



Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES

# INNOVASJONS- RAPPORT 2023



David Collins, Anne-Lise Aakervik, Ann Kristin Kvellheim



# INNHOOLD

1. Introduksjon .....	3
2. Om FME ZEN .....	4
3. Innovasjonsmål og TRL-nivå .....	5
4. Hvordan oppnår vi effekt og verdiskaping av innovasjonsarbeidet i ZEN? .....	6
5. Derfor er innovasjon viktig for oss .....	8
– Etterspør høyere miljøkrav fra myndighetene .....	9
Nå kan byggebransjen raskt og enkelt beregne klimaavtrykket .....	11
6. Eksempler på innovasjoner i ZEN .....	12
Prisresponsmodell for sparing av strømknudner .....	12
Finansielle strategier og tiltak for ZEN-utvikling .....	14
ZEN foranalyse .....	16
Kraftkjøpavtale for bærekraftige energisamfunn .....	17
Smart bruk av lavkost-sensortechnologi .....	18
7. Derfor er innovasjon viktig for oss .....	20
– Reduserer tiden fra forskning til kommersiell drift .....	21
Forbrukere trenger klare anbefalinger til gode energiløsninger .....	23
8. Eksempler på innovasjoner i ZEN .....	24
EMPIRE .....	24
FLEXor – Fleksibel styringsmodell .....	25
Forberede bygningsautomasjon for energifleksibel drift av bygg .....	26
Model Predictive Control (MPC) for bygg og nabolag .....	27
ZEN definisjonsveileder .....	28
GIS metode for analyse av byform og arealbruk .....	29
9. Derfor er innovasjon viktig for oss .....	30
– FME ZEN har dybdekompetansen generalister som oss trenger .....	31
– Hvordan vi bor påvirker oss alle .....	33

## ZEN RAPPORT No. 56 Innovasjonsrapport 2023

Redaktører: Anne-Lise Aakervik (NTNU), Dave Collins (NTNU),  
Ann Kristin Kvellheim (SINTEF)  
Tekst side 9,10,11,21,22,23,31,32,33: Lisbet Jære

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

Forsidebilde: Solpergola. Foto: Anne-Lise Aakervik

ISBN 978-82-536-1831-9 (pdf)

Norges teknisk naturvitenskapelige universitet (NTNU) | [www.ntnu.no](http://www.ntnu.no)

SINTEF Community | [www.SINTEF.no/community](http://www.SINTEF.no/community)

<https://fmezen.no>

# 1. INTRODUKSJON



**Jørgen Nordahl**  
Statkraft Varme AS  
leder av innovasjonskomiteen

Det er viktig for partnerne i Forskningscenteret for nullutslippsområder (ZEN) å gjøre veien fra forskning til innovasjon kort. Dette er også viktig for å løse samfunnsoppdraget som er å bidra mest mulig effektivt til at Norge når sine målsettinger på energi- og klimaområdet. I ZEN drives det et systematisk innovasjonsarbeid hvor alle innovasjonsideer registreres i et system med unik nummerering og informasjon om hvem som har bidratt og hvilken markedseffekt innovasjonen kan få. Dette gjør oppfølging av den enkelte innovasjonside enklere.

For å støtte opp om innovasjonsarbeidet er det etablert en innovasjonskomitee bestående av brukerpartnere og nøkkelressurser fra forskningspartnere. Komiteen skal være en ressurs for senterledelsen og arbeidspakene i saker som angår innovasjon og kommersialisering.

ZEN er inne i en avsluttende fase, og denne rapporten er en løypemelding etter forrige rapport som kom i 2020. Når ZEN avsluttes, vil en endelig innovasjonsrapport bli utarbeidet. Rapporten du nå har foran deg gir et godt innblikk i hvordan vi tenker og jobber rundt innovasjon, og du får også innsikt i et representativt utvalg innovasjoner.

Jeg ønsker riktig god lesning!

**VISJON:**  
Å utvikle bærekraftige områder  
med null utslipp av klimagasser



Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES

## 2. OM FME ZEN

FME ZEN er et forskningssenter for miljøvennlig energi som skal utvikle løsninger for framtidens bygninger og områder – løsninger som bidrar til at nullutslippssamfunnet kan realiseres. For å oppnå dette ambisiøse målet bruker FME ZEN pilotprosjekter som metode for å engasjere og involvere forskere og partnere i å løse utfordringene gjennom samspill.

Et nullutslippsområde har som målsetning å redusere og kompensere sine direkte og indirekte klimagassutslipp mot null innenfor sin analyseperiode. Området bør ha søkelys på planlegging, implementering og drift av bygninger og infrastruktur med sikte på null klimagassutslipp i hele levetiden og å kompensere for gjenstående klimagassutslipp for å oppnå et netto nullutslippsområde.

Arbeidet er strukturert rundt seks hovedtemaer: klimagasser, energi, effekt, byform og arealbruk, mobilitet, og økonomi.

I FME ZEN skaper vi løsninger for fremtidens nullutslippsbygg og -områder. Dette er vårt bidrag til et lavkarbonsamfunn, og sammen med våre offentlige og industrielle partnere utvikler vi 9 pilotprosjekter som er spredt over hele Norge.

FME-sentrene skal blant annet bidra til:

- Økt innovasjon og verdiskapning i de deltagende offentlige institusjonene og private virksomheter samt i det norske samfunn generelt
- Å bidra til reduksjon av klimagassutslipp på nasjonalt og internasjonalt plan samt til en mer effektiv bruk av energi og økt produksjon av fornybar energi



## 3. INNOVASJONSMÅL OG TRL-NIVÅ

For å måle modenheten til innovasjonsideene utviklet i senteret, bruker vi TRL-skalaen. TRL står for technological readiness level, på norsk teknologisk modenhetsnivå. Dette er en vanlig skala for å angi modenhetsnivå av en innovasjonside og går fra 1 til 9, der 9 er det mest modne og klare for markedet. TRL-nivåene hjelper oss med å følge opp utviklingen av innovasjonsideene våre. Nedenfor viser vi en oversikt over klassifiseringen<sup>1</sup> som tilsvare det som er brukt i EU og i Horizon Europe prosjekter<sup>2</sup>:

TRL	Beskrivelse
1	Grunnleggende prinsipper observert
2	Teknologikonsept formulert
3	Eksperimentell konseptbevis
4	Teknologi validert i laboratorium
5	Teknologi validert i relevant miljø
6	Teknologi demonstrert i relevant miljø
7	Systemprototyp-demonstrasjon i operativt miljø
8	System komplett og kvalifisert
9	Faktisk system bevist i operativt miljø

I ZEN har vi 28 brukerpartnere og 9 pilotprosjekter, og sistnevnte brukes som metode for å teste og evaluere forskningsresultater. Dette gir oss et godt grunnlag for kontinuerlig forbedring og utvikling. I tillegg har vi mange prosjekter av kortere varighet omtalt som ZEN-case, hvor innovasjonsideer også kan testes. I henhold til TRL-skalaen er alle innovasjonsideer som er testet i et operativt miljø, dvs. et pilotområde, minimum på nivå 7.

<sup>2</sup> [trl-assessment-tool-guide-final.pdf \(horizoneuropencportal.eu\)](https://ec.europa.eu/horizon-portal/en/trl-assessment-tool-guide-final)

## 4. HVORDAN OPPNÅR VI EFFEKT OG VERDISKAPING AV INNOVASJONSARBEIDET I ZEN?

Vi arbeider med å gjøre veien fra forskning til innovasjon så kort som mulig. Likevel tar det lang tid å utvikle for eksempel definisjonen av hva et nullutslippsområde er. Det krever utvikling-testing-evaluering-forbedring i mange omganger. Systematisk innovasjonsledelse er påkrevd for å nå målsettingene til ZEN.

En effektiv tilnærming er å utnytte ulike kanaler for å realisere innovasjonene. For eksempel kan innovasjoner videreutvikles vitenskapelig gjennom involvering av master- eller doktorgradsstudenter i å forbedre verktøy og metoder. Utover akademiske kretser er det avgjørende å sikre den praktiske bruken av kunnskapen i samfunnet. Dette kan innebære utvikling av spesialiserte kurs, seminarer eller nye pedagogiske materialer som bidrar til å spre sentrale funn til relevante interessenter. Videre kan standardiserings- og harmoniseringsprosesser, som å tilpasse innovasjonene til eksisterende rammeverk eller definisjoner, lette den allmenne adopteringen og forståelsen.

Kommersiell utnyttelse av innovasjoner spiller også en avgjørende rolle for å realisere deres verdi. Dette kan innebære etablering av nye virksomheter, for eksempel spin-off-selskaper eller oppstartsselskaper, dedikert til skalering og kommersialisering av disse innovasjonene. I tillegg kan immaterielle rettigheter ivaretas gjennom for eksempel lisensavtaler.

Ved å bruke disse veiene for utnyttelse og spredning på en strategisk måte, kan FME ZEN omsette innovasjonsideer til innovasjoner av praktisk nytte og verdi for samfunnet. Denne helhetlige tilnærmingen fremmer ikke bare innovasjon, men bidrar også til bærekraftig verdiskaping for bedrifter, det offentlige og i akademia.

