonene er å vurdere flest mulig av ZEN definisjonens nøkkelindikatorer (KPI) i pilotene, noe som vil gi oss konkrete resultater på anvendbarhet av indikatorene, samt om hvordan pilotene presterer sammenlignet med andre typiske områder.



Seniorforsker **JUDITH THOMSEN**
er leder for arbeidspakke 6
i ZEN





Fra venstre: Lars Arne bø, Christofer Skaar, Thomas Berker, Judith Thomsen (leder), Lillian Sve Rokseth,
På skjermen: Øverst: Åse Sørensen Lekanger, Synne L. Krekling, Marianna Kjenseth Wiik, Harald T Walnum,
Shabnam Homaie, Ruth Woods



How to organize and plan for effective freight transport on campus sites?



Hampus Karlsson
SINTEF

Many deliveries to many different customers in the same area result in a lot of traffic and large amounts of emissions as long as the transport is not electric. A study suggests four possible solutions to efficient transportation on campus.

In the work to co-locate the NTNU campus in Trondheim, the possibilities for streamlining utility and commercial transport on campus have been investigated. One part of the ZEN case has been to gather experiences and inspiration from other campuses. In addition, the case have conducted interviews to gain knowledge of the process of planning for efficient utility and commercial transport in a complex property development project.

The results show that there is great potential for reducing the amount of transport on the campus, transport-related emissions and time spent on deliveries. At the same time, the case has shown that communicate different solutions and designing them so that they work in interaction with all other activities on a campus is not necessarily easy.

In order to streamline transport inside the campus, the following measures can contribute positively. 1) Gain control over ordering routines, so that one large delivery is received instead of many small ones. 2) Establish time management plans for deliveries, to avoid everyone

arriving at the same time which can lead to capacity problems at the specific goods receipt. 3) Establish consolidation centers and internal distribution solutions on campus. 4) Get control of what kind of deliveries come to campus, a large amount are often private packages.

In the concept of a unified campus at Gløshaugen, a consolidation center has been one of the measures to reduce emissions on campus. However, the time frame, the progress plan and the complex landscape of different stakeholders have shown that it is demanding to include and communicate with everyone in order to realize it in a good way. Understanding the level of details and needs of planners and architects in different planning phases has been challenging, and contributed to uncertainty in the various stakeholder and planning groups if the final solution will be satisfactory. The most important experiences from the case is to ensure good and direct lines of communication at the level of professionals. And ensure that all information is communicated and, not least, is communicated in a way so that both sender and recipients have the same understanding of the information.



Hvordan organisere og planlegge for effektiv godstransport på campusområder?

Mange leveranser til mange forskjellige bestillere på samme område gir mye trafikk og store mengder utslipp så lenge transporten ikke er elektrisk. En case studie foreslår fire mulige løsninger for å effektiv transport på campusområdet.

I arbeidet med å samlokalisere NTNU campus i Trondheim har mulighetene for å effektivisere nytte- og næringstransporten på campus blitt undersøkt.

En del av ZEN-casen har vært å samle erfaringer og inspirasjon fra andre campuser. I tillegg har det blitt gjennomført en kartlegging av prosessen med å planlegge for effektiv nytte- og næringstransport i et komplekst byggeprosjekt.

Resultatene viser at det finnes et stort potensial både for å redusere mengden transport på campus, transportrelaterte utslipp og tid brukt på leveranser. Samtidig har casen vist at det å kommunisere løsninger og utforme dem slik at de fungerer i samspill med alle andre aktiviteter på en campus nødvendigvis ikke er enkelt.

For å effektivisere transport inne på en campus kan følgende tiltak bidra positivt. 1) Få kontroll over bestillingsrutiner, slik at det mottas en samlet leveranse istedenfor mange små. 2) Etablere tidsstyring av leveranser, for å unngå at alle kommer samtidig og det oppstår kapasitetsproblemer ved varemottak. 3) Opprette konsolideringssenter og egne



Effektiv transport ved en samling av NTNU Campus er viktig for å få minst mulig utslipp.

distribusjonsløsninger på campus. 4) Få kontroll på hva slags leveranser som kommer til campus, en stor andel er ofte private pakker.

I konseptet med samlet campus på Gløshaugen har et konsolideringssenter vært et av tiltakene for å redusere utslippene på campus. Tidsrammen, framdriftsplanen og det komplekse aktørbildet har imidlertid vist at det er krevende å ivareta og kommunisere med alle for å realisere det på en god måte.

Forståelse for detaljeringsnivå i ulike planfaser og kjennskap til behov hos ulike planleggings/prosjekteringsmiljø til enhver tid har vært utfordrende, og bidratt til usikkerhet i de ulike miljøene om endelig løsning vil være tilfredsstillende. Læringspunkt fra casen er å sikre gode og direkte kommunikasjonslinjer på fagnivå. Samt sikre at informasjon mellom ulike miljø kommer fram og ikke minst blir kommunisert på en måte slik at både avsender og mottakere er trygge på at de sitter igjen med det samme bildet.

The urban microclimate – How does it affect the built environment and city dwellers in Norway?



Johannes Brozovsky
Research scientist

Microclimate-informed urban design can improve the living quality in cities and help to prevent the adverse effects of climate change in order to protect vulnerable population groups.

Cities and urban areas distinguish themselves from rural areas primarily in their size and density of population, and the degree of human-made surface modification. The urban landscape or cityscape is characterized by buildings which act as obstruction to the sun and wind, dark and heavy building materials that are impermeable to water and which can absorb and store large amounts of energy from the sun. In combination with a lack of vegetation and water bodies that provide cooling from the evapotranspiration, city centres are usually a few degrees warmer than their rural surroundings. This phenomenon is called urban heat island effect and temperature differences are usually 1–3 °C on average but reach maximum values of more than 10 °C in large cities.

Studies of the urban microclimate at NTNU's Gløshaugen campus have looked at the impact of different materials and vegetation on local climate conditions and its implications for building energy demand and outdoor thermal comfort. It was found that solar access is the most important factor in cool weather conditions (spring and autumn) to improve outdoor thermal comfort conditions. In the investigated conditions, a typical day in October, wind sheltering was considerably less effective. During more and more frequently occurring heat waves, vegetation provides cooling from evapotranspi-

ration and can significantly lower outdoor air temperatures by several degrees (up to 2.4 °C at Gløshaugen), thereby reducing the need for active cooling in buildings. During the investigated particularly warm week in June 2020, simulations showed that there would be 2.5 times as many hours exceeding 26 °C in the offices of Central Building 1 at Gløshaugen if all vegetation was removed from the area compared to the current state.

The importance of reducing extreme heat in urban areas is brought to our attention almost yearly, as it can lead to pronounced excess mortality, e.g., during the heat wave in Europe in 2003 with more than 70,000 dead and more recently in 2022, Europe's hottest summer on record has reportedly claimed more than 20,000 lives with many national statistics not yet included in this number.

Additional design strategies in the context of the urban microclimate in Norwegian climate conditions can be summarized as follows:

- Promote commuting using soft transport (biking and walking). Adverse weather might not be regarded as much of a barrier after all if less time is spent in such conditions.
- Urban greening is an effective way to lower the risk of overheating in cities. Additionally, it contributes to water retention during heavy rain events and has a positive psychological effect on humans.
- The window area of buildings should be mainly towards the south, as from an energy balance point of view, they can outperform opaque wall elements (more solar gains than thermal energy losses).
- Energy losses due to infiltration can be reduced by providing shelter from wind, for instance by vegetation. This should be done in a way that does not compromise solar access.

However, every situation requires an individual solution that usually involves a multitude of interacting aspects to be considered. The final design must be based on all relevant factors that influence the microclimate.

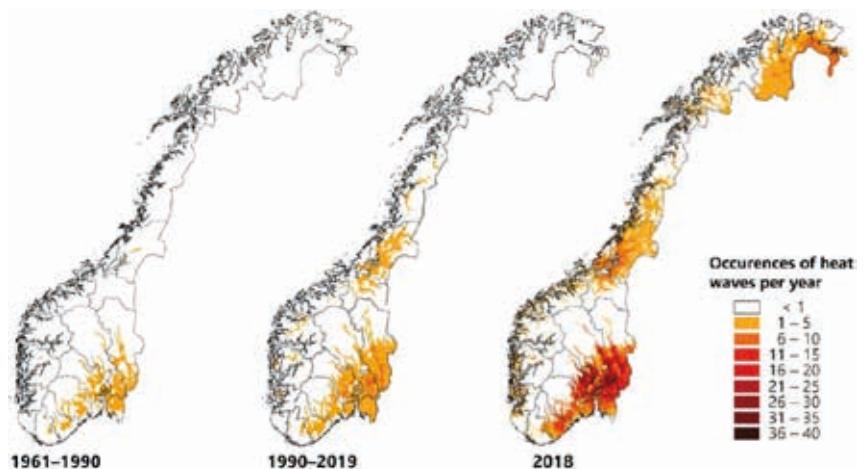


Figure 1: Occurrences of heat waves per year for different time periods and 2018 in Norway (data from The Norwegian Meteorological Institute). Heat waves in Norway have occurred more and more frequently in the past. Especially the Greater Oslo area will experience increasing pressure from excessively high temperatures in the future.

Hvordan urbant mikroklima kan påvirke bygninger og befolkningen i norske byer

Byplanlegging basert på mikroklima bidrar til bedre bomiljø og til å redusere negative effekter av klimaendringene.

Byer og urbane strøk skiller seg fra landlige områder først og fremst i befolkningstetthet og graden av menneskeskapt overflate; som for eksempel asfalt, bygninger, parker og parkeringsplasser.

Byer består vanligvis av bygninger som skjærer for sol og vind, ofte i mørke og tunge byggematerialer som absorberer og lagrer store mengder varme fra solen. I kombinasjon med mangel på vegetasjon og vannflater som kan fungere som kjøling, blir bysentrene vanligvis noen grader varmere enn i mer landlige strøk. Dette fenomenet betegnes som urbane varmeøyer (urban heat islands) og temperaturforskjellen er vanligvis 1–3 °C i gjennomsnitt, men kan i noen tilfeller bli over 10 °C i store byer enn på landet.

Vi vet at klimaet kommer til å bli varmere. Sommeren 2022 var den varmeste noensinne i Europa og skal ha krevd mer enn 20.000 liv. Derfor blir det stadig viktigere å dempe virkningene av ekstrem varme i urbane områder, siden det kan føre til stor overdødelighet.

I denne studien av mikroklimaet på universitetsområdet Gløshaugen i Trondheim ble det i løpet av 6 måneder målt vindhastighet, retning på vind, fuktighet i lufta og temperatur i to omganger. Målingene ble brukt til å kalibrere og validere store simuleringmodeller for å beregne luftstrømning samt termiske effekter og strålingsprosesser. Dette viste hvilken effekt ulike materialer og mengden vegetasjon/natur hadde på de lokale klimaforholdene, og hvordan dette påvirket energibruk i bygninger og utendørs termisk komfort for mennesker.

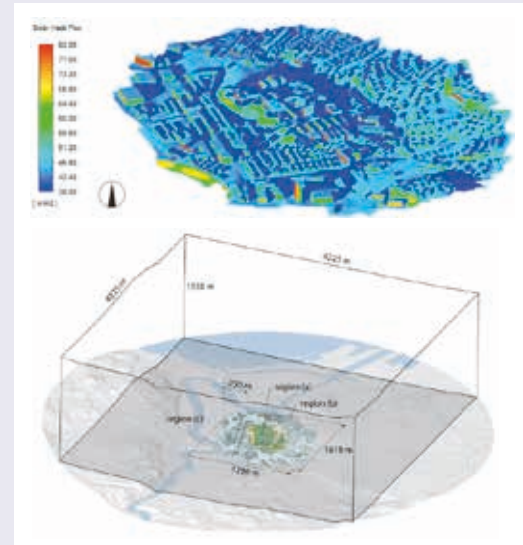
Studien viste at solstråling er den viktigste faktoren for å forbedre utendørs kom-

fort til menneskene i kjølige værforhold. I de undersøkte værforholdene, en gjennomsnittlig oktoberdag, var vindskjerming betydelig mindre effektiv.

Dessuten viste simuleringer, at den samlede fordampningen fra plener og trær kan senke lufttemperaturen med flere grader (opp til 2,4 °C på Gløshaugen), og dermed redusere behovet for kjøling i bygninger om sommeren. I en spesielt varm uke i juni 2020 ville det vært 2,5 ganger så mange timer over 26 °C i kontorene til Sentralbygg 1 på Gløshaugen dersom all vegetasjon ble fjernet fra området sammenlignet med dagens tilstand.

I sørlige forhold vil behovet for å kjøle ned byene være større enn i Norge. Her vil parker og vandammer effektivt kjøle ned byen. Det gjelder ikke bare for den nærmeste bebyggelsen, simuleringen viser at dette også gjelder for store arealer utenfor. Andre designstrategier i sammenheng med det urbane mikroklimaet i norske klimaforhold kan oppsummeres på følgende måte:

- Regne med mikroklimatiske forhold når man planlegger gå- og sykkelveier. Dvs. unngå steder der snøen hopper seg opp, sørg for godt vedlikehold. Gjør det lettere å bruke sykkel og å gå.
- Urban vegetasjon er en effektiv måte å redusere risikoen for overoppheting i byer. I tillegg bidrar det til holde tilbake overflatevann under kraftig regn, det hindrer flom. Vegetasjon har også en positiv psykologisk effekt på mennesker.
- Vindusarealet til bygninger bør i hovedsak være mot sør. Når man ser på energibalansen til et vindu, så kan varmetilskudd fra solen overveie varmetap. Dermed kan et vindu ha en bedre energibalanse enn en vegg.
- Tap av varme på grunn av utette klimaskall/bygninger kan reduseres ved å gi



Figur 2: Visualisering av varmefflux fra sola i det simulerte området (oppe) og størrelse på simuleringmodellen med Gløshaugen i midten (nede).

ly for vind, for eksempel fra vegetasjon. Dette bør gjøres på en måte som ikke hindrer tilgang til solstråling.

Men, hver situasjon krever en individuell løsning som vanligvis involverer flere samvirkende aspekter som må vurderes. Et optimalisert design må alltid baseres på alle relevante faktorer som påvirker mikroklimaet.