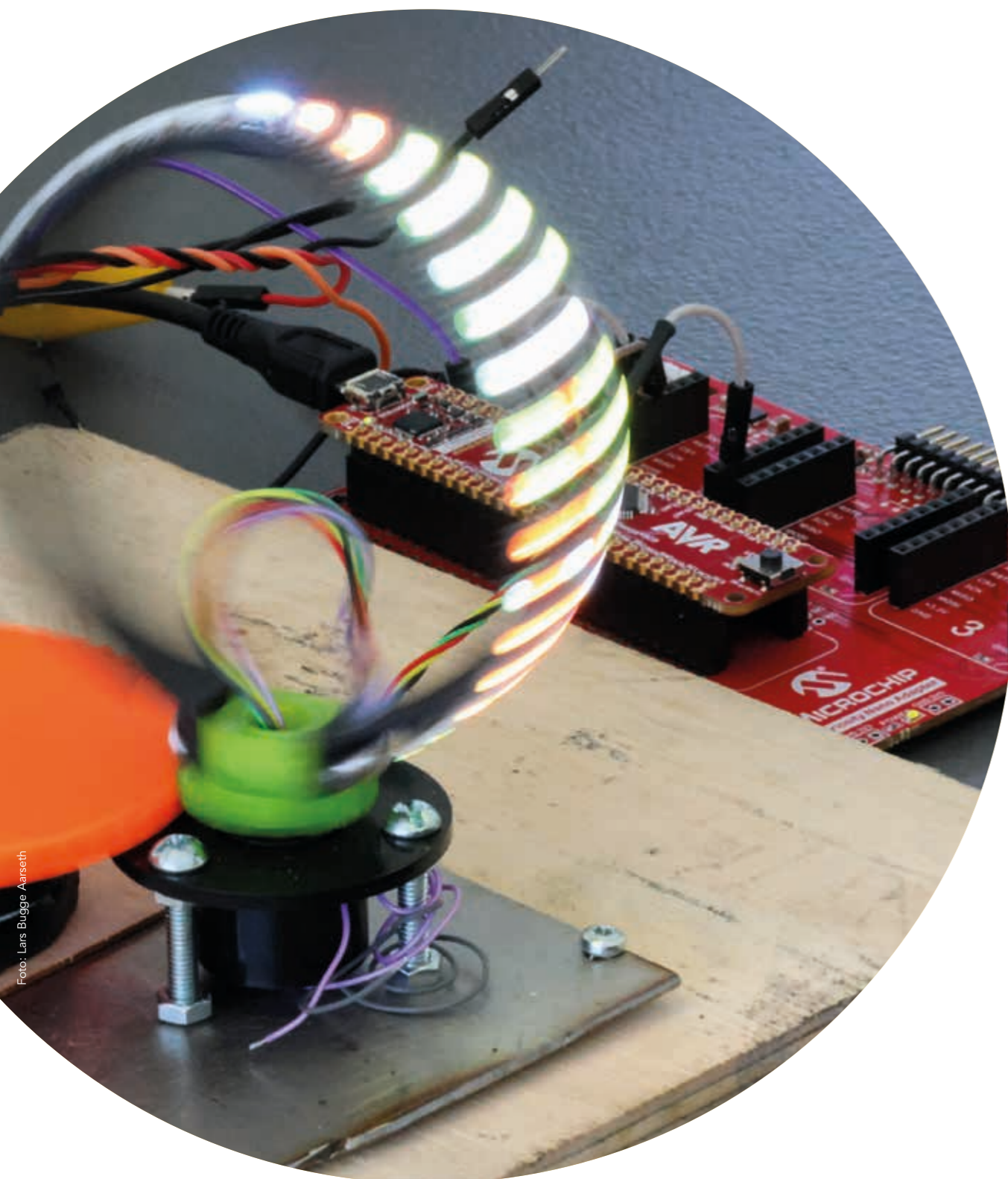
IKKE-KOMMERSIELL	VERDISKAPNING
<b>1. Videre forskning og publisering</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Master-, PhD- og Post Doc-stillinger</li> <li>• Vitenskapelige artikler og bøker</li> <li>• Konferansebidrag</li> <li>• Rapporter</li> <li>• Repository (database, data, koding)</li> <li>• Åpen kildekode-programvare (copyleft)</li> <li>• Prototyper og demonstrasjoner</li> </ul>	VITENSKAPELIG
<b>2. Utdanning og overføring av kunnskap</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurs</li> <li>• Seminarer/opplæring/workshops (inkludert industri/offentlig sektor)</li> <li>• Håndbøker og lærebøker</li> <li>• Annen pedagogisk innsats og materiell</li> </ul>	SAMFUNNSMESSIG
<b>3. Standardisering og harmonisering</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidensbasert beslutningstaking</li> <li>• Bidra til å utvikle ZEN-definisjoner og KPI-er</li> <li>• Bidrag til respektive forskningsnettverk med fokus på ZEN-er.</li> </ul>	TEKNOLOGISK + VITENSKAPLIG
<b>4. Policy Making</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bidra til offentlig politikktutforming</li> </ul>	POLITISK
KOMMERSIELL	
<b>5. Markedsføring av innovasjon</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spin-off/ Oppstart</li> <li>• Teknologioverføring</li> <li>• Lisensering</li> <li>• Patentere</li> </ul>	ØKONOMISK + TEKNOLOGISK
<b>6. Konsulent tjenester for videre forskning</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruk av resultater for å løse spesifikke klientutfordringer</li> </ul>	ØKONOMISK + VITENSKAPELIG

Fig. 2: Eksempler på ulike veier å gå i en innovasjonsprosess.





## 5. DERFOR ER INNOVASJON VIKTIG FOR OSS



### - Etterspør høyere miljøkrav fra myndighetene

FME ZEN bidrar til å gjøre det enklere å omsette forskning til praksis, mener Leif Øie, divisjonsdirektør i GK. Han ønsker seg mer dristige byggherrer som tester ut nye løsninger, og myndigheter som stiller strengere miljøkrav.



- FME ZEN er et eksempel på noe vi trenger mer av; et tett samarbeid mellom akademia og byggenæringen for å raskt kunne ta i bruk forskning og ny kunnskap, sier Leif Øie divisjonsdirektør i GK.

GK har bred kompetanse innen fag som bidrar til energieffektive løsninger i både nye og eksisterende bygninger; som ventilasjon, elektro, rør og energiteknikk. De jobber med alt fra rådgivning og design til installasjon, drift og service.

#### KALKULATOR FOR CO<sub>2</sub> AVTRYKK

Øie er opptatt av å finne løsninger på en velkjent utfordring; å omsette forskning til praktisk kunnskap. Her er det flere barrierer.

- Det kan være at forskerne ikke har spisset problemstillingen riktig, eller at språket er så akademisk at det er vanskelig å forstå for de som ikke selv er forskere. Dette er FME ZEN med på å rette på. Case-ordningen er noe av det jeg vil trekke fram som fungerer aller best.

En «ZEN-case» er en begrenset problemstilling innen et utviklingsprosjekt som eies av en av partnerne i FME ZEN der partnerne får hjelp av forskere til å løse problemstillingen.

GK fikk god hjelp av ordningen i forbindelse med kalkulerer av CO<sub>2</sub>-avtrykket i et planlagt nybygg.

- Vi hadde en forsker hos oss som satt sammen med våre folk. På kort tid fikk vi laget kalkulatoren, og tatt den i bruk.

#### VIL VÆRE FORBILDE PÅ KLIMA

Øie forteller at det å være partner også har gitt tilgang på gode ideer og inspirasjon som de har god nytte av i allerede eksisterende prosjekter. GK har ambisjon om å være et forbilde på klima i bransjen. De er blitt inspirert av FME ZEN til å lage alternative, mer klimavennlige tilbud for byggherrene.

- En måte å gjøre det på er at vi bruker kalkulatoren til å regne ut hva prosjektet har å si for CO<sub>2</sub>-avtrykket. Når vi skal levere tilbud til en byggherre med pris og beskrivelse, så lager vi også et alternativt tilbud som er mer bærekraftig.

Et konkret eksempel på at de leverte et parallelt tilbud var til et prosjekt på Campus NTNU.

- Vi er vant til å tenke kroner og framdrift, men ikke vant til å dimensjonere CO<sub>2</sub>-avtrykket, det er fortsatt umodent i bransjen.

#### HÅPER BYGGHERRENE KAN VÆRE MER DRISTIGE

- Hvordan er innovasjonskompetansen hos dere?

- Interessen og engasjementet er høyt. Vi opplever noe frustrasjon fordi det er krevende å få gjennomslag for de mest bærekraftige løsningene hos kunder. Vi skulle gjerne sett at byggherrene var litt mer dristige og turte å anvende ny kunnskap tidligere.

En annen frustrasjon er at de tekniske byggeforskriftene ligger langt bak det som faktisk er mulig å gjøre

med den kunnskapen vi har i dag. Myndighetene kunne stilt strengere miljøkrav og markedet ville tilpasset seg deretter. Han synes byråkratiet er for lite ambisiøst når det gjelder viljen til å gjøre endringer som monner.

#### MÅ NÅ UT MED INFORMASJONEN

GK er aktivt med i arbeidspakke 3 som går på fleksible og energieffektive bygninger, og i arbeidspakke 4 som dreier seg om energifleksible områder. De bidrar blant annet til å kartlegge klimagassutslipp fra tekniske installasjoner, og til smart effektstyring av bygninger.

- Er det noe spesielt dere ønsker å lære og få mer ut av i forbindelse med innovasjoner i ZEN?

- Jeg tenker at det viktigste nå handler om å formidle kunnskapen som er kommet fram. Den må ut av akademia og inn bransjen gjennom ulike bransjetidsskrifter og konferanser. Denne kunnskapen er alt for viktig til at den kan havne i en skuff.



Leif Øie  
Divisjonsdirektør i GK





### FAKTA REDUZER

Reduzer kan beregne karbonutslipp for byggeprosjekter og hjelpe de til å gjøre valg for å redusere karbonutslipp i hele byggeprosessen. Rapporteringen gjøres i henhold til hvilken som helst ordning, f.eks. BREEAM-NOR, Tek 17, FutureBuilt ZERO, NS 3720, DNGB mm

Reduzer er enkel å ta i bruk, og beregningene er nøyaktige.

Fakta: Reduzer.com

Foto: Enk Børseth

## Nå kan byggebransjen raskt og enkelt beregne klimaavtrykket

Eirik Resch hadde et klart målt med doktorgraden sin; å komme fram til en enkel og nøyaktig metode for å beregne klimagassutslipp i byggebransjen. Nå har han startet bedriften Reduzer, og både OBOS og Skanska er blant kundene.

Eirik Resch har vært tilknyttet FME ZEN fra starten av senteret i forbindelse med en doktorgrad han tok ved NTNU.

- Det har vært en stor fordel for doktorgradsarbeidet å få være del av forskningsmiljøet ved FME ZEN. De ga meg ikke minst frie tøyler til å drive forskning, noe som har vært viktig for motivasjonen.

Med doktorgraden ville Resch hjelpe byggebransjen, som er Norges største fastlandsnæring, til å ta de beste klima- og miljømessige valgene for å nå klimamålene.

### VILLE GJØRE DET LETT Å GJØRE BEREKNINGER

En stor utfordring for byggebransjen har vært at det ikke har eksistert verktøy for å gjøre beregninger av klimagassutslipp som er nøyaktige og enkle nok. Det ønsket Resch å finne en løsning på da han startet med doktorgraden i 2016.

- En utbygger har begrenset med både tid og budsjetter. Jeg ville lage et verktøy som er raskt, nøyaktig, og enkelt nok til at alle i byggenæringen, enten de er arkitekter, prosjektledere, ingeniører eller utbyggere, kunne ta det i bruk.

Blant partnerne i FME ZEN har han spesielt samarbeidet mye med FutureBuilt. De har ved hjelp av funnene i doktorgraden utviklet FutureBuilt ZERO som er et kriteriesett for å beregne og redusere klimagassutslipp i bygg.

- Nå har Oslo kommune, som en av landets største utbyggere, satt som krav at FutureBuilt ZERO metodikken skal brukes i alle sine prosjekter i Oslo. Det er flott å se at det får så stor samfunnsmessig betydning, sier Resch.

### FRA IDE TIL AVFALL

Resch jobbet i doktorgraden med ut å gjøre klimagassberegningene mer helhetlige; fra materialproduksjon og byggeplass til transport, valg av arkitektur, vedlikehold gjennom levetiden, og avfallsbehandling. Blant annet ble konsekvensene for klimaendringer fra bruk av byggematerialer i 20 norske casestudier av lavutslippsbygninger gjort sammenlignbare. De ble deretter studert statistisk for å finne ut hvordan virkningen varierer med bygningstyper, materialer og tids-horisont. Det har vært viktig å redusere usikkerhet og gjøre metoden presis.

Programmet Reduzer gjør det mulig å vurdere miljø- og klimaeffekt allerede fra idefasen, og gjennom hele prosjektet. Resch innrømmer at selv om programmet i dag er enkelt å bruke, så har ikke veien dit alltid vært like lett. Det er første gang et så komplett verktøy utvikles, og bak ligger komplekse beregninger for å få på plass nødvendige og korrekte data.

- For de som ønsker å kjapt gjøre en grovberegning kan det gjøres i en «automodell». Dette er en enkel kalkulator der en legger inn informasjon som størrelse og form på bygget, forteller Resch.

### HAR I DAG 20 KUNDER

Ni vitenskapelige artikler er blitt publisert gjennom doktorgraden. Resch fikk støtte av NTNU til å starte egen bedrift like før han disputerte i januar 2021. I dag er han daglig leder av bedriften Reduzer, og det er nå over et år siden de fikk sin første kunde.

- Dette er et godt eksempel på en innovasjon fra FME ZEN som er blitt kommersialisert. I dag har vi 20 betalende kunder, som Skanska, OBOS, Norgeshus, og Betonmast.

Resch påpeker at en positiv effekt av verktøyet er at det på sikt kan bidra til å endre hele næringen fordi fler og fler vil gjøre valg av materialer og energi som får best mulig uttelling på klima og miljø.

- Det er en samfunnsendring på gang, og det stilles strengere krav. Heldigvis vil det ikke lenger bare være pris som teller, fra og med 1. januar 2024 skal klima og miljø vektas minst 30 % i offentlige anskaffelser. Og da trengs det en god måte å beregne det på, sier Resch.



## 6. EKSEMPLER PÅ INNOVASJONER I ZEN

### PRISRESPONSMODELL FOR SPARING AV STRØMKOSTNADER

Med nullutslipps-prosjekter (ZEN) er det krevende å estimere den økonomiske verdien av fleksible energiresurser tilknyttet strømforbruk, samtidig er dette avgjørende for suksessen til et ZEN-prosjekt.

Denne prisresponsmodellen har som mål å bidra til å overvinne denne utfordringen ved å regne ut den laveste kostnaden som kan oppnås ved å planlegge drift av fleksible energiresurser i et nabolag. Samtidig gir modellen innsikt i hvilke prissignaler som bør prioriteres til enhver tid for de ulike energiresursene gjennom ulike sesonger og prishivåer, og den tar hensyn til salg av raske frekvensreserver som ikke finnes i lignende modeller, og er derfor et unikt og innovativt produkt.

Modellen gir også innsikt i samspillet mellom omkringliggende strømmnett og et nabolag.

Prisresponsmodellen har så langt blitt brukt i en masteroppgave og en konferansepublikasjon der målt strømforbruk, strømpriser og tariffpriser er brukt fra ZEN pilotområdet Campus Evenstad og estimerte priser for frekvensreserver er brukt fra Statnett.

Arbeidet med Prisresponsmodellen involverer løsning av et matematisk optimeringsproblem ved hjelp av gratis programvare (kodet i Python og løst med COIN-OR LP). Inputdata kan tilpasses for å representere ulike forhold (ulik tilgjengelighet av fleksibilitet, ulik pris og ulike nabolag) og modellen gir raske resultater i .csv-format som kan analyseres i Python eller ved hjelp av verktøy som Microsoft Excel.

Konsekvensene for samfunnet ved bruk av denne modellen er betydelige. Den muliggjør økonomisk energiresursplanlegging i ZEN-områder samtidig som den engasjerer interessenter som eiendomsutviklere, lokale myndigheter og nettselskaper. De kvantitative resultatene kan brukes til å evaluere økonomisk lønnsomhet på fleksible energiresurser under ulike prisscenarioer, eller de kan brukes til å utforme tariff for nettleie ved å analysere hvordan forbruket til fleksible strømkunder påvirkes av ulike tariff.