Referanser:

Tilley Tajet, Helga Therese (2020): Hetebølger i Norge fra 1957 - 2019 [Heat waves in Norway from 1957 - 2019]. Norwegian Meteorological Institute (1/2020), checked on 9/12/2021.

Brozovsky, Johannes (2022): The Climate Dimension in the Design of Resilient Urban Neighborhoods in Norway. A study on materials, outdoor thermal comfort, and building energy demand in the context of the urban microclimate. Doctoral thesis. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway. Department of Architecture and Technology. Available online at <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmloi/handle/11250/3014425>, checked on 9/15/2022.



Jeg tenker at vi alle må ta
de små grepene, for det er
en del av pakka



Hvordan snakker vi om ZEN?

Hanne M. Henriksen har studert markedskommunikasjon og jobbet flere år i reklamebransjen før hun åpent dør inn til academia igjen. Nå tar hun en Ph.d. med kommunikasjon av nullutslippsområder (ZEN) som tema.

– Jeg var sugen på mer kunnskap etter to barselpermisjoner, og da masteren i Science & Technology studies dukket opp, tenkte jeg at det er nå eller aldri! Den var midt i blinken for meg, der vi utforsket hvordan teknologi, kunnskap og samfunn påvirker hverandre og samhandler.

Masteren ga mersmak så da Ph.d.-stillingen med kommunikasjon som tema dukket opp måtte hun bare søke. Og nå er hun i gang og har holdt på ca. 1,5 år.

Den største forskjellen fra å være Ph.d.-ansatt fremfor byråansatt er å kunne konsentrere seg om ett prosjekt, og ikke et ti-talls som man gjerne har i reklamebransjen. – Dette er en forskerutdanning, så mye er annerledes, men jeg trives veldig godt. Miljøet på Dragvoll hvor jeg sitter er bra, det er mange Ph.d.-er som samarbeider, sier hun fra kontoret ved institutt for tverrfaglige kulturstudier der utsikten fra vinduet strekker seg langt inn i Estenstadmarka.

KOMMUNIKASJON BETYR ALT

I avhandlingen undersøker hun hvordan måten kunnskapen blir produsert på, påvirker hvordan den blir kommunisert, og stiller disse spørsmålene: Hva gjør organiseringen i ZEN med måten vi jobber med kommunikasjon? Og hvordan påvirker det folks forståelse av nullutslippsområder?

– Forskningen har liten verdi hvis ikke kunnskapen kommer ut i samfunnet. Et sentralt mål med å organisere forskning

gjennom FMEer (Forskningscenter for miljøvennlig energi) er nettopp å øke synligheten av forskningen samt bidra til en kunnskapsbasert debatt om miljøvennlig energi. Men dette er jo ikke helt rett frem, sier Hanne. – FME ZEN har mange forskjellige partnere, hvor noen er piloteiere. Det krever at vi snakker sammen, men kanskje ikke på samme måte til alle. Når et nullutslippsnabolag presenteres for mulige beboere, handler det også om å tilpasse kommunikasjonen til lokale forhold. I tillegg gjennomgår sentret ulike faser med ulike kommunikasjonsbehov. Å få bedre innsikt i hva organiseringen gjør med hvem vi snakker med, hva vi sier når og hvordan det blir forstått er viktig for å sikre at forskningen i ZEN kommer samfunnet til gode.

HVA ER ZEN FOR DEG OG MEG?

En av tingene Hanne Henriksen ser på i sin avhandling er hva som skjer når kunnskapen i ZEN kommer ut i pilotområdene. Hva blir vektlagt, og hvorfor?

– Jeg ser for eksempel at i Ydalir (boligprosjekt i Elverum) har de gått fra å snakke om teknologiske løsninger til å snakke om mennesker. For det er jo det dette handler om i stor grad. I begynnelsen ble beboerne sett på som passive mottagere av teknologi, men nå presenteres de som en del av løsningen.

Samtidig handler ikke fellesarealer, smarte valg for mobilitet og deløsninger bare om å redusere CO2-utslipp, men om å gjøre det til et godt sted å bo. Den sosiale bærekraften har fått mye større plass i møte med mulige beboere.

– Dette er noe vi som forskere i ZEN må ta inn over oss. Teknologien er viktig, men hvordan vi mennesker best kan tilpasse oss nye måter å leve på er også viktig. Personlig synes jeg det er litt lite fokus på naturen i ZEN. Jeg tenker at økt samhandling med naturens egne prosesser bør få mer oppmerksomhet og bli en del av løsningen for nullutslippsområder.

EGET KLIMAAVTRYKK

Foreløpig er Hanne i en kartleggingsfase. – Og dess mer innsikt jeg får, dess mer komplisert blir det, sier hun med et smil. Vel vitende om at dette er en del av jobben. Så hva gjør hun selv for å minimere sitt klimaavtrykk?

– Jeg kjøper mest mulig lokalprodusert mat, gjerne økologisk. Jeg tar absolutt mer tog og færre flyturer når jeg må reise, og i tillegg tenker vi at å pusse opp leiligheten bare fordi vi har lyst ikke er godt nok. Så tenker jeg at vi alle må ta de små grepene, for det er en del av pakka. Vi kan ikke lene oss på at teknologien alene skal redde oss ut av denne krisen, vi må endre måten vi lever på også.

DEL 3

PILOTOMRÅDER OG PARTNERSAMARBEID



Seniorforsker
JUDITH THOMSEN

Pilotområdene i ZEN er arenaer for å lære, samarbeide og formidle kunnskap utviklet i FME ZEN. Pilotene er svært forskjellige og dekker ulike problemstillinger vi jobber med i ZEN.



En viktig oppgave mot slutten av ZEN er å bruke pilotområdene for å teste ZENs nøkkelindikatorer i relevante pilotprosjekter. ZEN har satt seg som mål å teste flest mulig av indikatorne i pilotene og alle indikatorne i minst et av pilotområdene. I dialog med Elverum og piloten Ydalir har vi satt oss som mål om å teste alle indikatorne. Informasjonen vi høster vil brukes til å finpusse ZEN definisjonen og ZEN veilederen fram mot slutten av senteret. Videreutvikling og bruk av ZEN KPIs i pilotområdene gjennomføres i tett dialog med WP1 og partnerne som eier pilotområdene.

Arbeidet med anvendbarhet av kriterier, vektning og poenggivning for kategoriene mobilitet, byform og økonomi har vært tema i en partnersamling i 2022. Samlingen var godt besøkt med 25 deltakere fra partnersiden og ble gjennomført på Flytåmområdet på Fornebu som er et av ZENs pilotområder. Samlingen ga nyttig innspill rundt anvendbarhet av indikatorne og innspill til spissing av kategoriene fra partnere som skal anvende disse i praksis. Vi opplevde at partnere er svært engasjerte og interesserte.

Utover året har kontaktpersonene fra forskersiden og partnersiden holdt dialogen om aktuelle problemstillinger og avklaringer. Det ble søkt og godkjent flere nye ZEN case, blant annet fra Statsbygg om kommunikasjon av ZEN relaterte resultater på Evenstad. I dialog med Trondheim kommune om pilotområdene tilknyttet kunnskapsaksen ble det avtalt å trekke inn Nyhavna som område ZEN skal fokusere på i nærmeste tiden.

Levende laboratorier skal ta utgangspunkt i aktuelle utfordringer med etablering av pilotområdene og jobber med intervensjoner for å påvirke prosessen underveis. I 2022 har vi begynt å jobbe med befolkningen i piloten Furuset. Her skal forskerne finne ut hva ZEN betyr for beboerne i dette område.



PARTNERPRAT

Vi har spurt noen av våre partnere om hva de får ut av å være partner i FME ZEN, samt mulighetene for å nå målene både vi, Norge og verden har satt seg.

DETTE SPØR VI OM:

1. Hva har deltagelsen i FME ZEN gitt dere så langt?
2. Hvordan tror dere at FME ZEN bidra til å nå klimamålene?
3. Hvordan kan dere best nyttiggjøre der forskningssamarbeidet med FME ZEN?
4. Vi er inne i den siste fasen av senterets levetid; hva er det viktigste arbeidet vi bør satse på nå, sett fra ditt/selskapets ståsted?

Multiconsult

 Statkraft

 TOBB

 SKANSKA



ELISABETH WÆRNES

Forretningsutvikler Bygg & Industri, region Midt

Multiconsult

1. Deltakelse i FME ZEN har gitt Multiconsult muligheten til å videreutvikle vår kompetanse innen nullutslippsområder. Samtidig har vi fått tatt del i en rekke arenaer hvor man kunne diskutere muligheter og utfordringer rundt nullutslippssamfunnet med andre offentlige og private aktører i hele næringskjeden.
2. FME ZEN kan bidra med utvikling av ny teknologi, men ikke minst gode arenaer hvor partnerne kan øve seg på å ta i bruk denne teknologien sammen slik at vi kan gjøre vårt bidrag som byggenæring for at Norge skal innfri Paris-målene.
3. Vi nyttiggjør oss forskningsarbeidet ved å ta i bruk verktøy senteret har utviklet i våre oppdrag, ved å delta i flere caser med medarbeidere som får direkte erfaring med metodikken og sammenlignet denne med våre metoder. Samtidig formidler vi resultater fra forskningen i ulike fora internt.
4. For Multiconsult er det viktigste arbeidet som gjenstår knyttet til forretningsmodeller innen lokal fornybar energiproduksjon og ombruk, samt juridiske barrierer knyttet til energideling og et mer fleksibelt kraftmarked.



I Bodø har Multiconsult utviklet en ny plan for Bodø havneterminal, hvor Bodø Kommunes ambisjoner og kompetanse innen ZEN har gitt klare føringer for prosjektets mål for å utvikle dette til et nullutslippsområde.



TORE WIGENSTAD

Seniorrådgiver



1. Å være en del av FME ZEN har vært lærerikt og bekrefter at Skanska er på rett kurs når kommer til utvikling og bygging av bygg med lave klimagassutslipp. Det har vært særlig interessant å få økt kunnskap og bedre forståelse for hvordan samspillet mellom bygninger innenfor et område kan fungere på mer klimasmart måte. FME ZEN favner jo bredt, men vi har i hovedsak konsentrert oss om å skaffe oss erfaring og jobbe med eksempler rundt kost-nytte-elementet for nullutslippsområder i smarte byer.

2. Alle aktører i bransjen vår, uavhengig av hvor i verdikjeden de befinner seg, må forholde seg til Parisavtalen. Den favner hele bransjen, både i faglig dybde, men også i bredden. Skal vi klare å nå målene Norge har forpliktet seg til, må alle være med på laget. Vi mener også at forskning og utvikling er avgjørende for å nå klimamålene, og derfor er det viktig at partnerne i FME ZEN deler kunnskapen og erfaringen vi har høstet med resten av bransjen.

Her spiller bransjeorganisasjonene en viktig rolle. De kan både bidra til å spre kunnskap og overføre erfaringer utover og nedover i bransjen. Samtidig kan de også bruke kunnskapen fra FME ZEN til å påvirke politikere og beslutningstakere i det offentlige.

Myndighetene må tørre å stille høyere klima- og miljøkrav til bransjen, for eksempel i form av nasjonale føringer på forskriftsnivå. Samtidig må de også tilby insentiver gjennom gode, målrettede støtteordninger som gjør det mer lønnsomt å utvikle og bygge mer klimasmart. Paris-målene benyttes jo gjerne som referanse i scenarioroppbyggingen i ulike beregninger. Hvis vi snur på det, så sitter ZEN gjennom dette på deler av svaret på hvordan vi når klimamålene. Dette budskapet må vi få kommunisert til resten av bransjen og til de som setter rammebetingelsene for næringen.

3. Bredden i forskningsarbeidet som FME ZEN er forpliktet til å dekke, gjør at vi som prosjektutvikler og entreprenør har tatt noen strategiske valg rundt hvor vi mener vi kan bidra best mulig. Vi har derfor valgt å sette søkelys på energiforsyning og solkraftproduksjon med utveksling innenfor og ut av et område. Det har blitt gjort mye godt arbeid i regi av ZEN på disse områdene, og vi jobber nå med å bringe kunnskapen og erfaringen inn i prosjektene våre. Dette krever at våre fagspesialister og nøkkelpersoner er oppdatert på hva som skjer på forskningsfronten, og at vi klarer å hente inn og dra nytte av den kompetansen som ZEN-forskerne sitter på.

4. Vi må spre det glade budskap! Eksempelets makt er sterkt, og det å kunne vise andre i bransjen vår bevis på hva som er mulig å få til, er en svært effektiv måte å drive frem endring på. Vi må derfor vise frem hva vi har oppnådd i pilotprosjektene og case-studiene, og bruke funnene i forskningsrapportene til å forklare hvordan vi har klart det.



Nidarvollprosjektene i Trondheim består av rehabiliteringssenter, skoler og flerbrukshall som Skanska bygger.

1. For TOBB har deltakelsen i FME ZEN gitt flere positive effekter. Vi har absolutt knyttet kontakter innen bransjen som vi bruker, i både hvordan vi jobber og utvikler oss. Vi har også deltatt i case og ulike dialogmøter, og føler vi både har lært av og bidratt til forskningssenteret. Jeg vil også trekke frem at vi har funnet samarbeid i prosjekter og grupper ut over ZEN, både FoU, og mer konkrete samarbeid.
2. FME ZEN bidra til å nå klimamålene gjennom å få frem eksempler på hvordan ulike utfordringer kan løses i praksis, samt at man kan skape en bedre forståelse på tvers av bransjer og roller for hva som må prioriteres.
3. Når det gjelder å nyttiggjøre seg forskningssamarbeidet så har det endret seg siden starten. I utgangspunktet ønsket vi i enda større grad å gå inn prosesser og utvikling av eksisterende bygg i FME ZEN, men har så langt fått mest utbytte i forhold til hvordan vi jobber med områdeutvikling innen nybolig. Her har ambisjonsnivået vårt endret seg betraktelig, også mye grunnet deltakelsen i FME ZEN.



RUNAR SKIPPERVIK

Bolig, rådgivning



4. Det viktigste FME Zen, og vi må satse på nå, er å bruke erfaringer vi har sanket så langt og se hvordan dette kan brukes inn mot eksisterende bygninger. Tenker da kanskje primært på tekniske løsninger innen energisystemer, og modeller for å kunne få på plass dette innen ulike bygningskategorier.