Stian Backe  
SINTEF

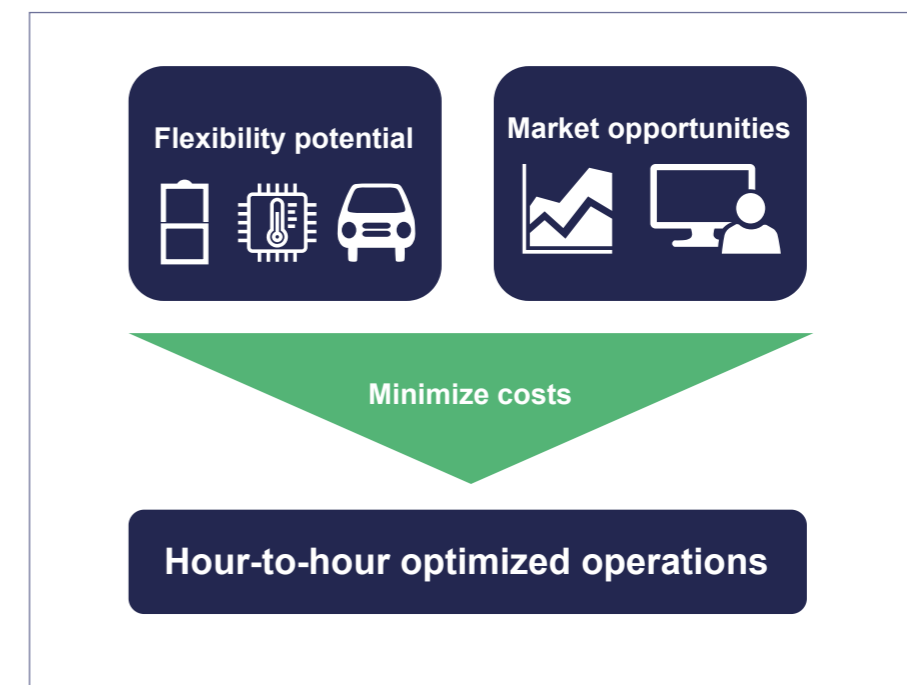


Fig. 3: Modellen får informasjon om fleksibilitetspotensialet i nabolaget og mulighetene for å spare kostnader ved bruk av disse. Ut av modellen kommer info om hvordan fleksibiliteten bør brukes for å spare mest mulig.

#### FAKTARUTE

Kontakt: Stian Backe - stian.backe@sintef.no  
Prosjekteier: SINTEF  
Prosjektpartner: Statsbygg (Campus Evenstad)  
TRL Teknologisk modenhetsnivå 4-5

## FINANSIELLE STRATEGIER OG TILTAK FOR ZEN-UTVIKLING

Det grønne sertifikatmarkedet er enkelt sagt en metode som vil gjøre det lønnsomt for aktører å introdusere miljøvennlig teknologi i markedet, selv om den i utgangspunktet er ulønnsomt, ved at kostnadene fordeles på flere aktører.

For sertifikater innen nullutslippsbygg, Zero Emission Buildings (ZEB), betyr det å overføre deler eller hele ansvaret for karbonkostnader og regulatorisk fleksibilitet til markedet.

Målet med ZEB-sertifikater i denne sammenheng er å innføre mer utslippsfrie materialer slik som lavkarbonbetong i bygg- og anleggsmarkedet på bekostning av tradisjonell betong, som har høye karbonutslipp. Denne typen lavkarbonbetong er for dyr (hovedsakelig på grunn av høye CCS-investeringskostnader iblant annet sementproduksjon) til å komme inn på markedet på tradisjonelle kommersielle vilkår. Men det kan oppnås hvis en virksomhet, som f.eks. sliter med å nå sine miljøforpliktelser på grunn av manglende investeringer eller høye driftskostnader, finner en annen part som er villig til å sikre etterlevelse til en lavere kostnad

For produsentene av betong betyr dette sertifikatet et insentiv, og for sluttbrukerne representerer det en avgift. Begge vil i teorien redusere betongprisen for leverandørene. Subsidier og avgifter omstruktureres

blant leverandørene og sluttbrukerne via tradisjonelle markedseffekter.

ZEB-sertifikater er en teknologinøytral og bransjespesifikk sertifiseringsordning, som tilfellet er med grønne sertifikater. Dette vil skape like konkurransevilkår mellom teknologiske alternativer, med markeder og innovasjonssystemer som bestemmer hvordan man best kan redusere utslippene. Som sådan kan teknologinøytralitet hjelpe prosessen med å presse ned prisene på ren teknologi, skape konkurranse samt innovasjon i markedet. Innovasjonen testes både kvalitativt og kvantitativt gjennom forskjellige scenarioanalyser, og den bidrar i hovedsak med to samfunnsnyttige elementer:

1) utvikle policy og rammeverk for et nytt sertifikatmarked (kvalitativt), 2) den operasjonelle funksjonaliteten til et slikt marked (kvantitativt).

Innføringen av ZEB-sertifikater forventes å overføre forpliktelser i verdikjeden, øke etterspørselen etter lavkarbonbetong, senke produsentprisene på betong over tid, og redusere produksjonen av tradisjonell betong.

### FAKTARUTE

Kontakt:	raymond.stokke@sintef.no
Prosjekteier:	SINTEF
Prosjektpartner:	Heidelberg Materials (tidligere Norcem)
TRL Teknologisk modenhetsnivå	4-5



Raymond Andreas Stokke  
SINTEF

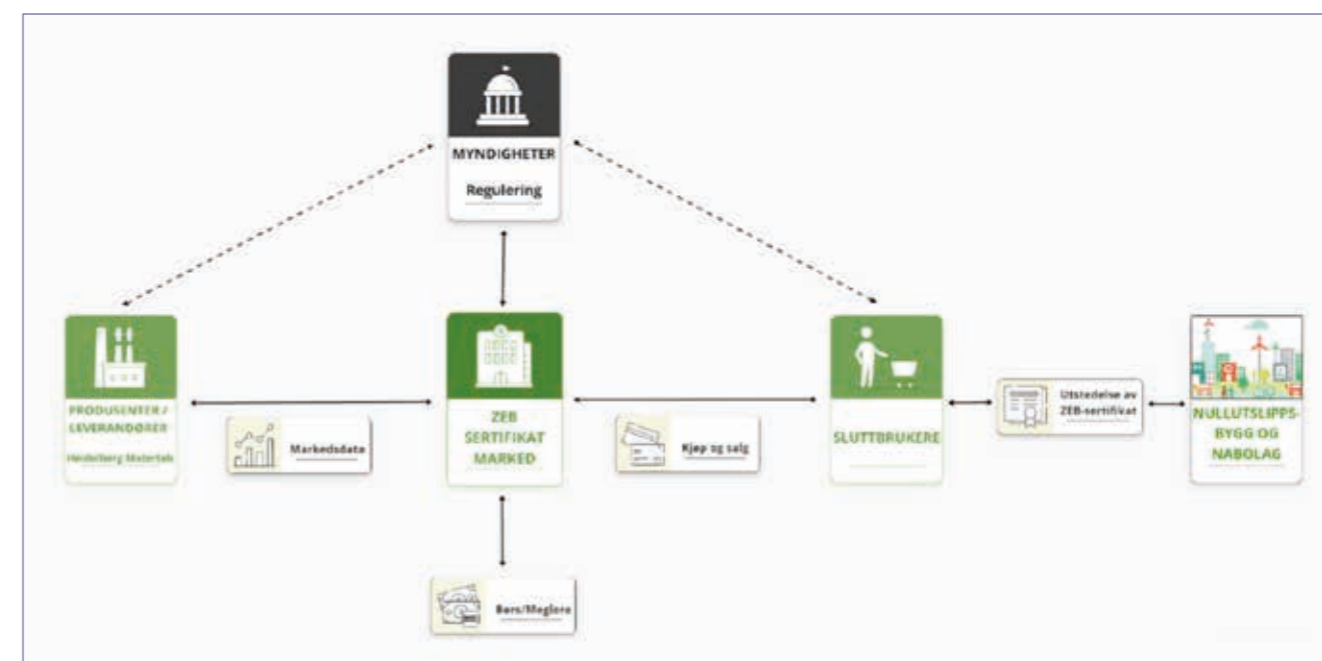


Fig. 4 Skjematisk oversikt over ZEB- sertifikatmarkedet.





## ZEN FORANALYSE

ZEN foranalyse er et rammeverk som hjelper ZEN-aktører med å nå målsetningene om ZEN i prosjektet ved hjelp av en guide.

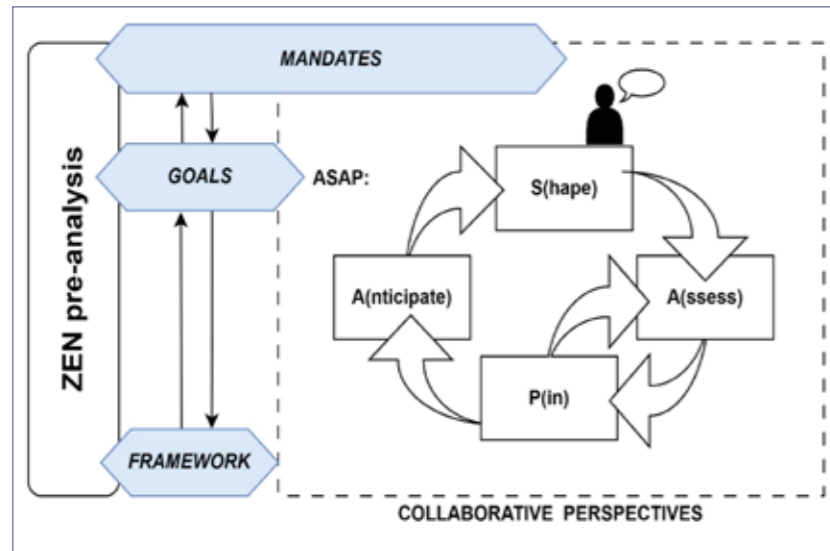


Fig. 5 Figuren viser de tre prosessrelaterte elementene 'MÅL', 'MANDAT' og 'RAMMEVERK' som er sentral i ZEN-foranalysen.

Det bør anbefales å utføre en ZEN foranalyse for å sikre en god start på prosessen og at målsetningene for et nullutslippsprosjekt (ZEN-prosjekt) blir fulgt opp hele veien til mål. Derfor har vi utviklet et sett med forskjellige verktøy (beskrivelser, anbefalinger, konseptuelle modeller, osv.) som bidrar til gjennomføringen av ZEN definisjonene.

I denne guiden har vi brukt kunnskap fra prosjektledelse, operasjonell forskning, norsk lov, og erfaringer fra ulike prosjekter, inkludert ZEN-pilot-prosjekter. Sammen blir dette en guide som gir råd til hvordan ZEN-aktører bør gå frem for å starte opp og optimalisere et ZEN og en effektiv gjennomføring.

Litteraturen viser at svake formuleringer om målene og dårlige beslutningsprosesser ofte fører til

at de gode intensjonene i prosjektet går tapt. Dette gjelder også ambisiøse prosjekter, hvor manglende prosjektstyring samt engasjement fra aktører og støttende rammeverk kan føre til at målene mislykkes.

ZEN foranalysen og verktøysettet tar sikte på å øke sjansene for suksess ved å tilby kunnskap og veiledning for å nå målene man har satt for prosjektet gjennom forpliktelse, målhåndtering, samarbeid, og integrasjon.

## FAKTARUTE

Kontakt:	Giulia Vergerio, Vegard Knotten - giulia.vergerio@ntnu.no
Prosjekteier:	NTNU, SINTEF
Prosjektpartner:	NTNU, SINTEF
TRL Teknologisk modenhetsnivå	3



Giulia Vergerio  
NTNU



Vegard Knotten  
SINTEF

Innovasjonen baseres på litteraturstudier om barrierer og beste praksis i ambisiøse prosjekter, samt analyse av sertifiseringsordninger som BREEAM-Communities. Erfaringer fra ZEN-pilot-prosjekter bidrar også til innsikten. Testingen av skisse-guiden vil involvere tilbakemeldinger gjennom intervjuer og panelsamtaler, og implementeringen vil pågå frem til 2024.

Denne innovasjonen forventes å øke kompetansen innen prosjektstyring, engasjement av interessenter, samarbeidsrammeverk, og dokumentasjon av erfaringer. Dette vil kvalitativt:

- 1) Fremme integrasjon og innovasjon innen ZEN-utvikling i byggebransjen,
- 2) Øke sjansene for suksess ved ressursstyring, brukerfordeler og måloppnåelse i ZEN-prosjekter,
- 3) Øke bevisstheten om ZEN-målene og fremme kunnskapsoverføring for kontinuerlig forbedring.

## KRAFTKJØPAVTALE FOR BÆREKRAFTIGE ENERGISAMFUNN

I nær fremtid vil forbrukere/produsenter i lokale energisamfunn (LECs) ha nye valg for sine energibehov. De vil kunne bruke alternativer som å handle energi direkte med naboer (peer-to-peer trading) eller sette opp langsiktige avtaler (kraftkjøpsavtaler) for kjøp og salg av solenergi.

Denne innovasjonen er designet for å utforske og forbedre inntektsmuligheter for produsenter av solceller innen LECs ved å legge til rette for strategisk bilateral handel mellom ulike interessenter, spesielt tilpasset de unike egenskapene til de norske elektrisitetsmarkedene.

Det foreslåtte innovasjonsverktøyet adresserer sentrale samfunnsutfordringer ved å studere inntektspotensialet til solcellene, noe som gjør dem mer tilgjengelige og rimelige for lokalsamfunn. Dette oppnås gjennom kraftkjøpsavtaler, som tar sikte på langsiktige faste og stabile inntektsmuligheter for lokale energisamfunn, samtidig som de tilpasser seg usikkerheten i PV-generering og markedspriser. I tillegg inkluderer den fleksible ressursene som varmepumper og batterilagring, noe som øker energiavhengigheten og lønnsomheten for lokalsamfunn med storskala PV-systemer. Dessuten reduserer verktøyet (som kraftkjøpsavtaler) investeringskostnadene og forenkler ny solcellefinansiering. Ved å gjøre dette bidrar innovasjonen til å akselerere overgangen til LEC-er mot

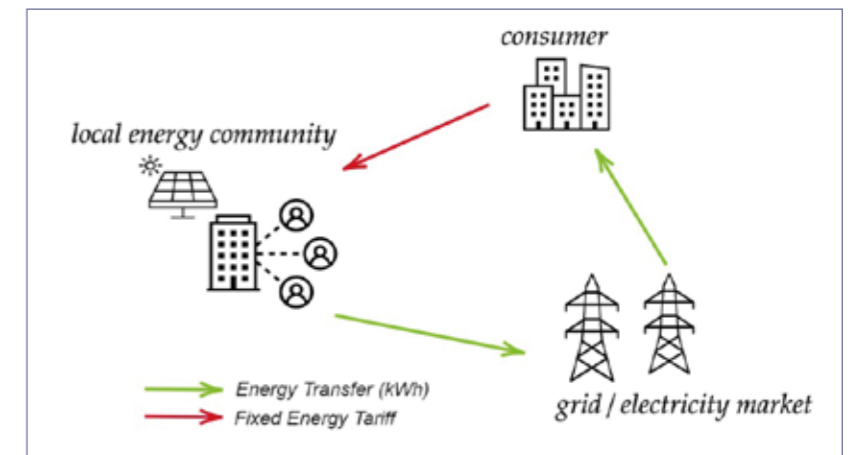
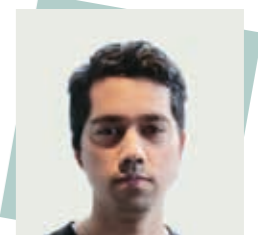


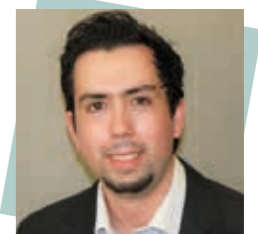
Fig. 6: Illustrasjon av interaksjoner mellom energiflyt og fastpris i fellesskapsbaserte kraftkjøpsavtaler

nullutslippsområder (ZEN), i samsvar med bredere miljømål.

Kjernen i denne innovasjonen ligger i å analysere markedstrender, forbrukernes energiforbruk og tilgjengeligheten av solenergi i et helt fellesskap. Denne omfattende analysemodulen kan hjelpe nullutslippsområder med å ta strategiske økonomiske beslutninger om bruk av fellesskapsprodusert PV-generering, og drive dem mot nullutslippsmål.



Bakul Kandpal  
NTNU



Pedro Crespo del Granado  
NTNU

## FAKTARUTE

Kontakt:	Bakul Kandpal, Pedro Crespo del Granado
Prosjekteier:	NTNU - IØT
Prosjektpartner:	NTNU - IØT
TRL Teknologisk modenhetsnivå	3-4

## SMART BRUK AV LAVKOST-SENSORTEKNOLOGI

Denne metoden utnytter kostnadseffektive sensorer og optimaliserer dataanalyse for å forbedre behovsstyrt ventilasjon (DCV) i bygninger.

Hovedmålet er å gjøre DCV mer effektivt ved å inkludere flere luftkvalitetsparametere og tilpasse ventilasjonen etter faktiske behov, samtidig som helsevennlige innemiljøer fremmes.

Innovasjonen innebærer innsamling av data om luftkvaliteten over korte perioder, deretter velges de mest relevante parametere for å representere luftkvaliteten. Dette gir presise tilbakemeldinger til ventilasjonssystemene ved å fokusere på de mest essensielle parametere.

Prosjektet er testet i ulike bygningstyper for å tilpasse ventilasjonsstrategier til ulike forurensningskilder og bruksområder.

Løsningen inkluderer flere luftkvalitetsparametere som fuktighet, partikler og skadelige gasser, noe som gir bedre innelima, økt helse og energieffektivitet. Den tilpasser også ventila-

sjonen etter ulike miljøforhold, noe som gir bærekraftige fordeler.

Innovasjonen løser behovet for å forbedre dagens ventilasjonssystemer, som i stor grad bare baserer seg på CO<sub>2</sub>-nivåer og temperatur, og dermed kan gi dårlig luftkvalitet og helseproblemer.

Prosjektet oppfyller kriteriene for ZEN Definisjonen ved å integrere rimelige sensorer og forbedre innelimaet, og gir både kvalitativ og kvantitativ nytte i form av bedre helse og redusert sykdomsbyrde.

Denne innovasjonen har potensial til å forbedre innelimaet, redusere helseproblemer og øke energieffektiviteten i ulike bygningstyper.