MORTEN FOSSUM

Statkraft Varme



1. Så langt opplever vi at en samlet bransjen har jobbet godt med regulatoriske forhold gjennom deltakelse i ZEN.
2. ZEN kan være en viktig pådriver for å nå klimamålene som Norge og verden har satt seg, ved å gjennomføre gode piloter som kan nyttiggjøres flere steder.
3. Vi får gjennom forskningssamarbeidet med FME ZEN snakket fjernvarmens sak og opplever at det er et viktig bidrag inn i diskusjonene. Og vi tar i bruk verktøy (Integrate) som er utviklet i ZEN, som også er nyttige for oss.
4. Når FME ZEN nå går inn i den siste tiden er det viktig å satse på å få testet ut mest mulig verktøy som er utviklet. Her vil Nyhavna bli en viktig testplass hvor mye av det ZEN har forsket på kan bli prøvd ut.



Drømmen om nullutslippsgården

Mære Landbruksskole har mål om å bli en nullutslippsgård. Men hva innebærer det? Som pilot i FME ZEN går de gjennom gården med ekspertblikk.

– Vi har for det første fått satt søkelys på hva gjør vi i dag og hva vi må gjøre for å endre oss. Det har vært veldig lærerikt, sier Tove Jystad som er utviklingsleder ved Mære Landbruksskole, som ligger i Steinkjer kommune.

Skolen ligger på en høyde med Mære kirke som nærmeste nabo. Dette er en middelalderkirke bygget mellom 1150-1200. I disse traktene har det vært folk og fe lenge. Fra skolen er det fritt utsyn over landskapet og beliggenheten er perfekt.

Mære har lenge hatt klimautslipp og miljøarbeid i landbruket som en fane-sak. I 2015 tok de initiativet til å etablere

Landbrukets Klima og Energisenter, som driver FoU-arbeid, og finansieres over Statsbudsjettet. Og her ble målet om nullutslippsgården satt. Her samarbeider de godt med Trøndelag Fylkeskommune (TKF) og Torger Mjønes samt NTE (tidligere Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk) og Svein Olav Munkeby. Begge aktørene er også partnere i FME ZEN.

Det var i forbindelse med dette arbeidet at de innovative lederne på Mære ønsket seg inn i FEM ZEN som pilot. Dette kunne bli en vinn-vinnsituasjon for prosjektet.

– Men så tenkte vi at et gårdsbruk kanskje ikke var forenlig med nabolags-

tankegangen, forklarer Jystad. Der tok jeg heldigvis feil, for i samarbeid med Torger Mjønes fra TKF, som var på ballen, fant vi ut at som landbruksskole passet vi godt. Mære Landbruksskole ble tatt inn i som den siste piloten i FME ZEN i 2019.

SITT EGET NABOLAG

Det er ikke mange gårdsbruk på denne størrelsen i Norge som også driver utdanning. Så hele anlegget utgjør på sett og vis et eget nabolag. Det er internatbygg og en rekke fjøs og driftsbygninger og gården forsyner allerede skolens bygninger med varme som hentes fra vekst-

For å nå målet om nullutslippsgården er eksperthjelp helt nødvendig sier f.v. utviklingsleder Tove Jystad og lektor Gunnar Larsen ved Mære Landbruksskole, her foran et av flere fjøs på skolen.





husene. I tillegg kommer selve drifta, som er en vesentlig del når man tenker ned mot null.

– Vi har stort behov for å få forskningshjelp til å utvikle oss videre, få innspill og tips til å nå målet som nullutslippsgården. For det er det vi skal, sier Tove Jystad.

Det å være en del av FME ZEN som pilot har mange fordeler. – Vi har forskere som ser oss i kortene, som hjelper oss til å forstå livsløpsanalyser, systemgrenser, levetid, watt og «peaker» og alt rundt dette som vi ikke skjønner så mye av, men som er innmari viktig. Det løfter bevisstheten om det vi holder på med, og hjelper oss til å komme videre.

GODT I GANG MED TILTAK

Skolen har gjort mange tiltak allerede. Dette gjennom tidligere prosjekter som de samler data til, f.eks. Miljøfyrtårn. – Nå samler vi alt i dette i ZEN-prosjektet for å dra nytte av det som allerede er gjort.

Skolen og gården har så langt tre tak med solceller. – I veksthusene har vi installert varmepumper som leverer varme til resten av skolen. Vi har allerede en infrastruktur som gjør at vi kan fordele varme, forklarer Larsen. Det er denne vi kanskje kan utvide til Mære kirke, det er vel den eneste naboen vi har i vårt nabolag.

SPARER ENERGI

De har sammen med forskerne gått gjennom alle fjøsene og husene, og sett hvor det er lurt å montere sensorer for å samle data. De har også hatt en gjennomgang av lyskilder, og byttet til LED-lys. Nå har både grisfjøset, ammeføset, ku-fjøset og veksthuset LED-lys. Og administra-

sjonen ser tydelig at man sparer energi med dette.

– Nå vet vi også hvor mye energi vi faktisk bruker på belysning, det hadde vi ikke før. I veksthuset måler vi antall kg tomat før og etter installasjon av LED. Vi har økt på litt strøm, fordi LED-lysene lager mindre varme, men vi tar det ut i økt vekst isteden. I tillegg rehabiliterer vi noen bygg til gjeldende standard og bare der henter vi mye.

– *Hvordan har samarbeidet med forskerne vært?*

– Vi trenger forskerne for å se nye muligheter, men også for å sikre at vi ikke tar snarveier i arbeidet vårt som ikke bygger på godt nok beslutningsgrunnlag, sier Jystad, derfor er det viktig at vi lytter begge veier.

Men det er jo noen kulturforskjeller, som ikke er så merkelig siden rollene er for-

skjellige, påpeker både Jystad og Larsen. Det gir seg gjerne utslag i at folket på Mære er utålmodige og ønsker fortgang. Gjerne en oppskrift de kan følge, men så enkelt er det visst ikke.

– Samtidig er det vår rolle å få jordet forskningen, og peke på hva som er det viktigste for oss og bonden, kommenterer Tove Jystad. – Vi jobber med levende dyr og planter som skal vokse. Da kan man ikke skru av og på for å få best mulig effekt av tiltak. Dyra må ha mat og plantene må ha jevn varme. Det betyr at man ikke alltid kan gjøre det som er helt gunstig.

– Som gårdbruker skal du leve av bunnlinja og da må det være pluss også. Elevene er faktisk ikke vanskelige å overbevise, heller ikke gårdbrukerne, de har fokuset, men gårdsbruk er svært sammensatte næringer og mange faktorer skal spille på lag, sier Larsen

Mære Landbruksskole har helt klart hatt nytten av å bli med i FME ZEN.

– Det er og har vært en øyeåpner for oss når det gjelder å finne frem til de riktige tingene som spiller inn på energiforbruk og utslipp. Vi ser også at vi at det vi gjør og jobber med har en relevans for FME ZEN.



I drivhusene er det installert led-lys som en del av energieffektiviseringen, og kostnaden har gått ned betraktelig.

Alle foto: Anne-Lise Aakervik

Ønsker tett samarbeid om og med ZEN

Bodø kommune har unike muligheter til å legge føringer for en nullutslipps by når flyplassen flyttes og det store området på nærmere 3000 dekar frigjøres til bolig- og næringsutvikling.



Bodø kommune står foran store oppgaver med tanke på nullutslippsområde. Samarbeidet med FME ZEN gir gode innspill. Nederst fra venstre: Ann Kristin Kvellheim (ZEN), Lillian Rokseth (ZEN), Julie H. Hindaker (Bodø); Fra høyre: Thomas Thiis (ZEN), Hans Lien (Bodø) Kristoffer Eivåg (Bodø) Silje Ulriksen Lyngstad (Bodø) og Irene Mathilde Skiri (Bodø)

I det gamle flytårnet er utsikten over området som skal bli en helt ny bydel super. Dette er bare en liten del av området som skal transformeres.

- Med dette utgangspunktet har vi alle muligheter til å bygge en kompakt by, som blir en naturlig og integrert del av dagens sentrum, sier Irene Mathilde Skiri som er prosjektsjef for Ny by – Ny flyplass.

Bodø kommunes prosjekt ny by – ny flyplass er en av pilotene i ZEN. Et prosjekt i denne fasen gjør det mulig å bidra på mange områder med utgangspunkt i ZEN Definisjonene.

Området er allerede transformert, og store deler består av asfalt og betongplater i tillegg til en del bygninger. Blant annet flere «sheltere» som skal få ny bruk etter at jagerflyene nå er flyttet ut. Ellers er området som skal huse de nye bydelene helt flatt, mens store kuperte områder ned mot sjøen skal bli nye friluftsområder.

- Det er spennende å åpne et område som har vært stengt av for byens befolkning siden 50-tallet. Her skal vi tenke nytt, smart og fremtidsretta, understreker Kristoffer Seivåg, som er arealplanlegger i Bodø kommune.



Alle foto: Anne-Lise Aakervik

Ny by – Ny flyplass har et tidsperspektiv på 50 – 100 år når det kommer til byutvikling. Det er her i all hovedsak at Bodø skal vokse. Det vil lette trykket på uberørt natur og landbruksarealer andre steder og bidra til at Bodø kan jobbe målretta mot å nå klimamålene.

Dette er hovedårsaken til at kommunen og prosjektet er en aktiv partner i FME ZEN.

- Vi vil gjerne kobles tettere på ZEN, sier prosjektleder for blant annet næringsutvikling i Bodø, Julie H. Hagevik. Hun er også kontakten mot ZEN. – Det er et fantastisk mulighetsrom vi nå har liggende foran oss og som vi skal bruke tid på. Og skal vi nå ambisjon-

ene vi har satt oss må vi koble oss tett på forskning og utvikling som skjer på området. Det har Bodø kommune vært bevisst på å gjøre helt fra starten. Vi må være åpne mot verden, samt EU og Europa for å bygge kunnskap. Samarbeidet med ZEN vil forhåpentligvis gjøre oss i bedre stand til å ta riktige valg.

Kommunen har allerede kommet et godt stykke på vei og vært enig om de store linjene for byutvikling over lang tid. Blant annet er det bred politisk enighet om dette prosjektet og om bypakken for infrastruktur inn til byen som omfatter bompenger. Dette er også noe næringsliv og samfunnet ellers har sluttet opp om og som gjør at vi kan ha fokus på å lage gode løsninger og utvikle byen istedenfor å krangle om småting, forteller Skiri.

På området skal både flytårnet og terminalbygningen stå igjen. Det er verna bygg, så ombruk og sirkulærøkonomi er viktig her.

- Utfordringene slik jeg ser det er å få teknologi som er regningssvarende. Og et næringsliv som er rigget for å klare dette, sier Skiri.

I desember 2022 vedtok Avinor bygging av den nye flyplassen, etter at Bodø bystyre vedtok avtale om kjøp av arealene som skal overdras til kommunen for langsiktig byutvikling. Bygging av ny flyplass starter i 2024, og Bodø kommune regner med å sette i gang første byggetrinn av ny by i 2027-29. Dette skal bygges som et nullutslippsområde.



På området skal både flytårnet og terminalbygningen stå igjen. Det er verna bygg, så ombruk og sirkulærøkonomi er viktig her. Fra venstre Julie H. Hagevik, Bodø, Silje Ulriksen Lyngstad, Bodø, Lillian S. Rokseth, FME ZEN og Ann Kristin Kvellheim, FME ZEN.

Scener fra et partnerskap

Innovasjonsspeed-date, workshop og ikke minst uformelle møter over kaffe og lunsj bidro til å gjøre partnerseminaret 3. november 2022 til et vellykka treffpunkt for å utvikle ZEN-samarbeidet videre.

Nærmere 60 partnere hadde tatt turen for dette heldagsseminaret på DOGA i Oslo, og vi så frem til å få direkte og ærlige tilbakemeldinger fra partnerne våre. Det fikk vi både i Speed-date-runden med fokus på innovasjon, og i tilbakemeldingene fra Statsbygg, GK og FutureBuilt fra scenen.

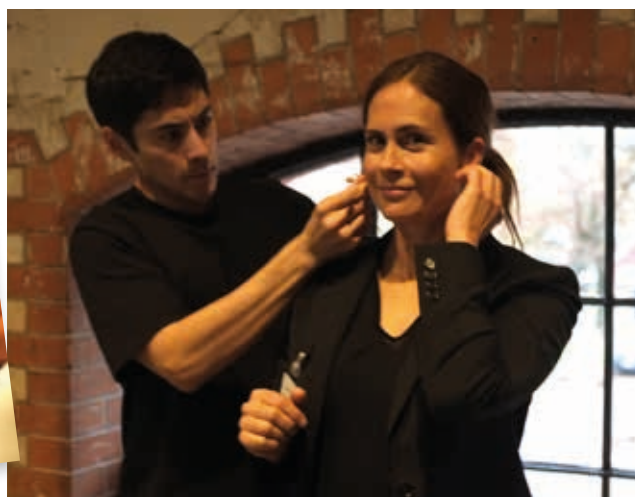
Fra Zdena Cervenka i Statsbygg hørte vi at den tverrfaglige erfaringsutvekslingen er viktig i FME ZEN. I pilot Campus

Evenstad har forskere fra ZEN jobbet tett med driftsfolket på Evenstad for å komme i mål med ambisjonene om et energifleksibelt Campus Evenstad, i et utslippsfritt Europa.

- Det har vært gjensidighet, og driftsfolkene våre har gjort en formidabel innsats. Dette vært deres baby. Det har vært utrolig spennende å få dette igjennom, sammen med de andre større innovasjonene på Evenstad, sa Cervenka.

Stein Stoknes, leder FutureBuilt, var opptatt av at kunnskapen og definisjonskriteriene må sys mer sammen slik at de blir både tilgjengelig og enkelt for andre å bruke. – Jeg synes ordningen med ZEN Caser ved siden av pilotene er bra. Da kan vi dykke ned i et bestemt tema og problemstilling på kort tid og finne løsninger som bidrar til det store bildet.

Leif Øie i GK fortalte at de opererer i anvendelsesdelen av ZEN, og ligger



Alle foto: Anne-Lise Aakervik



I ZEN Case kan vi dykke ned i en bestemt problemstilling på kort tid og finne løsninger som bidrar til det store bildet.

langt unna forskningsfronten, men det kunnskapsløftet som skapes i FME ZEN kommer alle til gode. – Og det høster vi helt klart av, sa Øie. Han fremholdt at de får til å realisere noe av forskningen raskere der de er tettere på, noe som er spennende. Han pekte også på viktigheten av formidling som når ut.

SPEED-DATE MED ZEN

At partnerne er oppriktig engasjert og interesserte kom ikke minst til uttrykk under innovasjon speed-date der de skulle

sirkulere mellom stasjoner for å gi tilbakemeldinger. Seks stasjoner med arbeidspakkeleiderne fordelte seg i bygget og partnerne gikk fra gruppe til gruppe. Spørsmålene og ønskene var mange og konkrete, et spennende materiale å dykke ned i for ZEN-teamet i ettertid.

Ønskene var mange og bestillingene konkrete. Test av verktøy og metodene som utvikles i ZEN er noe flere vil være med å teste og bruke. Metoder for å måle, kartlegge og analysere andre forurensninger enn CO₂ og temperatur og hvordan man

kan jobbe med VVS data og beregninger var andre ønsker og problemstillinger som ble reist. Åpenhet rundt data og resultater er viktig for at resultatene kan testes ut. Og kanskje et av de viktigste spørsmålene var: Hvem skal forvalte ZEN tilnærmingen videre – for skal vi videre må noen ta det neste skritt.

MED 20 I STIL

Dagen var nyttig, og som svar på spørsmålet om hva FME ZEN må gjøre mer og bedre de neste to årene kan gå ut med 20 i stil oppsummerte tidligere skihopper Leif Øie det slik:

– Det aller viktigste har vi passert allerede. Det handlet om tilløpet, satsen og svevet. Nå må vi utnytte høyden over kulen, svevet som gir lengden og sette et perfekt nedslag.





Alle foto: Anne-Lise Aakervik

DEL 4

KOMMUNIKASJON I FME ZEN



ANNE-LISE AAKERVIK
kommunikasjonsrådgiver
FME ZEN



KATINKA S. REMØE
kommunikasjonsrådgiver
FME ZEN

2022 har vært et aktivt år i FME ZEN med tanke på kommunikasjon og formidling. Vi har holdt trykket oppe med lunsjforedrag, nyhetsbrev, oppgradering av hjemmeside og opprettelse av LinkedIn-side. Formidling av resultater er noe partnerne våre sier er svært viktig, både internt og eksternt. Vi har derfor tatt de på alvor og skrudd opp tempo og ambisjoner på dette feltet. Vi har også et ansvar for at våre forskere og tilhørende Ph.d.-er er i stand til å formidle på flere måter og i flere forskjellige fora.



Under følger en liste over aktiviteter og hendelser gjennom 2022.

- 5. april holdt Forskning.no skrivekurs for ZENs PhD-studenter i ZEB-laboratoriet. 12 PhD-studenter deltok og fikk terpet skrivekunnskapene sine i populærvitenskapelig tekstskrivning. Dette er andre gangen Forskning.no har vært på besøk hos oss i FME ZEN, første gang var våren 2018 da de holdt kurs i kronikkskrivning for ZENs ledergruppe.
- Vi jobbet mye med å utvikle ZENs månedlige nyhetsbrev i 2022. Dette var basert på en spørreundersøkelse foretatt høsten 2021 av ZENs partnere, som viste at nyhetsbrevet var den viktigste informasjonskanalen fra FME ZEN, og at mer nytt om pilotprosjektene og ZEN-case var ønskelig. Fra januar 2022 fikk nyhetsbrevet ny struktur med faste spalter for pilotprosjektene og tilknyttede EU-prosjekter, og nye titler. Vi fikk en egen nyhetsside på fmezen.no og brukte mye ressurser på å skrive saker som ble publisert her og delt i nyhetsbrevet.
- FME ZEN ble, sammen med EU-prosjektene ARV og syn.ikia, valgt ut til å presenteres i Oslo Architecture Triennales digitale katalog «The Neighbourhood Index». Triennalen er en internasjonal arkitekturfestival som holdes hvert tredje år i Oslo med mål om å utfordre arkitekturfeltet, inspirere og skape debatt om arkitektur og byutvikling. I år var temaet bærekraftige og gode nabolag og FME ZEN ble trukket frem som et inspirerende perspektiv på bærekraftig nabolagsutvikling.
- Kommunikasjonsnettverket ble vekket til live igjen og hadde et første digitalt møte våren 2022, og oppfølgende møte under partnerseminaret november 2022.
- FME ZEN inviterte til debatt under Arendalsuka 2022 med to arrangementer: *Energiske nabolag – klimavennlige bygg- og områder hindres av stivbeinte regler* og *Energieffektive bygninger er en forutsetning for fornybarsamfunnet – 3 råd*. Dette i samarbeid med SINTEF Community.
- FME ZEN fikk LinkedIn-side. Der legger vi ut artikler og møter med folk, og deler faglige innspill og utspill som kronikker. Vi har 400 følgere av vår konto.
- FME ZEN, ved senterdirektør Thomas K. Thiis, var også tilstede på EU Sustainable Energy Week i Brussel i september. Her holdt Thiis et 15 minutters innlegg som en Energy Talk. EU-prosjektet Syn.ikia som vi samarbeider med holdt en workshop der vi deltok.
- FME ZEN var en av flere medarrangører av Workshopserien: Energikrisen i Europa høsten 2022. FME ZEN leverte også innhold i form av foredrag.



- Første uken i mars arrangerte forskerne i FME ZEN et pop-up gjenbruksmarked på Gløshaugen i samarbeid med NTNU Eiendomsavdeling. Dette var et arrangement i ZEN Living Lab som ser på holdninger og praksis knyttet til gjenbruk på campus.
- FME ZEN dro på besøk til Bodø kommune og Mære Landbruksskole høsten 2022 for å lytte og lære. Disse møtene ble dokumentert i form av artikler og ble spredt i forskjellige kanaler.
- ZEB Laboratoriet, som er kontorbygget til FME ZEN-ansatte, vant to gjeve priser høsten 2022: Betonghammeren for beste praksis som deles ut av Bygg 21 og Statens pris for byggkvalitet for 2022.
- Årets adventskalender profilerte ZEB Laboratoriet gjennom 20 luker som ble delt i Nyhetsbrevet, samt på Facebooksiden. Bygget er et forskningssenter og inneholder mange kuriositeter og smarte, interessante løsninger.
- Hjemmesiden er godt besøkt, og vi har i løpet av perioden oppgardert norsk side og gjort den til hovedsiden.



VI HAR I LØPET 2022 HATT ÅTTE ZEN LUNCH LECTURES:

- o 25. mai med Christian Ankerstjerne Thilker (DTU) and Peder Bacher: Experimental results on optimal temperature control of buildings.
- o 8. juni med Ph.d.kandidat Hanne M. Henriksen og forsker Ruth Woods, NTNU/FME ZEN: Experimenting with second-hand furniture in a university living lab.
- o 20. september med forsker Harald Taxt Walnum, SINTEF/ FME ZEN: BOPTTEST.
- o 19. oktober med førsteamanuensis Laurent Georges, NTNU/FME ZEN: Some Lessons Learned on Model Predictive Control to Activate the Energy Flexibility of Space-Heating.
- o 1. november med Ph.d. kandidat Tonje Healy Trulsrud: Design and performance predicitions of plus energy neighbourhoods.
- o 23. november med Anders Nohre-Wallden, Grønn Byggallianse: BREEAM-Communities.
- o 5. desember med Anna Marwig, Grønn VVS: Grønn VVS- Hvordan halvere klimabelastningen fra VVS installasjoner innen 2025.
- o 8. desember med Lars Gunner Røe, UiO: Is the energy smart, and compact city socially inclusive?



Foto: Thor Nielsen

FORSKERINTERVJUER



Professor
Bendik Manum

Institutt for arkitektur og teknologi,
NTNU.

Hva jobber du med i FME ZEN?

Jeg forsker på egenskaper ved byform som påvirker klimagassutslipp. Dette gjør jeg i nær kontakt med ZEN-piloter i arbeidspakke 6 og metodeutvikling i arbeidspakke 1.

Hva er høydepunktet(ene) fra arbeidet ditt i 2022?

Noe av det morsomste vi startet å jobbe med i 2022 er å koble våre modeller med byform sammen med modeller for energibehov i bygninger. I samarbeid med blant andre forsker Nina H. Sandberg SINTEF/ZEN lager vi nå en modell for å estimere hvordan bygningstyper og bygningsstandard påvirker belastningene på strømmettet. Man kan da for eksempel estimere effektbelastning på trafostasjoner for alle timer i året og bruke dette for å vurdere hvilket område det er viktigst å installere, eller hvilke bygningstyper og -standarder som er mest fordelaktig med tanke på å utnytte energisystemet godt.

Et annet morsomt oppdrag i 2022 var for Trondheim kommune hvor vi belyste sannsynlig effekt av ulike alternativer for nye gang- og sykkelbruer over Nidelva. Våre analyser viste blant annet hvordan Trondheim kommunes forslag om en ny gang- og sykkelbru fra Byåsen til Tempe/Sluppen, er interessant. En slik ny forbindelse vil øke antall personer som bor i gang og sykkelavstand fra jobb.

Hva er det viktigste vi (forskere, FME Zen, samfunn etc.) må gjøre fremover for å klare ambisjonene?

NTNU er et stort universitet, og innen rammene av NTNU er det mulig å gjøre mye forskjellig. Det viktigste er kanskje at vi fra ulike fagfelt kan bidra til studentenes bærekrafts engasjement.

Det mener jeg krever flere tilnærminger enn troen på at alt går bra bare vi bygger nytt og smart. Vi merker for tiden tydelig at interessen for gjenbruk og ombygging øker blant arkitektstudentene og det samme kan vi se hos velrenommerte arkitekter, så det burde absolutt være håp.

Hva er det viktigste som bør stå igjen etter FME ZEN?

Jeg tror at prosjektnavnet ZEN i seg selv er et poeng. Det tydeliggjør energi, miljø og bærekraft i en større skala enn enkeltbygninger. Noe annet som er viktig, er at ZEN har bidratt til å etablere koblinger mellom ulike fagmiljøer. Hva ZEN vil bety konkret for videre forskning gjenstår å se, men jeg er sikker på at bevisstgjøringen det har vært med å skape rundt fysisk form på områdenivå er viktig. I tillegg har samarbeidet med kommunene som ZEN-partnere, i alle fall for vår del, vært givende, jeg tror også for kommunene. En utfordring for NTNU er å videreføre forskning som ikke bare handler om teknologioptimismen. Mye teknologiutvikling gir dessverre standardheving og økt forbruk, heller enn reduserte klimagassutslipp og stopp i naturødeleggelser.

Hva gjør du selv for å bidra til å redusere utslipp?

Jeg forsøker å fly mindre enn før, og tar gjerne toget når jeg kan, som til Gøteborg på disputas. Jeg synes det er artig å reparere og få ting til å virke, heller enn å kjøpe nytt. Og når jeg kjøper nytt, er det ting som jeg ikke blir fort lei av og som kan vedlikeholdes og repareres. Selv et arvet kjøleskap etter min bestemor fungerer knirkefritt etter skifte av kompressor. FINN er ellers en god kanal å finne brukte ting på.

Bozena Dorota Hrynyszyn

Associate Professor,
Department of Civil and
Environmental Engineering,
Faculty of Engineering

What do you work with in ZEN?

I am supervisor to David Bjelland, PhD candidate, WP3.

We work on applicable solutions for energy retrofitting of non-residential buildings, such as offices, educational buildings, and particularly combinations of building functions, i.e. complex buildings. We focus on building envelope and passive/active measures to reduce energy demand for heating/cooling as well as overall effect demand regarding building physics (heat, moisture and air transfer) and indoor climate quality (users' comfort, health and well-being).

What are your highlights from the work of 2022?

We have collected and analyzed technical data and materials available connected to a case, selected by ourselves in coordination with FMEZEN, i.e. central buildings of NTNU, S1&S2, as a part of campus Gløshaugen. We have supervised two Bachelor-thesis and one Master-thesis connected to the chosen case, S1&S2. We have contributed, with a professional lecture, to NBF2022, Norsk bygningsfysikkdagen, Oslo. And we have contributed, with an accepted to be published professional paper, to NSB2023, 13TH Nordic Symposium on Building Physics, Aalborg Denmark. We work on more articles to be published soon.

What is the most important thing we can do to reach the goals we have put forward?

I think we should focus more on applied research with applicable solutions as results. (My feeling is that the FME ZEN is mainly focused on theoretical research) A tighter cooperation with the Norwegian industry and public sector is possible and necessary to reach the goal. It can be implemented with more focus on BEng and



Foto: Anne-Lise Aakervik

MSc thesis in cooperation with the involved industry-partners and the public sector/authorities. More focus on existing building is another, important focus area.

In your opinion: what is the most important thing that should be left after FME ZEN?

Contribute to innovation lift, applicable detailed solutions, and recommendations, for the Norwegian industry. Pay attention to gaps in the current technical regulations (PBI, TEK17, SAK10, etc.), for the public sector and authorities.

And in what way do you contribute to reduce your own/families climate emissions?

We focus on a reuse, effective use, reduction of waste, i.e. do not contribute to more/unnecessary production of materials/energy/emissions. We drive a more environmentally friendly car and we live in reasonably large and energy efficient apartments/house. We prefer and provide a sustainable lifestyle, i.e. try to keep healthy, by a training and using a healthy, local produced food. And we reduce travels to a necessary minimum, usually work-related, and avoid flying as far as it is possible.

Stian Backe

Forsker
SINTEF Energi



Marianne Kjendseth Wiik

Forsker
SINTEF Community

Hva jobber du med i FME ZEN?

Jeg jobber med utvikling av ZEN definisjonen og uttesting av ZEN nøkkelindikatorer i ZEN pilotområder

Hva er høydepunktet(ene) fra arbeidet ditt i 2022?

Det viktigste er storrevisjon av ZEN definisjonsrapport (versjon 4) og ZEN veilederrapport (versjon 3) slik at de kan lettere brukes av ZEN partnere i pilotområdene. Nå i 2023 skal vi teste ut alle ZEN KPI på Ydalir.