### FAKTARUTE

Kontakt:	Maria Alonso - maria.justo.alonso@sintef.no
Prosjekteier:	NTNU
TRL Teknologisk modenhetsnivå	4-5



Maria Alonso  
SINTEF

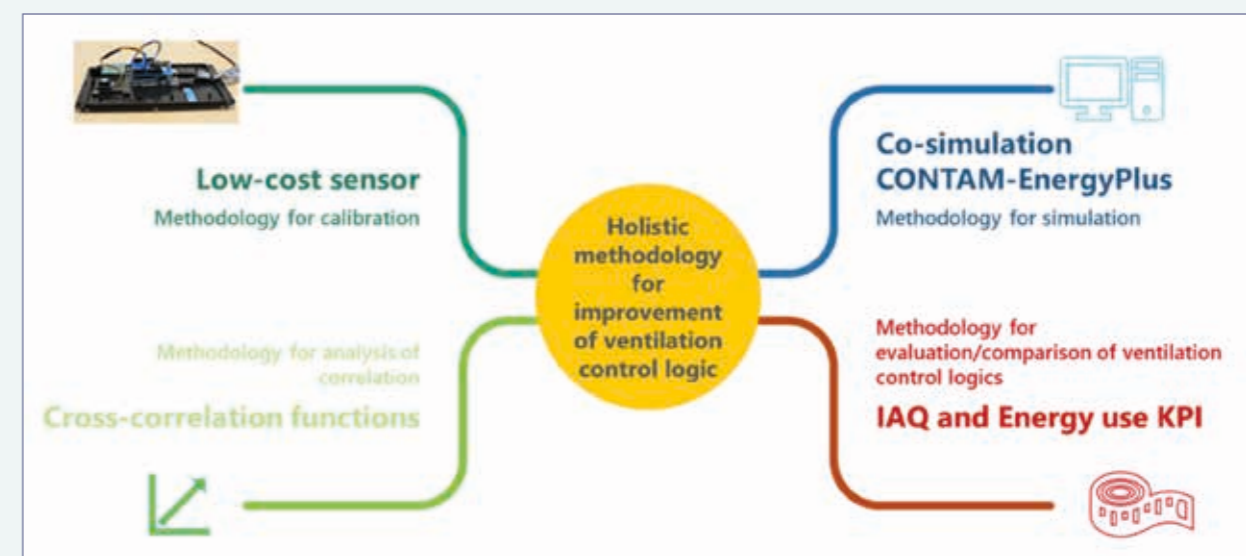


Fig. 7: Skissen viser hvordan man kan forbedre ventilasjonsstyringen i den helhetlige metodikken.



## 7. DERFOR ER INNOVASJON VIKTIG FOR OSS



### - Reduserer tiden fra forskning til kommersiell drift

Noe av det beste med FME ZEN har vært muligheten til å sette nye løsninger raskt ut i kommersiell drift, synes Svein Olav Munkeby i NTE.

Hva kan ett energikonsern som NTE få ut av å være partner i et forskningscenter som FME ZEN? For Svein Olav Munkeby, konserndirektør i NTE, er det spesielt ett hovedansvar som er viktig:

- For vår del handler det om muligheten til å raskt kunne omsette forskning til kommersielle løsninger for kundene våre. Det har vært en stor verdi for oss å delta i FME ZEN, og vi har forsøkt å bidra med den energikompetansen vi har slik at andre kan ha nytte av det, sier Munkeby.

NTE har som ambisjon å gjøre Trøndelag klimanøytralt og digitalt, og produserer, distribuerer og omsetter fornybar energi i tillegg til at de bygger ut fiberinfrastruktur med tilhørende innholdstjenester.

#### FME ZEN HAR PÅVIRKET RAMMEBETINGELSER I BRANSJEN

Munkeby har sittet i styret i FME ZEN, og har også vært leder av innovasjonskomiteen i senteret.

- Når en går inn i et forskningscenter så er det alltid mange piloter. Det er viktig, men det aller viktigste er at kunnskapen fra pilotene komme til anvendelse. Jeg tror vi kan gå mye raskere fra forskning til realisering av gode og bærekraftige løsninger for kundene våre; som tross alt er de som skal bidra til at vi når nullutslipp-samfunnet.

Han mener samarbeidet i FME ZEN har vært med å påvirke rammebetingelsene i bransjen. En positiv endring er at det

nå er mulig å kunne dele energi mellom bygg. De som har banet vei her er kunder og partnere i FME ZEN, og ikke politiske myndigheter.

#### VERDENS FØRSTE NULLUTSLIPPSOMRÅDE

NTE har vært med på én av de nasjonale pilotene som handler om nullutslippsgården på Mære landbruksskole sammen med Trøndelag Fylkeskommune. Det har gitt nyttig kunnskap hvordan en kan designe og gjøre energieffektiviseringstiltak på et område med mange eksisterende bygg.

Noe av det beste med å være partner i FME ZEN, synes Munkeby er erfaringene en deler med andre partnere og nettverksbyggingen. Og da kan samarbeidet også tas ut av FME ZEN, slik de for eksempel har gjort i et spennende innovasjonsprosjekt med Skanska (også partner i ZEN).

- Sammen med Skanska er vi i ferd med å realisere det som blir verdens første nullutslippsområde. Det er et nytt boområde på Gartnersletta på Lade i Trondheim som er i ferd med å bygges ut. Her vil det være 200 boenheter som produsere mer energi enn de forbruker.

Energien kommer til å komme fra solceller på taket og bergvarme under byggene.

#### OGSÅ MYE USYNLIG INNOVASJON

En annen partner fra FME ZEN som de har startet et samarbeid med, er boligbyggelaget TOBB.

- Vi har etablert ett felles energiselskap med boligbyggelaget TOBB hvor vi i felleskap skal bistå boligselskapene med å produsere sin egen energi i kombinasjon med ulike energieffektiviseringstiltak. Det hadde ikke skjedd om vi ikke hadde hatt samarbeidet med FME ZEN. En skal ikke glemme at det er mye usynlig innovasjon som også har kommet ut av senteret.



**Svein Olav Munkeby**  
Konserndirektør i NTE





Det er mye mer spennende å drive med forskning, når en samtidig jobber sammen med de som utvikler og tester ut løsninger i praksis

Foto: NTNU

## Forbrukere trenger klare anbefalinger til gode energiløsninger

Høy andel fornybar energi og høy energieffektivitet er avgjørende i utviklingen av nullutslippsområder. Energibruk og elbillading er blant løsningene Åse Lekang Sørensen forsker på.

Byggsektoren står for om lag 40 prosent av energibruken i Norge. Smart styring av energiflyten, både i bygg og mellom bygg i et område, er avgjørende i utviklingen av lavutslippsområder. Styringen bør skje i tråd med behovene i det omkringliggende energisystemet.

- Smart styring trenger ikke alltid å være så komplisert. Jeg har sett på når på døgnet det er best å lade elbilen, og hvordan lading kan flyttes til natta eller til tider på døgnet med solenergi. Per i dag lader mange på ettermiddag og kveld når strømmettet er belastet, sier Åse Lekang Sørensen, forsker i SINTEF Community. Hun er akkurat i innspurten for å levere doktorgraden sin gjennom FME ZEN hvor hun fordypet seg i energibruk i leiligheter.

### SMART STYRING AV ENERGI

Doktorgraden bygger på energimålinger fra et stort borettslag på Risvollan i Trondheim med 1000 leiligheter.

- Jeg har undersøkt hvordan beboerne bruker varme og strøm i løpet av et døgn og i løpet av et år. Jeg har også undersøkt hvordan det hadde passet overens med energibruken ellers dersom de hadde hatt solceller, forteller Lekang Sørensen.

Solenergi og energieffektiviseringstiltak i bygg kan frigjøre elektrisitet til andre formål. Hun håper funnene kan gi grunnlag for en bedre og mer helhetlig styring av energibruk i leiligheter.

### TOVEIS-ELBILLADING TESTET UT PÅ EVENSTAD

Gjennom FME ZEN har Lekang Sørensen vært med å demonstrere løsninger for toveis-elbillading. Det er testet ut på Studiested Evenstad, en av pilotene i FME ZEN. Evenstad ligger i Østerdalen og er den høgskolen i Norge som demonstrerer flest innovative energiløsninger.

Toveis elbillading, en teknologi som kalles Vehicle to Grid (V2G), går ut på at elbilbatteriet kan fungere som et batteri for bygg og lokalt strømmnett. For eksempel kan en toveis lader lade batteriene når vind og solenergi er tilgjengelig. Når bilen står, kan batteristrømmen overføres til nettet og kunden kan bruke den selv til for eksempel oppvarming av hus, eller selge energien lokalt.

### NYTTIG Å JOBBE SAMMEN MED PARTNERE

Piloten på Evenstad skjer i samarbeid med Statsbygg. Lekang Sørensen mener det beste med FME ZEN er muligheten til å jobbe sammen med partnere som har ulike utgangspunkt og erfaringer over tid, og at de sammen kan utvikle nye spennende løsninger.

- Det er mye mer spennende å drive med forskning, når en samtidig jobber sammen med de som utvikler og tester ut løsninger i praksis. Å kunne føle

utfordringene og målingene på kroppen, det er annerledes enn å studere de på dataskjermen.