Hva er det viktigste vi (forskere, Fme Zen, samfunn etc.) må gjøre fremover for å klare ambisjonene?

Vi bør implementere klimagassreducerende tiltak raskere. Det er bare syv år igjen, og vi har lang vei å gå for å oppnå mål om å kutte utslipp med minst 50-55% innen 2030. Vi må også identifisere tiltak for å redusere klimagassutslipp fra hele verdikjeden i planlegging, implementering og bruk av et område. Ett eksempel på dette er utslippsfrie byggeplasser, hvor man kan for eksempel bruke elektriske anleggsmaskiner og kjøretøy for å kutte klimagassutslipp i byggefasen.



Foto: Kathrine Nitter/SINTEF

Hva er det viktigste som bør stå igjen etter FME ZEN? (Når perioden er ferdig 31.8.24)

Det viktigste etter FME ZEN må være en verktøykasse med metoder, definisjoner, indikatorer, verktøy, prosedyrer, tiltak og andre hjelpemidler som kan brukes for å oppnå klimagassreduksjon i hele livsløpet mot nettonullutslipp.

Hva gjør du selv for å redusere dine klimautslipp?

Jeg kjører ikke bil, og tar bare offentlig transport eller går dit jeg skal.

Hva jobber du med i FME ZEN?

Jeg jobber i WP2 og WP5 med å forstå samspillet mellom teknologier i ZEN og det økonomiske rammeverket tilknyttet

energiressursene. Dette inkluderer å analysere energisystemer med matematiske optimeringsmodeller for å regne ut hvilken teknisk-økonomisk påvirkning ZEN har på omkringliggende energisystem, samt hvordan ulike markedsmuligheter og prissignaler påvirker lønnsomheten på energiressurser i ZEN.

Hva er høydepunktet(ene) fra arbeidet ditt eller gruppen sitt i 2022? Eller; hva er spennende å forske på?

Min forskning viser et stort teoretisk potensial tilknyttet fleksibel tilpasning av oppvarming og elbillading i ZEN på veien mot nullutslippssamfunnet. Samtidig tyder forskningen på dårlig lønnsomhet på fleksibilitet for enkeltaktører i ZEN. Derfor er det særlig spennende å forske mer på hvordan markedene kan bedre tilrettelegge for at fleksibilitetsleveranser fra ZEN blir mer økonomisk attraktivt, slik at ZEN kan bidra til mer effektiv utvikling av hele energisystemet.

Hva er det viktigste vi (forskere, Fme Zen, samfunn etc.) må gjøre fremover for å klare ambisjonene som verden har satt seg?

Skal vi lykkes, så må alle være villige til å tilpasse seg bærekraftige løsninger. Vi trenger at samfunnet forstår den positive siden av ambisjonene. Jeg mener vår viktigste oppgave som forskere er å kommunisere fordelene og mulighetene ved å klare ambisjonene.

Hva er det viktigste som bør stå igjen etter FME ZEN? (Når perioden er ferdig 31.8.24)

Anvendbare råd og retningslinjer for konkrete tiltak som kan gjøres i nabolag for å akselerere omstillingen til nullutslippssamfunnet.

Hva gjør du selv for å redusere utslipp?

Jeg sverger til elsykkelen som mitt daglige transportmiddel, uansett vær og årstid!



Foto: Anne-Lise Aakervik

KOMMUNIKASJONSAKTIVITETER I TALL 2022



9

unike Nyhetsbrev

14

Nyhetsbrev
i form av adventskalender

Mer enn

35.000

sidehenvisninger i løpet av året
på fmezen.no

Dette «biobatteriet» gjør det mulig å lagre energi fra sol og vind

Når sola skinner og vinden blåser, har det til nå vært vanskelig å lagre energien. Men i et laboratorium i Trondheim har forskerne fått det til - helt uten avansert batteriteknologi.



© Science Communication, Gemini.no

Science Communication, Gemini.no

2. okt. 2022 - 11:38

Facebook LinkedIn YouTube Twitter

Gruppen for forskning forstås av alle som er interessert i forskning på: Energi, Fysiske, Biologi, Medisin, IT, Data, UTV. Norges vitenskapsråd, Universitetet i Trondheim og M2B.



8

ZEN lunsjforedrag

7

partnerseminarer,
konferanser og workshops

4

Partner seminars, conferences
and workshops



18

unike populærvitenskapelige
artikler

12

medieoppslag

48

vitenskapelige tidsskriftartikler

33

populærvitenskapelige artikler,
medieoppslag og
podcast-medvirkning

REKRUTTERING OG FORSKERUTDANNING MED FOKUS PÅ PH.D-KANDIDATENE



Ruth Woods
Forsker
NTNU

Våren 2022 arrangerte ZEN-senteret ph.d.-kurs for sine kandidater. Her deltok også ph.d.-kandidater fra andre programmer ved NTNU, og internasjonale kandidater, til sammen elleve stykker.

Emnet skal formidle grunnleggende kunnskaper og ferdigheter som alle ph.d.-kandidater som arbeider med ZEN-relaterte temaer bør ha, og det inkluderer kunnskap som setter deres spesifikke prosjekter inn i en bredere samfunnsmessig og historisk kontekst.

Temaene som dekkes gjenspeiler senterets tverrfaglige karakter og ble spredt på fem seminardager utover våren. Det startet med en generell oversikt over senterets arbeid med nullslippsbygg og nabolag, som inkluderte presentasjoner av ZENs pilotforskning. Dette ble fulgt opp av seminarer om; bare bærekraftige overganger; en befaring og workshop i bydelene Sorgenfri og Tempe i Trondheim; en energidag om temaene mennesker, bygninger, nabolag og det europeiske kraftsystemet; til slutt tok

de for seg sirkulær økonomi i nabolagssammenheng. Kursets tverrfaglige karakter ble støttet av deltakelse fra nitten gjesteforelesninger fra ZEN, NTNU, SINTEF og Trondheim kommune.

Kandidatene har ulike faglig bakgrunn og ulike tilnærminger til å jobbe med ZENs (f.eks. arkitektur, planlegging og sivil og maskinteknikk). Kurset hadde et hybridformat som muliggjorde internasjonal deltakelse. De viktigste undervisningsformene er forelesninger, diskusjoner, gruppearbeid, et besøk på stedet og workshop, og skriving av en avsluttende oppgave eller rapport presentert på "ZEN mini conference" som avsluttet kurset. Kurset i 2022 var det siste ph.d.-kurset som ble arrangert av ZEN-senteret.

RESEARCHER TRAINING AND RECRUITMENT

In Spring 2022, the ZEN Centre arranged a PhD course for its candidates. The course was also attended by PhD candidates from other programs at NTNU, and international candidates. Eleven candidates participated.

The course is intended to convey basic knowledge and skills that every PhD candidate working with ZEN-related topics should have, and it includes knowledge that places their specific projects within a wider societal and historical context. Topics covered reflect the Centre's interdisciplinary character. A series of five seminars started with a general overview of the centre's work with zero emission buildings and neighbourhoods, which included presentations of ZEN's pilot research. This was followed up by seminars on; just sustainable transitions; a site visit and workshop in the Sorgenfri and Tempe neighbourhoods in Trondheim; an energy day on the themes of people, buildings, neighbourhoods, and the European power system; Circular economy in a neighbourhood context.

The interdisciplinary nature of the course was supported by the participation of nineteen guest lectures from ZEN, NTNU, SINTEF and Trondheim Municipality.

The candidates have diverse professional backgrounds and different approaches to working with ZENs (e.g. architecture, planning, and civil and mechanical engineering). The course had a hybrid format which enabled international participation. The main teaching methods are lectures, discussions, group work, a site visit and workshop, and writing a final paper or report presented at the "ZEN mini conference" which concluded the course. The course in 2022 was the last PhD course to be arranged by the ZEN Centre.

INTERNATIONAL COOPERATION AT THE ZEN RESEARCH CENTRE – 2022



Niki Gaitani
Associate Professor
NTNU

The internationalization in the ZEN Research Centre is driven by the importance of cooperating internationally to tackle global societal challenges, to establish new opportunities through participation in global value chains, to access to new and emerging markets, to exchange knowledge and have an important voice in global debates and developments. The main objectives can be summarized as follows:

1. Strengthen the international recognition, quality and relevance of the ZEN Center's research, development and innovation activities.
2. Build collaboration with internationally recognized experts.
3. Contribute to the internationalization of Norwegian research and business, together with the ZEN innovation management team.

The ZEN Research Centre liaises with the EU Cities Mission¹, the New European Bauhaus NEB initiative² and the corresponding platforms i.e., EERA Joint Programme Smart Cities³, Smart Cities Marketplace⁴ etc. – aiming to create climate-neutral buildings, neighbourhoods and cities that are beautiful, inclusive, and sustainable.

Moreover, the ZEN Research Centre actively cooperates with the following EU projects and initiatives:

The ARV project⁵, a H2020-funded project that involves 35 partners from research industry from 8 European countries, as part of the European Green Deal. The vision of the ARV project is to contribute to speedy and wide scale implementation of Climate Positive Circular Communities (CPCC) where people can thrive and prosper for generations to come. The overall aim is to demonstrate and validate attractive, resilient, and affordable solutions for CPCC that will significantly speed up the deep energy renovations and the deployment of energy and climate measures in the construction and energy industries. .

The syn.ikia project⁶, a H2020-funded project that involves 13 research and industry partners from eight countries and will increase the proportion of sustainable neighbourhoods with surplus of renewable energy in different climates and markets in Europe. Over the course of the project (2021-2024), four real-life plus-energy demo neighbourhood projects tailored to four different climatic zones will be developed, analysed, optimized and monitored,



demonstrating the functionality of the plus-energy neighbourhood concept for the rest of Europe. In both projects NTNU is coordinating and SINTEF is one of the partners.

The +CityxChange project⁷, a H2020-funded project with 32 partners and demonstration activities on Positive Energy Districts in 7 cities across Europe, including Trondheim. The cooperation includes the Sluppen and Brattøra Districts in Trondheim.

NTNU and SINTEF are also part of the Iclimabuilt project on Functional and advanced insulating and energy harvesting/storage materials across climate adaptive building envelopes, where NTNU leads the work on Living Labs

NTNU and SINTEF also participate in the European Construction, built environment and energy efficient building Technology Platform (ECTP) which is a leading membership organisation promoting and influencing the future of the Built Environment. The ZEN Research Centre has an International Scientific Committee (ISC). The ISC is a selective group of high-level experts and consists of:

- › Kristina Mjörnell, Business & Innovation Area Manager for Sustainable Cities and Communities at RISE and Adjunct Prof. in Building Physics at Lund University;
- › Eva Heiskanen, Prof. at the University of Helsinki at the Consumer Society Research Centre;
- › Steve Selkowitz, Senior Advisor for Windows & Envelope Materials Group in Building Technology & Urban Systems Division, at Lawrence Berkeley National Laboratory;
- › Lieve Helsen, Prof. of Applied Mechanics & Energy Conversion at KU Leuven.

The ZEN Research Centre is involved in several International Energy Agency (IEA) projects such as:

- IEA EBC Annex 72 Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings;
- IEA EBC Annex 81 Data-Driven Smart Buildings; and
- IEA Annex 83 Positive Energy Districts.

These are important for “calibrating” ZEN research topics with the international research agendas and for networking.

The ZEN Research Centre with the support of Innovation Norway, chaired a Workshop on Sustainable Cities and Neighbourhoods, part of the Singapore-Norway Science Week 2022. The objective was to share experiences for smart city concepts in Norway and Singapore; including smart and low carbon transport; sustainable urban development; digital cities.

Moreover, we see results from the ZEB and ZEN Centres finding its way into a report on “Defining Zero-Emission Buildings” <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129612>, to support the revision of the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).

¹ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en

² https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

³ <https://www.eera-sc.eu/>

⁴ <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/>

⁵ <https://greendeal-arv.eu/>

⁶ <https://www.synikia.eu/>

⁷ <https://cityxchange.eu/>

⁸ <https://iclimabuilt.eu/>



DEL 5

APPENDIX



PERSONALE

Management team

Etternavn	Fornavn	Stilling	Hoved forskningsområde	Institusjon
Kringlebotn Thiis	Thomas	Centre director / professor		NTNU
Jacobsen	Terje	Centre liaison / vice president research		SINTEF Community
Truloff	Shannon	Innovation leader		SINTEF Community
Bezududna	Yana	Financial officer		NTNU
Skjevik	Hanne Kristin	Financial officer		NTNU
Aakervik	Anne-Lise	Communication advisor		SINTEF Community
Sætersdal Remøe	Kathinka	Communications advisor		NTNU
Svarva	Brynjar	Centre coordinator		NTNU

Work package leaders

Etternavn	Fornavn	Stilling	Arbeidspakke	Institusjon
Brattebø	Helge	WP1 leader / professor	WP 1	NTNU
Kvellheim	Ann Kristin	WP2 leader / senior adviser	WP 2	SINTEF Community
Georges	Laurent	WP3 leader / professor	WP 3 & 4	NTNU
Sartori	Igor	WP4 leader / senior research scientist	WP 4	SINTEF Community
Kauko	Hanne	WP5 leader / research scientist	WP 5	SINTEF Energi
Thomsen	Judith	WP6 leader / research manager	WP 6	SINTEF Community

Key researchers

Etternavn	Fornavn	Stilling	Arbeidspakke	Institusjon
Andresen	Inger	Professor 2	WP 6	NTNU
Baer	Daniela	Researcher	WP 1	SINTEF Community
Bagle	Marius	Researcher	WP 4	SINTEF Community
Berker	Thomas	Living lab coordination / professor	WP 6	NTNU
Boer	Luitzen de	Professor	WP 2	NTNU
Brozovsky	Johannes	Researcher	WP 3	SINTEF Community
Clauss	John	Researcher	WP3&4	SINTEF Community
Fjellheim	Kristin	Researcher	WP 1	SINTEF Community
Gaitani	Niki	Internationalization coordinator / senior researcher		NTNU
Georges	Laurent	Building/neighbourhood services coordination / assoc. professor	WP 3 & 4	NTNU
Grynning	Steinar	Research manager	WP 3	SINTEF Community
Heinen	Eva	Professor	WP1&6	NTNU
Hertwich	Edgar	LCA coordination / professor	WP 1	NTNU
Hamdy	Mohamed	Assoc. prof.	WP 3 & 4	NTNU
Homaei	Shabnam	Researcher	WP 1	SINTEF Community
Krogstie	John	Professor	WP 1	NTNU

Lausselet	Carine	Researcher	WP 1	SINTEF Community
Lien	Synne Krekling	Researcher	WP 1 & 4	SINTEF Community
Liu	Peng	Researcher	WP 3	SINTEF Community
Mathisen	Hans Martin	Professor	WP 3	NTNU
Manum	Bendik	Professor	WP 1 & 6	NTNU
Nordström	Tobias	Researcher	WP6	NTNU
Rokseth	Lillian	Researcher	WP1	SINTEF Community
Petersen	Sobah Abbas	ICT coordination / assoc. professor	WP 1	NTNU
Skaar	Christofer	Researcher	WP 3 & 6	SINTEF Community
Tomasgard	Asgeir	Professor	WP 2	NTNU
Walnum	Harald	Researcher	WP 4 & 6	SINTEF Community
Wyckmans	Annemie	Professor		NTNU
Lindberg	Karen B.	Senior researcher	WP 4, 5 & 6	SINTEF Community
Sandberg	Nina Holck	Senior researcher	WP 1	Norway
Walnum	Harald Taxt	Senior researcher	WP 4 & 6	SINTEF Community
Wiik	Marianne	Senior researcher	WP 1 & 6	SINTEF Community
Woods	Ruth	Senior Researcher	WP 6	NTNU
Schneider-Marin	Patricia	Associate Professor	WP 3	NTNU

Visiting researchers

Etternavn	Fornavn	Emne	Tilknytning
Madsen	Henrik	Energy system modelling	Technical University of Denmark

Postdoctoral researchers with financial support from the Centre budget

Etternavn	Fornavn	Emne og arbeidspakke	Nasjonalitet
Stokke	Raymond	Innovation eco-system and green public procurement (WP2)	Norway
Woods	Ruth	ZEN living labs (WP6)	UK

Postdoctoral researchers working on projects in the centre with financial support from other sources

Etternavn	Fornavn	Emne og arbeidspakke	Finansiering
Korsnes	Marius	The role of prosumers in zero emission buildings and neighbourhoods (WP6)	Norway
Holck Sandberg	Nina	Dynamic modelling of energy use of building stocks (WP1)	Norway
Harter	Hannes		Germany

PhD candidates with financial support from the Centre budget

Etternavn	Fornavn	Emne og arbeidspakke
Askeland	Magnus	Regulatory and economical aspects related to ZEN within a larger energy system (WP5)
Backe	Marius	Model based control of buildings (WP4)
Brozovsky	Stian	Transition pathways towards zero emission neigh-bourhoods (WP2). Disputas 25th November 2021
Favero	Johannes	The climate dimension and the physical principles of zero emission neighborhoods in Norway (WP1&6)
Hamdan	Matteo	Thermal comfort enabling thermal flexibility of buildings (WP4)
Homaie	Hasan Ahmed	Public private collaboration (WP2)
Justo Alonso	Shabnam	Optimal integrated building designs for resilient zero emission neigh-bourhoods (WP3)
Pinel	Maria	Optimal combination of demand controlled ventilation and heat recovery for ZEB (WP3)
Laussetlet	Carine	LCA methods for zero emission neighbourhood concepts (WP1). Disputas 22nd November 2021.
Rokseth	Dimitri	Local energy system optimization within a larger system (WP5). Disputas 15th December 2021.
Satoła	Lillian	CO ₂ emission and correlation to building form and spatial morphology at neighbourhood scale (WP6)
Skeie	Daniel	Off-grid zero emission building concepts for warm climates (WP3)
Sørensen	Kristian	Building energy performance assessment through in-situ measurement (WP3)
Thorvaldsen	Åse Lekang	Smart strategies for energy and power management in neighbourhoods (WP6)
Yu	Kasper	The value of buildings energy flexibility in power markets (WP4)
Formolli	Xingji	Model predictive control to activate the building energy flexibility (WP4)
Henriksen	Matteo	Solar neighbourhood planning (WP1)
Rizzardi	Hanne Marit	Representing zero-emission built environments (WP6)
Schön	Victor	Regulatory challenges and opportunities in zero emission neigh-bourhoods (WP2)
Bjelland	Peter	Mobilitet

PhD candidates working on projects in the centre with financial support from other sources

Etternavn	Fornavn	Emne og arbeidspakke	Finansiering
Annaqeeb	Masab Khalid	Simulation of energy related occupant behaviour in buildings (WP3)	NTNU
Catto Lucchino	Elena	Double skin facades (WP3)	NTNU
Dziedzic	Jakub Wladyslaw	Modeling and simulating energy-related, occupant behavior in residential buildings (WP3)	NTNU
Henriksen	Hanne Marit	Communication in ZEN pilots (WP 6)	NTNU
Juhasz-Nagy	Eszter	Improving smart energy community planning through collaborative game development (WP1&6)	NTNU
Lassen	Niels	Evaluation of a method for real time user interaction regarding indoor climate in office buildings (WP3)	Skanska Norway
Møgster	Trine Olsen	(WP6)	NTNU
Ness	Maria Coral Albelda-Estelles	Exploring the limits of building bioclimatic design in cold climates (WP6)	NTNU
Valler	Thea Marie	Decarbonization of transport in urban China (WP2&6)	NTNU Energy
Sutcliffe	Thomas	Circular economy (WP6)	NTNU sustainability
Rousseau	Lola	Mitigation of greenhouse gas emissions in urban planning and development (WP 1)	NTNU
Yu	Xingji	Model predictive control to activate the building energy flexibility (WP 4)	NTNU
Yang	Yunbo		
Healey Trulsrud	Tonje	Syn.ikia	
Brudal	Ørjan	ARV	

Other resources associated with the Centre

Etternavn	Fornavn	Institusjon	Stilling	Arbeidspakke	Finansiering
Andersen	Tuva	NTNU	ZEN stud.ass.		FME ZEN, others
Andresen	Inger	Asplan Viak	Architect		Others
Bergsdal	Håvard	SINTEF Community	Senior researcher	WP 1	NFR, SINTEF
Bø	Lars Arne	SINTEF Community	Senior researcher	WP 1 & 6	NFR, SINTEF
Cao	Guangyu	NTNU	Prof.	WP 3	NTNU
Clauss	John	SINTEF Community	Researcher	WP 3 & 4	FME ZEN, SINTEF
Farahmand	Hossein	NTNU	Assoc. prof.	WP 4 & 5	NTNU
Fufa	Selamawit Mamo	SINTEF Community	Researcher	WP 1 & 6	FME ZEN, others
Goia	Francesco	NTNU	Assoc. prof.	WP 3	NTNU
Gullbrekken	Lars	SINTEF Community	Researcher	WP 3	SINTEF Community
Hestnes	Anne Grete	NTNU	Scientific advisor		NTNU
Holmen	Elsebeth	NTNU	Prof.	WP 2	NTNU
Holøs	Sverre	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, others
Korpås	Magnus	NTNU	Prof.	WP 4 & 5	NTNU
Labonnote	Nathalie	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, others
Larssæther	Stig A.	NTNU TSO Sustainability	Coordinator	WP 6	Others
Liu	Peng	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, SINTEF
Manum	Bendik	NTNU	Prof.	WP 1 & 6	NTNU
Nord	Natasa	NTNU	Assoc. prof.	WP 4	NTNU
Novakovic	Vojislav	NTNU	Prof.	WP 3 & 4	NTNU
Risholt	Birgit	SINTEF Community	Researcher	WP 3	Others
Strømman	Anders	NTNU	Prof.	WP 1	NTNU
Svendsen	Harald	SINTEF Energi	Researcher	WP 5	SINTEF
Sørnes	Kari	SINTEF Community	Researcher	WP 4 & 6	FME ZEN, others
Thunshelle	Kari	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, others
Nocente	Alessandro	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, others
Andersen	Kamilla Heimar	SINTEF Community	Researcher	WP 4 & 6	FME ZEN, others
Nitter	Kathrine	SINTEF Community	Senior Corporate Communications Officer / Web Manager	WP 7	FME ZEN, others
Oksavik	Andreas Odne	SINTEF Community	Advisor	WP 3	FME ZEN, others
Gaarder	Jørn Emil	SINTEF Community	Researcher	WP 3	FME ZEN, others
Cheng	Caroline Yeng-Ting	SINTEF Community	Researcher	WP 2	FME ZEN, others
Bergheim	Einar	SINTEF Community	Laboratory Manager	WP 3	FME ZEN, others
Fjellheim	Øystein	SINTEF Community	Research Manager	WP 3,4 & 6	FME ZEN, others
Neumann	Anne	NTNU	Prof.	WP 2	FME ZEN, others
Chaudhary	Chamita	NTNU			
Junker	Eivind	NTNU	Researcher	WP 2	FME ZEN, others

ZEN Scientific Advisory Committee

Etternavn	Fornavn	Institusjon
Heiskanen	Eva	University of Helsinki, Finland
Helsen	Lieve	KU Leuven, Belgium
Mjörnell	Kristina	RISE, Sweden
Selkowitz	Stephen	Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

Disputaser 2022

Etternavn	Fornavn	Disputas	Emne
Brozovsky	Johannes	12. mai	The Climate Dimension in Design of Resilient Urban Neighborhoods in Norway: A study on materials, outdoor, thermal comfort, and building energy demand in the context of the urban microclimate.
Homaei	Shabnam	22. juni	Towards resilient building performance: definitions, frameworks, and metrics.
Favero	Matteo	20. oktober	Occupant-centric models for thermal comfort in buildings. Theoretical and experimental analysis of methods for enhancing user comfort in dynamic thermal indoor environments.
Yu	Xingji	27. oktober	Grey-Box Modeling of the Building Thermal Dynamics for MPC Applications: Guidelines for the space-heating of single-family houses.
Hamdan	Hasan	15. november	Toward a neighborhood-level procurement strategy: An exploratory study of project procurement and collaboration practices in sustainable and zero-emission neighborhood projects.
Askeland	Magnus	24. august	Policy issues for distributed energy resources as a part of larger energy systems.
Alonso	Maria Justo	5. desember	Improvements in Demand-Controlled Ventilation to Reduce Energy Use and Improve Indoor Air Quality

Master degrees 2022

Etternavn	Fornavn	Emne
Oksvold	Andreas	Enhancing Public Participation in Norwegian Urban Planning using Mobile Augmented Reality
Håberg Dimmen	Olav	Enhancing Public Participation in Norwegian Urban Planning using Mobile Augmented Reality
Gustavsen	Synnøve Helen	Rådgivning gjennom ombruksprosessen: Ombruk i BREEAM prosjekter, og livsløpsevurderinger sin rolle i beslutningstaking i ombruksprosessen.
Flage Marman	Stine	Development of Control Strategies for Demand Controlled Ventilation using IoT
Lysnæs-Larsen	Martin	Cooling potential assessment for automated window operation algorithms - Based on the ZEB laboratory building, evaluation of wind pressure coefficients and simulations in IDA ICE.
Bordal	Inga	Livssyklusanalyse av et rehabilitert kontorbygg i Bergen med ambisiøse mål for gjenbruk av bygningskomponenter og bygningsmaterialer; Samarbeid med Asplan Viak
Zohaib	Ali	Life Cycle Assessment of Building Renovation: Trade-offs and environmental benefits with Building Materials and Energy. School in Oslo. Collaboration with ARV project
Nwagwu	Chibuikem	Redefining Africa's residential buildings in the face of human development and climate change crises: Nigeria as a case study.
Helseth	Inger Adele	Metode for timesoppløst marginal utslippsprofil og anvendelse i klimagassberegninger for Nyhavna. I samarbeid med Trondheim Kommune
Bellmann	Elise	Life cycle assessment of district heating infrastructure with and without seasonal thermal storage
Nørgreen	Sofie	A case study of a Zero Emission Neighbourhood in operational phase: Campus Evenstad
Siglevik	Sondre	Cradle-to-gate GHG emissions of a passive house in Ydalir, a zero-emission neighborhood in Eastern Norway
Stai	Peter	Regulatory Challenges and Opportunities in Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Focus on profitability from power flexibility at ZEN pilot Campus Evenstad

ØKONOMISTATUS

FINANSIERING OG UTGIFTER

Finansiering	Beløp	Totalt
The research council		23 869 142
The Host institution (NTNU)		5 259 220
Forskningspartnere		7 160 324
SINTEF Energy		565 795
Sintef Community		6 594 529
Bedriftspartnere		6 760 204
ByBo AS	218 750	
AS Civitas	50 000	
Energi Norge AS	270 000	
AFRY	696 000	
Asplan Viak	405 150	
GK Norge AS	558 900	
Hunton Fiber AS	125 000	
Moelven industrier ASA	250 000	
Norcem AS	348 304	
Norsk fjernvarme	248 656	
NTE Marked	0	
Snøhetta Oslo AS	632 974	
Sweco Norge AS	100 000	
Multiconsult ASA	593 750	
Skanska Norge AS	1 119 700	
Boligbyggelaget TOBB	309 100	
Elverum tomteselskap AS	833 920	
Offentlige partnere		3 794 315
Bergen kommune	200 000	
Bodø kommune	445 701	
Bærum kommune	669 950	
Direktoratet for byggkvalitet	200 000	
Elverum kommune	150 000	
Norges vassdrag og energidirektorat (NVE)	225 940	
Oslo Kommune - Plan og bygningsetaten (futurebuilt)	0	
Oslo kommune - klimaetaten	250 000	
Statkraft varme AS	354 500	
Statsbygg	659 389	
Steinkjer kommune	0	
Trondheim kommune	388 835	
Trøndelag fylkeskommune	250 000	
Totalt		46 843 205