### VIKTIG Å TØRRE Å TESTE LØSNINGER

Nye energiløsninger, slik som toveis elbillading, er enda ikke hyllevare, og det tar tid og koster å teste ut slike løsninger i praksis. Selv om en ny energiløsning har store fordeler, og for eksempel tilrettelegger for ny energiproduksjon og energifleksibilitet, kan en prototype ha driftsutfordringer som en ikke kjente til i forkant. Slik sett er det enklere for næringslivet å bruke teknologi som de vet fungerer fra før. Derfor er det så viktig at partnerne i ZEN er med å teste nye løsninger, påpeker Lekang Sørensen

- Hva ser du på som de viktigste utfordringene?

- Det er å oppskalere de gode løsningene, både nye og eksisterende. En måte å gjøre det på er å endre regelverk og støtteordninger, slik at det blir enklere å ta de i bruk. Mange eksisterende bygg og energisystemer må oppgraderes, og dette skjer ikke av seg selv. Det er ikke alltid så lett å ta gode miljø- og energivalg, og det er også viktig at forbrukerne får klare og gode anbefalinger.



## 8. EKSEMPLER PÅ INNOVASJONER I ZEN

### EMPIRE

European Model for Power system Investments with Renewable Energy (EMPIRE) er en digital energi- og kraftsystemmodell som analyserer effektene av variabel kraftforsyning fra sol og vind på investeringene i det europeiske kraftsystemet. Det vil gi politikere, områdeutviklere og investorer bedre forståelse av samspillet mellom de ulike komponentene i kraftsystemet.

EMPIRE er en kraftsystemmodell som adresserer viktige behov i utviklingen av karbonfrie energisystemer, blant annet hvordan kraftsystemet kan utvikles kostnadseffektivt mot 2050, samspillet mellom land i Europa, og rollen til energifleksibilitet og -lagring i et avkarbonisert kraftsystem.

Metoden som EMPIRE bruker er unik, med en matematisk modelleringsstruktur basert på stokastisk programmering. Dette gjør det mulig å ta hensyn til kortsiktige usikkerheter i ulike operative scenarier når investeringsbeslutninger tas. EMPIRE hensyntar usikkerhet tilknyttet tilgjengelighet av variabel fornybar energi og kraftetter-spørsel på timesbasis.

Analysen av strategier for å oppnå ett karbonfritt energisystem krever representasjon av teknisk-økonomiske egenskaper på lang sikt (f.eks. tiår) i tillegg til de kortsiktige (f.eks. timer) operative aspektene av energisystemet. Noen eksisterende modeller tar hensyn til kortsiktige investeringsperioder og kortsiktige driftsforhold. På lang sikt er strategiske beslutninger om timing av investeringer i anlegg og deres levetid viktige å representere,

Stian Backe  
SINTEF



og slike beslutninger avhenger av kortsiktige driftsforhold. EMPIRE hjelper til med å overkomme disse utfordringene. Innovasjonen i EMPIRE omfatter videreutvikling av verktøyet på flere fronter. Det inkluderer utvidelse av den matematiske modellstrukturen, utvidelse av databasen og utvikling av scenariongenerering. Disse forbedringene muliggjør en integrering av kortsiktig drift med langsiktig planlegging, inkludert infrastrukturutvidelse av kraftutveksling mellom land. EMPIRE-modellen er tilgjengelig som åpen kildekode og kan brukes til å analysere energiomstillingsscenarioer fram mot 2050 og videre.

Samfunnsnyten av EMPIRE er betydelig. Den gir kvantitativ nytte ved å støtte evidensbasert politikutforming, økonomisk utvikling og energisikkerhet, samtidig som den gir innsikt i konkrete konsekvenser av reduserte klimagassutslipp i kraftsystemet. Kvalitativt gir den muligheten for å forme en mer bærekraftig energiomstilling og en robust fremtid. Kunder er beslutningstagere på policy-nivå.

#### FAKTA

Kontakt: Stian Backe -  
stian.backe@sintef.no

Prosjekteier: NTNU

Prosjektpartner:

TRL Teknologisk  
modenhetsnivå 5

## FLEXor – FLEKSIBEL STYRINGSMODELL

FLEXor er et digitalt verktøy som modellerer bygningens energifleksibilitet ved å kontrollere f.eks. innetemperatur, varmtvannsbereidere og lading av elektriske kjøretøy.

Dette er kilder som kan styres for å minimere energibruk, kostnader og strømforbruk når belastningen på strømmettet er som høyest. Da kan FLEXor for eksempel kutte strømmen til varmtvannsbereideren noen timer. Å senke temperaturen på elektriske ovner en stund hjelper også, samt å lade bilen når det er mindre press på nettet. Det kan også være mulig å sende strøm fra elbilen tilbake til nettet.

Energifleksibilitet tillater med andre ord en bygning å tilpasse seg nettets signaler samtidig som komforten til de som bor og bruker bygget opprettholdes. Bygninger har innebygd termisk masse (isolasjon, vegger, tak etc.) og eksisterende utstyr (kontrollsystemer) som tilbyr betydelig fleksibilitet.

FLEXor optimaliserer bygningsdriften og danner grunnlaget for Model Predictive Control (MPC)-applikasjoner.

“Komfortfleksibilitet” lar innendørs-temperaturen variere innen forhåndsdefinerte komfortgrenser og utnytter bygningens termiske masse. “Lagringsfleksibilitet” kontrollerer opplading og utlading av fysiske lagringskomponenter, inkludert termisk eller elektrisk lagring. Lading av elektriske kjøretøy

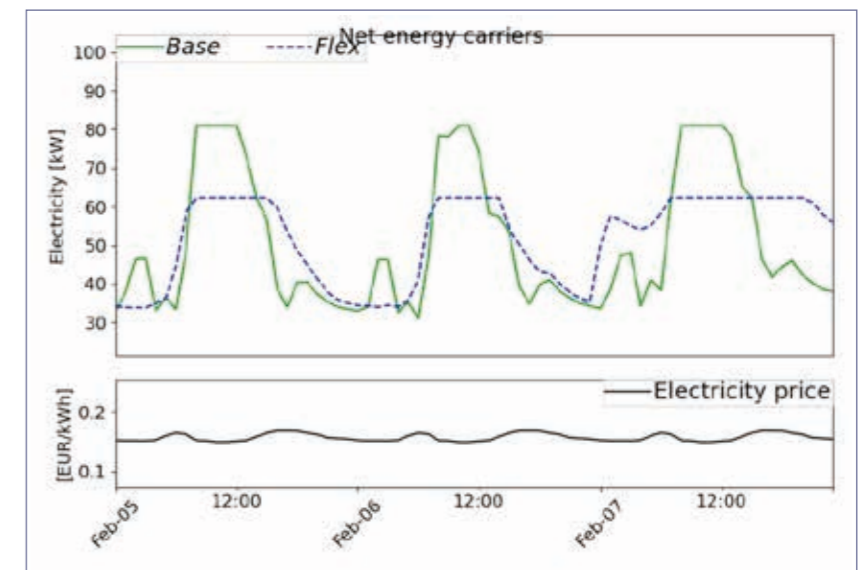


Fig. 8 viser et utsnitt av total elektrisitetslastprofil for bygget i tre sammenhengende arbeidsdager om vinteren. Baseline-elektrisitetsprofilen (heltrukken grønn linje) er høyere på dagtid, da dette er et kontorbygg. Den stiplede blå linjen viser fleksibel belastning, med synlig effekt av nettariffen (toppeffekt månedlig). Den er hoveddriveren for kostnadsminimering hvor strømprisen er ganske stabil (svart linje i den nederste grafen).

kan tilpasses innenfor brukerens behov for transport.

FLEXor er tilgjengelig via et brukergrensesnitt (API - Application Programming Interface) og kan brukes direkte eller innlemmes i annen programvare.

Samfunnsnyten av FLEXor er tydelig. Aktivisering av eksisterende fleksible kilder kan redusere behovet for

batteriinvesteringer og fremme installasjon av solcelleanlegg, spesielt i boligbygninger, noe som gjør det mer lønnsomt. Det kan også redusere toppbelastningen og minimere behovet for nettutvidelse. FLEXor har blitt testet innenfor ZEN-senterets aktiviteter og er integrert i verktøyet for planlegging av lokale energisystemer, Integrate.

#### FAKTA

Kontakt:  
Prosjekteier:  
Prosjektpartner:  
TRL Teknologisk modenhetsnivå

Igor Sartori - igor.sartori@sintef.no  
SINTEF

SINTEF

5

Igor Sartori  
SINTEF



## FORBEREDE BYGNINGSAUTOMASJON FOR ENERGIFLEKSIBEL DRIFT AV BYGG

ZEB Laboratoriet er et bygg og en arena hvor man kan teste styringsalgoritmer for energi-fleksibel drift av bygg. Dette har blitt gjort i forbindelse med uttesting av egenutviklet programvare.