Utgifter	Beløp	Totalt
The host institution (NTNU)		20 187 554
Forskningspartnere		
SINTEF Energy Research		2 836 744
Sintef Community		18 819 389
Bedriftspartnere		4 105 203
ByBo AS	68 750	
AS Civitas	0	
Energi Norge AS	120 000	
ÅF Engineering AS Afry/Gottlieb Paludan Architects	396 000	
Asplan viak	205 150	
GK Norge AS	308 900	
Hunton Fiber AS	0	
Moelven industrier ASA	0	
Norcem AS	98 304	
Norsk fjernvarme	118 656	
NTE Marked	0	
Snøhetta Oslo AS	432 973	
Sweco Norge AS	0	
Multiconsult ASA	393 750	
Skanska Norge AS	1 019 700	
Boligbyggelaget TOBB	209 100	
Elverum tomteselskap AS	733 920	
Offentlige partnere		894 315
Bergen kommune	0	
Bodø kommune	195 701	
Bærum kommune	169 950	
Direktoratet for byggkvalitet	0	
Elverum kommune	0	
Norges vassdrag og energidirektorat (NVE)	25 940	
Oslo Kommune - Plan og bygningsetaten (futurebuilt)	0	
Oslo kommune - klimaetaten	0	
Statkraft varme AS	104 500	
Statsbygg	259 389	
Steinkjer kommune	0	
Trondheim kommune	138 835	
Trøndelag fylkeskommune	0	
Totalt		46 843 205

PUBLIKASJONER I 2022

8 MEMOS

- Fjellheim, K.; Baer, D.; Lien, S. K.; Nordstrøm, T. (2022) ZEN CASE: Klimanorm Sluppen. Vurdering av Trondheim kommunes Klimanorm opp mot ZEN-definisjonen. ZEN Memo 39
- Meland, S. og Karlsson, H. (2022) ZEN mobilitetscase Montana. ZEN Memo 40
- Wiik, Marianne K et al. (2022) Innspill til veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap. ZEN Memo 41.
- Delgado, Benjamin et al. (2022) DHW Tank Modelling. ZEN Memo 42.
- Delgado, Benjamin et al. (2022) Electric Vehicle Modelling. ZEN Memo 43.
- Skaar, Christofer et al. (2022) Nullutslippsgården i ZEN. Systemgrenser for en nullutslippsgård i et nullutslippsområde ZEN-pilot Mære. ZEN Memo 44.
- Bergsdal, Håvard; Skaar, Christofer (2022) Livsløpsvurderingen basert på BIM-modeller. ZEN Memo 45.
- Karlsson, Hampus; Bjørgen, Astrid (2022) Bylogistikk på NTNU Campus. ZEN Memo 46.

48 TIDSSKRIFTSARTIKLER:

- Backe, Stian; Pinel, Dimitri Quentin Alexis; Askeland, Magnus; Lindberg, Karen Byskov; Korpås, Magnus; Tomasgard, Asgeir. Exploring the link between the EU emissions trading system and net-zero emission neighbourhoods. *Energy and Buildings* 2022. Volume 281. NTNU SINTEF
- Backe, Stian; Zwickl-Bernhard, Sebastian; Schwabeneder, Daniel; Auer, Hans; Korpås, Magnus; Tomasgard, Asgeir. Impact of energy communities on the European electricity and heating system decarbonization pathway: Comparing local and global flexibility responses. *Applied Energy* 2022; Volume 323. NTNU SINTEF
- Baer, Daniela; Lindkvist, Carmel Margaret (2022) Planning for sharing neighbourhoods - Negotiating sustainable transition with adaptive governance models. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)* 2022. Volume 1078. SINTEF NTNU
- Bagle, Marius; Manrique Delgado, Benjamin; Sartori, Igor; Walnum, Harald Taxt; Lindberg, Karen Byskov (2022). Integrating Thermal-Electric Flexibility in Smart Buildings using Grey-Box modelling in a MILP tool. *E3S Web of Conferences* 2022. Volume 362. SINTEF NTNU
- Berrill, Peter; Wilson, Eric J.H.; Janet L., Reyna; Antyony D., Fontanini; Hertwich, Edgar G. (2022) Decarbonization pathways for the residential sector in the United States. *Nature Climate Change* 2022. Volume 12. (8) s. 712-718. NTNU
- Brozovsky, J., Radivojevic, J. & Simonsen, A. (2022) Assessing the impact of urban microclimate on building energy demand by coupling CFD and building performance simulation - ScienceDirect. *Journal of Building Engineering*.
- Dong, Bing; Markovic, Romana; Carlucci, Salvatore; Liu, Yapan; Wagner, Andreas; Liguori, Antonio; Van Treeck, Christopher; Oleynikov, Dmitry; Azar, Elie; Fajilla, Glanmarco; Kim, Joyce; Vellei, Marika; De Simone, Marilena; Shamsaiee, Masood; Bavaresco, Mateus; Favero, Matteo; Kjaergaard, Mikkel; Osman, Mohamed; Frahm, Moritz; Dabirian, Sanam; Yan, Da; Kang, Xuyuan. (2022) A guideline to document occupant behavior models for advanced building controls. *Building and Environment* 2022. Volume 219. NTNU
- Favero, M. et al. Human-in-the-loop methods for occupant-centric building design and operation. *Applied Energy*, 2022
- Favero, M. et al. Human-in-the-loop methods for occupant-centric building design and operation. *Applied Energy*, 2022
- Formolli, Matteo; Croce, Silvia; Vettorato, Daniele; Paparella, Rossana; Scognamiglio, Alessandra; Mainini, Andrea Giovanni; Lobaccaro, Gabriele. (2022) Solar Energy in Urban Planning: Lesson Learned and Recommendations from Six Italian Case Studies. *Applied Sciences* 2022. Volume 12. (6). NTNU
- Heinen, Eva; Götschi, Thomas (2022) Cycling: Past, current and future. *Advances in Transport Policy and Planning* 2022. NTNU.

- Ji, Shujuan; Wang, Xin; Lyu, Tao; Liu, Xiaojie; Wang, Yuanqing; Heinen, Eva; Sun, Zhenwei. (2022) Understanding cycling distance according to the prediction of the XGBoost and the interpretation of SHAP: A non-linear and interaction effect analysis. *Journal of Transport Geography* 2022. Volume 103. NTNU
- Junker, E., Askeland, M. & Bø, L. A. Bestemmelser om energi- og miljøkrav i reguleringsplaner - i lys av konseptet nullutslippsnabolag. *Tidsskrift for eiendomsrett*, 2022
- Junker, E., Askeland, M. & Bø, L. A. Bestemmelser om energi- og miljøkrav i reguleringsplaner - i lys av konseptet nullutslippsnabolag. *Tidsskrift for eiendomsrett*, 2022
- Justo Alonso, Maria; Liu, Peng; Marman, Stine Flage; Jørgensen, Rikke Bramming; Mathisen, Hans Martin (2022) Holistic methodology to reduce energy use and improve indoor air quality for demand-controlled ventilation. *Energy and Buildings* 2022. Volume 279. NTNU SINTEF.
- Justo Alonso, Maria; Madsen, Henrik; Liu, Peng; Jørgensen, Rikke Bramming; Jørgensen, Thomas Berg; Christiansen, Even Johan; Myrvang, Olav Aleksander; Bastien, Diane; Mathisen, Hans Martin (2022). Evaluation of low-cost formaldehyde sensors calibration. *Building and Environment* 2022. Volume 222. NTNU SINTEF
- Justo Alonso, Maria; Moazami, Therese Nitter; Liu, Peng; Jørgensen, Rikke Bramming; Mathisen, Hans Martin (2022). Assessing the indoor air quality and their predictor variable in 21 home offices during the Covid-19 pandemic in Norway. *Building and Environment* 2022. Volume 225. SINTEF NTNU
- Justo Alonso, M.; Dols, W.S.; Mathisen, H.M. Using Co-simulation between EnergyPlus and CONTAM to evaluate recirculation-based, demand-controlled ventilation strategies in an office building. *Building Environment*, 1. mars 2022.
- Kauko, H., Pinel, D., Graabak, I. & Wolfgang, O. Assessing the potential of seasonal thermal storage for local energy systems: CAse study for a neighbourhood in Norway. *Smart Energy*, 2022
- Kauko, Hanne; Pinel, Dimitri; Graabak, Ingeborg; Wolfgang, Ove (2022) Geo-referenced building stock analysis as a basis for local-level energy and climate mitigation strategies
- Laussetlet, Carine; Rokseth, Lillian Sve; Lien, Synne Krekling; Bergsdal, Håvard; Tønnesen, J.; Brattebø, Helge; Sandberg, Nina Holck (2022). Geo-referenced building stock analysis as a basis for local-level energy and climate mitigation strategies. *Energy and Buildings* 2022. Volume 276. SINTEF NTNU
- Liu, Peng; Justo Alonso, Maria; Mathisen, Hans Martin. Global sensitivity analysis and optimal design of heat recovery ventilation for zero emission buildings. *Applied Energy* 2022. Volume 329. SINTEF NTNU
- Liu, Peng; Alonso Maria Justo; Mathisen, Hans Martin (2022) Heat recovery ventilation design limitations due to LHC for different ventilation strategies in ZEB
- Moschetti, R.; Homaei, S.; Taveres-Cachat, E.; Grynning, S. (2022) Assessing Responsive Building Envelope Designs through Robustness-Based Multi-Criteria Decision Making in Zero-Emission Buildings. *Energies*, 2022
- Nocente, Alessandro; Time, Berit; Kvande, Tore; Mathisen, Hans Martin; Gustavsen, Arild (2022) BIPV in Nordic climate: the ZEB Laboratory. *REHVA European HVAC Journal* 2022. Volume 59. (2). NTNU SINTEF
- Nägeli, C.; Camarasa, C.; Delghust, M.; Fennell, P.; Hamilton, I.; Jakob, M.; Langevin, J.; Laverge, J.; Reyna, J.L.; Sandberg, N.H.; Webster, J. (2022) Best practice reporting guideline for building stock energy models. *Energy and Buildings*, 1. april 2022
- Rasmussen, Freya; Trigaux, D; Alsema, E; Balouktsi, Maria; Birgisdottir, Harpa; Bohne, Rolf André; Dixit, M; Dowdell, D; Francart, N; Frischknecht, Rolf; Foliente, Greg; Lupisek, Antonin; Lutzkendorf, T; Malmqvist, Tove; García Martínez, A; Ouellet-Plamondon, C; Passer, Alexander; Peuportier, B; Ramseier, L; Satola, Daniel; Seo, S; Szalay, Z; Wiik, Marianne Rose Kjendseth (2022). Existing benchmark systems for assessing global warming potential of buildings – Analysis of IEA EBC Annex 72 cases. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)* 2022. Volume 1078. SINTEF NTNU
- Resch, Eirik; Wiik, Marianne Rose Kjendseth; Tellnes, Lars G. F.; Andresen, Inger; Selvig, Eivind; Stoknes, Stein (2022). *FutureBuilt Zero - A simplified dynamic LCA method with requirements for low carbon emissions from buildings*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)* 2022. Volume 1078. (1) Suppl. 012047. SINTEF NTNU NORSUS
- Röck, Martin; Allacker, Karen; Auinger, Michael; Baloutski, M; Birgisdottir, H; Fields, M; Frischknecht, Rolf; Habert, G; Sørensen, L. Hvid Horup; Kuittinen, M.; Den, X Le; Lynge, K; Muller, A; Nibel, S; Passer, A.; Piton, F; Rasmussen, F N; Saade, M Ruschi; Alaux, N; Satola, Daniel;

- Sørensen, A; Spitsbaard, M; Tikka, S; Tozan, B; Truger, B; Leeuwen, M van; Vesson, M; Viitala, A; Zonnevijlle, R; Lutzkendorf, T (2022). Towards indicative baseline and decarbonization pathways for embodied life cycle GHG emissions of buildings across Europe. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES) 2022. NTNU.
- Rousseau, Lola Sylvie Annie; Kloostra, Bradley; AzariJafari, Hessam; Saxe, Shoshanna; Gregory, Jeremy; Hertwich, Edgar G. (2022) Material Stock and Embodied Greenhouse Gas Emissions of Global and Urban Road Pavement. Environmental Science and Technology 2022. Volume 56. (24) s.18050-18050. NTNU
- Sandberg, N. H., Krekling, S. L., Lindberg, K. B., Sartori, I. Mål om 10 TWh energisparing i bygningsmassen: Hvordan ligger vi an og hva er potensialet? Praktisk økonomi & finans, 2022
- Sartori, Igor; Lien, Synne Krekling; Bagle, Marius; Walnum, Harald Taxt; Manrique Delgado, Benjamin (2022). Development and testing of load flexibility KPIs in the ZEN definition. E3S Web of Conferences 2022. Volume 362. SINTEF
- Satola, Daniel; Houlihan Wiberg, Aoife Anne Marie; Gustavsen, Arild (2022). Global sensitivity analysis and optimization of design parameters for low GHG emission lifecycle of multifamily buildings in India. Energy and Buildings 2022. Volume 277. NTNU
- Satola, Daniel; Wiberg, Aoife Houlihan; Singh, Manan; Babu, Sushanth; James, Ben; Dixit, Manish; Sharston, Ryan; Grynberg, Yann; Gustavsen, Arild (2022) Comparative review of international approaches to net-zero buildings: Knowledge-sharing initiative to develop design strategies for greenhouse gas emissions reduction. Energy for Sustainable Development 2022. Volume 71. s.291-306. NTNU
- Sevault, Alexis; Oleszko-Pyka, Bartosz. (2022). Powsta pierwszy na wiecie woskowy magazyn ciepła. 3 tony wosku gromadzi ciepło dla Norwegów. wiat Oze 2022. ENERGISINT
- Skaar, C., Lausset, C., Bergsdal, H. & Bratlebø, H. Towards a LCA Database for the Planning and Design of Zero-Emissions Neighborhoods. Buildings, 2022
- Skeie, Kristian; Gustavsen, Arild (2022). Building Energy Performance Evaluation of a Norwegian single-family house applying ISO-52016. E3S Web of Conferences 2022. Volume 362. NTNU SINTEF
- Stokke, R., Kristoffersen, F. S., Stamland, M., Holmen, E., Hamdan, H., & De Boer, L. (2022). The role of green public procurement in enabling low-carbon cement with CCS: An innovation ecosystem perspective. Journal of Cleaner Production, 2022
- Sørensen, Åse Lekang; Westad, Maria Claire; Manrique Delgado, Benjamin; Lindberg, Karen Byskov. Stochastic load profile generator for residential EV charging. E3S Web of Conferences 2022. Volume 362. NTNU SINTEF
- Thorvaldsen, Kasper Emil; Korpås, Magnus; Farahmand, Hossein (2022). Long-term Value og Flexibility from Flexible Assets in Building Operation. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, juni 2022
- Tortosa, Eugeni Vidal; Lovelace, Robin; Heinen, Eva; Mann, Richard P. (2022) Cycling and socioeconomic (dis) advantage. Advances in Transport Policy and Planning 2022. NTNU
- Vellei, M. et al. Documenting occupant models for building performance simulation: a state-of-the-art. Journal of Building Performance Simulation, 2022.
- Woods, R. & Berker, T. Homelife in a Norwegian forest: a rural approach to the sustainable transition. Sustainability: Science, Practice and Policy, 2022
- Yu, X; Skeie, K.S.; Knudsen, M.D.; Ren, Z; Imsland, L.; Georges, L. (2022) Influence of data pre-processing and sensor dynamics on grey-box models for space-heating: Analysis using field measurements. Building and Environment, 15. mars 2022

I MEDIA:

- Hansen, Martin. «Energisituasjonen løses ikke av spesifiserte fagretninger.» Universitetsavisa, 16.06.2022.
- Hertwich, Edgar G.; Zheng, Heran; Meland, Svein Inge (2022) "People over 60 are greenhouse gas emission bad guys." Newswise, 25.03.2022.
- Kauko, Hanne & Persson, Clas. «Varmelagring kan gi byer viktig strømsparehjelp». Dagens Næringsliv, 01.08.2022. Republisert i Gemini, SINTEF.
- Korpås, Magnus. «Vil satse på solenergi: Forskere foreslår alternativ til strømstøtte.» VG, 05.08.2022.
- Nitter, Kathrine; Bø, Lars Arne. «Regelverket hindrer nullutslippsnabolig, men kommunene har større muligheter enn de vet.» Pressemelding, NTB. Republisert i Byggeindustrien, Bygg Fakta, SINTEF, Tekniske Nyheter, 7.06.2022.
- Sandberg, Nina H. og Lindberg, Karen B. «Viktig sjanse til å spare strøm glipper når bygg renoveres.» Dagens Næringsliv, 11.03.2022

Sivertsen, Kjell. «Har vi en energikrise?» Klassekampen, 3.01.2022

Sivertsen, Kjell. «Kraftbransjen konstruerer sitt eget framtidsbilde.» Nationen, 5.03.2022

Thiis, Thomas K. «NTNU - det siste flaggskipet.» Dagens Næringsliv, 04.07.22

Thiis, Thomas K. «Strid om campus-utbyggingen: – Om 15 år vil det virke uforståelig at man valgte å gjøre det på denne måten.» Adressa, 16.11.2022.

Thiis, Thomas T. «Thomas Kringelbotn Thiis skal lede forskningssenteret FME ZEN». Pressemelding, 23.05.2022. Republisert i Fremtidens Byggenæring, Byggeindustrien og NTB Info.

Tomasgard, Asgeir; Korpås, Magnus; Hustad, Johan Einar. «Sol- og vindkraft er helt avgjørende for at vi skal kunne nå klimamålene.» Aftenposten, 13.06.2022.

Zheng, Heran; Hertwich, Edgar G.; Claworthy, Ben. "All-consuming baby boomers are the world's worst polluters 'with biggest carbon footprint'". The Sunday Times, 27.03.2022.

POPULÆRVITENSKAPELIG OG BLOGG:

Fjellheim, Kristin. [Klimanorm som verktøy for utbyggere og planleggere.](#) SINTEFblogg, 22.03.22

Manum, Bendik. [Nye broer i Trondheim.](#) SINTEFblogg, 26.04.2022

Sandberg, Nina H., Krekling, Synne L., Lindberg, Karen B. & Sartori, Igor. Energikrisen: Det er mulig å redusere energi-bruken kraftig fram mot 2050. Forskersonen, 10.04.22

Askeland, Magnus. Strømmen kan bli billigere ved å bruke lokale energiresurser. SINTEF, 5.01.2022

SINTEF. FME ZEN gir ringvirkninger. SINTEF, 31.05.2022.

SINTEF. Reglene må endres for å få fart på energisparing i bygg og områder. SINTEF, 30.06.2022.

Benjaminsen, Christina. Dette «biobatteriet» gjør det mulig å lagre energi fra sol og vind. SINTEF, 15.09.2022. Republisert i Teknisk Ukeblad.

SINTEF. Den tredje arbeidsplassen – løsningen på tidsklemma og klimakrisen? SINTEF, 15.09.2022.

Aakervik, Anne Lise. En tettere bygningskropp krever bedre ventilasjon for et godt innneklima. SINTEF, 30.11.2022.

Hovland, Lennart. Masteroppgave (III): ["Grønne underleverandører" kan påvirke offentlig anbudspraksis.](#) Anbud365, 12.01.2022

Ski, Karoline. [Flytårnet Fornebu blir nytt med gamle byggematerialer.](#) SINTEFblogg, 07.03.22

Mathisen, Georg. [Kan spare 37,9 milliarder på energi i bygg.](#) NemiTek, 13.04.22

Bjørheim, Knut. [Rehabiliterede trekkfull 60-tallsvilla: Har knapt sett en strømregning på to år.](#)TU, 26.03.22

Trulsrud, Tonje: [Er det mulig med sirkulærøkonomi OG plussus?](#) Gemini.no

Elmagasinet. Stort sparepotensial i fleksibilitet. Elmagasinet, 29.06.2022.

Byggmesteren. Reglene må endres for å få fart på energisparingen. Byggmesteren, 03.08.2022.

Mathisen, Georg. Reglene stopper strømkrisehjelp fra vannbåren varme. NEMITEK, 5.09.2022.:"

Dinesen, Gina. Moving toward Net Zero thinking. Property reporter, 13.12.2022.



9 ZEN RAPPORTER :

Wiik, M. K. et al. [Nullutslippsnabolag i smarte byer. Versjon 3.0.](#) ZEN Report 38, 2022

Wiik, M. K. et al. [Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Version 3.0.](#) ZEN Report 39, 2022 (ZEN Report 38 in English)

Wiik, M. K. et al. [The ZEN definition - a guideline for the ZEN pilot areas. Version 2.0.](#) ZEN Report 40, 2022

Kauko, Hanne; Rotan, Magnus; Claussen, Ingrid Camilla; Kvellheim, Ann Kristin (2022) [Overskuddsvarme som varmekilde. Barrierer og drivere for økt bruk av overskuddsvarme til bygningsoppvarming.](#) ZEN Report 41, 2022.

Wiik, Marianne K et al. (2022) Ocean Space Centre. Klimagassutslipp fra teknisk utstyr og tekniske installasjoner. ZEN Report 42.

Wiik, Marianne K. et al. (2022) Teori møter praksis – er miljøriktige bygg økonomisk gjennomførbare? Scenarioanalyse av konstruksjonsvalg på Ydalir. ZEN Report 43, 2022

Marianne Kjendseth Wiik, Shabnam Homaei, Synne Krekling Lien, Kristin Fjellheim, Camille Vandervaeren, Selamawit Mamo Fufa, Daniela Baer, Igor Sartori, Tobias Nordström, Solveig Meland, Caroline Cheng, Judith Thomsen (2022) [The ZEN definition - a guideline for the ZEN pilot areas. Version 3.0](#) Rapport: 44 - 2022

Marianne Kjendseth Wiik, Kristin Fjellheim, Camille Vandervaeren, Synne Krekling Lien, Solveig Meland, Tobias Nordström, Caroline Cheng, Helge Brattebø, Thomas Thiis. [Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities Rapport nr. 45 - 2022](#)

Marianne Kjendseth Wiik, Kristin Fjellheim, Camille Vandervaeren, Synne Krekling Lien, Solveig Meland, Tobias Nordström, Caroline Cheng, Helge Brattebø, Thomas Thiis (2022) [Nullutslippsområde i smarte byer. Definisjon, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer Versjon 4.0.](#) Rapport: 46 - 2022

KONFERANSEBIDRAG OG FAGLIG PRESENTASJON:

Backe, Stian. Bygninger og det europeiske kraftsystemet—hvordan påvirker lokale tiltak internasjonale klimamål? VKE Årskonferanse; 2022-04-21. NTNU

Backe, Stian. Energipositive samfunn. Innovasjon for energipositive samfunn; 2022-01-27. NTNU

Backe, Stian. Slik påvirker energiprodukerende nabolag det omkringliggende energisystemet. Energidagene 2022: Bærekraftige byer og samfunn i fremtidens energisystem; 2022-09-28. NTNU

Backe, Stian. The impact of Zero Emission Neighbourhoods—how does it affect energy use and emissions? Energy Transition Week 2022: Buildings and neighbourhoods as key assets in the energy transition; 2022-03-31. NTNU

Bagle, Marius; Manrique Delgado, Benjamin; Sartori, Igor; Walnum, Harald Taxt; Lindberg, Karen Byskov. Integrating Thermal-Electric Flexibility in Smart Buildings using Grey-Box modelling in a MILP tool. BuildSim Nordic 2022; 2022-08-22 - 2022-08-23. SINTEF NTNU.

Beceiro, Jorge Salgado; Galteland, Olav; Sevault, Alexis. Analysis of a latent heat storage unit using a pillow plate heat exchanger during real operations in a zero-emission building. EUROSUN 2022: ISES and IEA SHC International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry; 2022-09-25 - 2022-09-29.

Blakstad, Siri H.; Sandberg, Nina H. «Energieffektive bygninger er en forutsetning for fornybarsamfunnet.» Arendalsuka, 17.08.2022.

Kauko, Hanne. Den kilowattimen du tenkte ikke kunne brukes. Varmeteknisk konferanse; 2022-05-11 - 2022-05-12. SINTEF.

Kauko, Hanne. Energy solutions in the low-carbon transition in urban areas - Possibilities at Nyhavna. FME NTRANS User Case 5 Workshop; 2022-10-26 - 2022-10-26. SINTEF.

Korpås, Magnus. Energisystemets rolle i realisering av Europas og Norges klimamål. Innspillmøte med Klimadepartementet; 2022-05-19 - 2022-05-19. NTNU.

Korpås, Magnus. Klarer Europa omstillingen fra fossilt til fornybart? Kraftmarkedssymposiet; 2022-03-24 - 2022-03-24. NTNU

Korpås, Magnus; Aasgård, Ellen Krohn. Energisystemet: Hvilke valg må vi ta for energiomstilling frem mot 2050 – og hvilke svar gir analysene våre? Seminar med Energikommisjonen; 2022-06-15 - 2022-06-15. NTNU

Korpås, Magnus; Graabak, Ingeborg. Energisystemet: Hvilke valg må vi ta – og hvilke svar gir analysene våre? Seminar med OED; 2022-05-05 - 2022-05-05. NTNU

Thiis, Thomas K.; Skjulhaug, Marianne.
«Energiske Nabolag – Klimavennlige bygg- og områder hindres av stivbeinte regler». Arendalsuka, 16.08.2022.

Sartori, Igor; Lien, Synne Krekling; Bagle, Marius; Walnum, Harald Taxt; Manrique Delgado, Benjamin. Development and testing of load flexibility KPIs in the ZEN definition. BuildSim Nordic 2022; 2022-08-22 - 2022-08-23. SINTEF

Sørensen, Åse Lekang. Elbiler - Fra utfordring til løsning for det lokale strømmettet. Energiseminar 2022; 2022-03-04 - 2022-03-04. SINTEF

Sørensen, Åse Lekang. Energibruk i leilighetsbygg: Strøm, varme og elbillading. COFACTOR Partnermøte; 2022-11-23. SINTEF.

Sørensen, Åse Lekang. ZEN pilot: Campus Evenstad- Norway. NTNU-kurs AAR8330; 2022-02-15. SINTEF

Sørensen, Åse Lekang; Westad, Maria Claire; Manrique Delgado, Benjamin; Lindberg, Karen Byskov. Stochastic load profile generator for residential EV charging. BuildSim Nordic 2022; 2022-08-22 - 2022-08-23. SINTEF NTNU

Wiik, Marianne Rose Kjendseth. SINTEF and the Zero Emission society. Bulgarsk delegasjon; 2022-06-16 - 2022-06-16. SINTEF

Wiik, Marianne Rose Kjendseth. ZEN definisjon. Ydalir workshop; 2022-03-28. SINTEF

Wiik, Marianne Rose Kjendseth. ZEN definisjon. Fornebu workshop; 2022-06-02 - 2022-06-02. SINTEF

Wiik, Marianne Rose Kjendseth. ZEN definisjonen og nøkkelindikatorene. ZEN miniseminar - BREEAM Communities; 2022-11-23 - 2022-11-23. SINTEF.

Woods, Ruth; Berker, Thomas; Henriksen, Hanne Marit; Sutcliffe, Thomas Edward. "I love this": experimenting with second-hand furniture in a university living lab. 17th EASA Biennial Conference EASA2022: Transformation, Hope and the Commons; 2022-07-26 - 2022-07-29. NTNU

2 PODCAST:

Edgar Hertwich. "The EU Has the Strongest Climate Law in the World. But it is Not Enough". 63 degrees North. 11.2022. NTNU

Hertwich, Edgar G. et al. "Hva er egentlig en sirkulær økonomi?". De store spørsmålene. 02.2022 NTNU.

1 BOK:

Heinen, Eva. Cycling. Elsevier 2022. 290 s. NTNU



VISJON:

«Å utvikle
nullutslippsnabolag (ZEN):
En samling bygninger
med netto null utslipp
av klimagasser i løpet
av sin livssyklus»

Redaktører:

Anne-Lise Aakervik (NTNU)
Brynjar F. Svarva (NTNU)
Ann Kristin Kvellheim (SINTEF)
Thomas K. Thiis (NTNU)

Bidragstere:

Ansatte og tilknyttete ressurser i FME ZEN

Grafisk produksjon:

Skipnes

ZEB EN

Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

NTNU - Gløshaugen campus
Høgskoleringen 13, ZEB-Laboratory
NO-7491 Trondheim, NORWAY



<https://fmezen.no>

ISBN 978-82-536-1800-5 (trykt)
ISBN 978-82-536-1801-2 (pdf)