Bygget er levert med et tradisjonelt Building management system (BMS) også kalt sentral driftskontroll anlegg (SD) fra Siemens. Det er i tillegg utviklet en egen software (rammeverk) i python (programmeringsspråk) som kan hjelpe til å overstyre den standard reguleringen fra automatikken i undersentraler.

Dette legger til rette for at man kan teste forskjellige styringsalgoritmer for oppvarming, luft, lys, screen, vinduer etc. mens BMS fortsatt ivaretar sikkerhetsmessige funksjoner; såkalte data drevne applikasjoner.

Vanligvis brukes det BMS/SD-anlegg for å styre de tekniske anleggene i et bygg. Andre selskaper leverer styringsystemer hvor man styrer hele bygget med egne fysiske sensorer og kontroll i skyen.

Slik instrumentasjonen og dataflow er lagt opp på ZEB Lab, kan man lett ta i bruk nye sensorer for styringsformål. Sensorer kan kommunisere via de fleste protokoller. Disse kan også med all enkelhet settes opp til å skrive til samme tiddseriedatabase som de installerte sensorer, slik er det mulig å ettergå styringsalgoritmer og andre resultater.

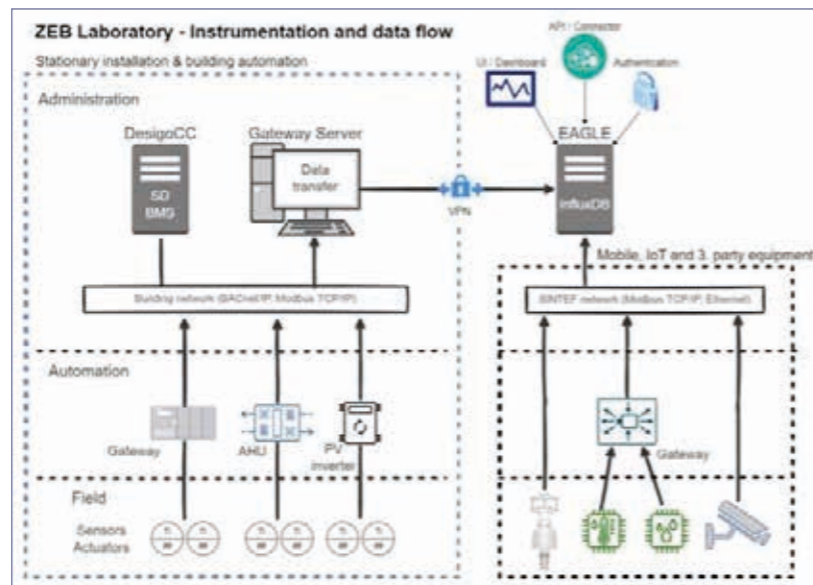


Fig. 9 viser den tradisjonelle leveransen fra automatikkleverandøren med sensorer/aktuatorer på feltnivå, undersentraler og tredjeparts integrasjoner på automasjonsnivået. På administrasjonsnivået ligger SD- server. Den egenutviklede softwaren ligger på gateway server og serveren kalt Eagle som ligger i labnettverk. Her integreres også 3 parts sensorer/api-er som alt logges til InfluxDB som er tiddseriedatabasen.

Bygget gir viktig kunnskap om hva som må til for å faktisk implementere data-drevne applikasjoner i ekte bygg, slik at man kan styre bygg på en energi-fleksibel måte og ta i bruk måledata fra bygget for å drifte det mer bærekraftig. Det finnes mange forskjellige data-drevne applikasjoner

for mer bærekraftig drift av bygg, men først må bygget gjøres klart til dette.

Dette arbeidet vil bidra til å kunne oppnå energimålene til norsk byggesektor mot 2050 ved å drifte mer energieffektivt (bruk mindre energi) og eller energifleksibelt (bruk energi til rett tid).

## MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) FOR BYGG OG NABOLAG

Model Predictive Control (MPC) er en styringsalgoritme som aktiverer energifleksibiliteten som finnes i bygg og nabolag.

Det er stort potensial for energieffektivisering ved å forbedre styringsystemene i bygg. I tillegg kan bygg spille en viktig rolle i fremtidens energisystem. Med økt introduksjon av fornybar kraft og elektrifisering er det planlagt store investeringer i energinettet. Flexibilitet fra bygg kan bidra til å redusere dette behovet, men for å utløse denne fleksibiliteten, trengs det styringsystemer som kan reagere på eksterne signaler.

Model Predictive Control (MPC) er et eksempel på en slik type styrings-system. Det er en styringsalgoritme som bidrar til å optimalisere driften av et bygg. Det kan være for eksempel å minimere energikostnader, minske CO2 utslipp knyttet til energibruk, maksimere produksjon og bruk av lokal solproduksjon eller jevne ut spisslast for å avlaste nettet. Denne typen optimalisering har størst potensial i eldre bygg, fordi de mangler dette i motsetning til de fleste nye bygg.

Kontrollmodeller har blitt utviklet og kalibrert basert på målinger fra eksisterende bygg. Målingene er hentet både fra normal drift og fra eksperimenter designet for å forbedre dataene. Styringsalgoritmene testes i virtuelle miljøer basert ved hjelp av

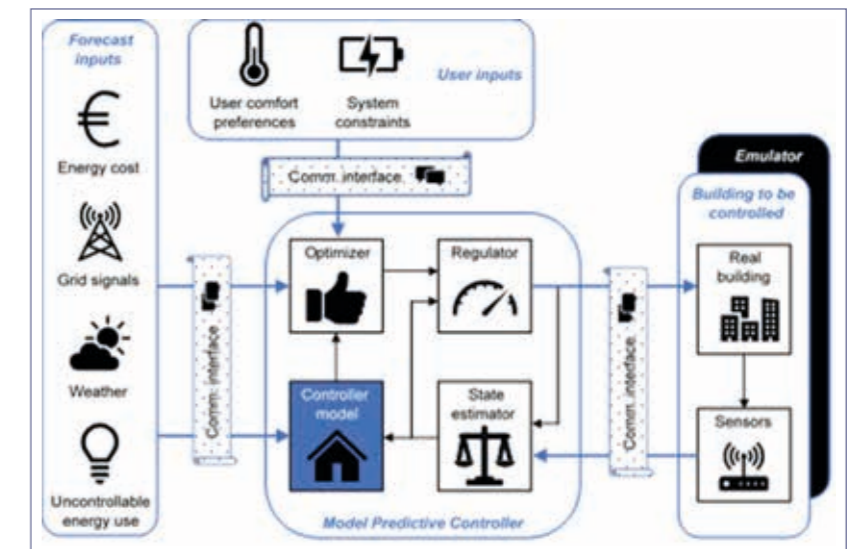


Fig. 10 Grafisk illustrasjon av styringsalgoritmen.

BOPTTEST-rammeverket (<https://ibpsa.github.io/project1-boptest/>). Det er utviklet egne emulatoremodeller, også kalt «digitale tvillinger», tilpasset byggene det er gjort målinger i. Disse brukes til å teste og sammenligne kontrollalgoritmer i et «virtuelt» miljø. En styringsalgoritme har vært testet ut i ZEB living lab, og det planlegges testing på et kontorbygg i Oslo.

Energieffektivisering og fleksibilitet fra bygg har potensial for å spare samfunnet for store kostnader og utslipp.

Energifleksibel styring av bygninger er en teknøkonomisk investering som forbedret samtidigheten mellom lokal solcelleproduksjon og etterspørsel, noe som reduserte behovet for nettutvidelse.

Laurent Georges  
NTNU



Harald Taxt Walnum  
SINTEF



Thomas Lassen  
SINTEF

**Kontakt:** Thomas Lassen – thomas.lassen@sintef.no  
**Prosjekteier:** SINTEF  
**Prosjektpartner:** TRL Teknologisk modenhetsnivå 6-7

### FAKTA

**Kontakt:** Harald Taxt Wallum (SINTEF), Laurent Georges (NTNU)  
**Prosjekteier:** SINTEF – NTNU  
**Prosjektpartner:** SINTEF – NTNU  
**TRL Teknologisk modenhetsnivå** 5

### FAKTA



## ZEN DEFINISJONSVEILEDER

ZEN Definisjonsveilederen beskriver i detalj hvordan selve ZEN-definisjonen\* skal brukes i utviklingen av nullutslippsområder.



**Marianne Kjendseth Wiik**  
FME ZEN

Veilederen skal hjelpe utførende aktører (f.eks. utbyggere, kommuner etc.) med å oversette den teoretiske definisjonen til en praktisk brukbar verktøykasse for planlegging, utvikling og bruk av nullutslippsområder (Zero Emission Neighbourhood – ZEN).

Veilederen beskriver hvordan de ulike vurderingskriteriene og nøkkelindikatorne: klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet, økonomi, byform og arealbruk, konkret kan planlegges, vurderes og overvåkes i disse prosjektene. Veilederen inneholder også en detaljert inndeling av hver indikator i ulike kategorier og tilhørende kvantitative eller kvalitative måleenheter.

Veilederen skal være allsidig og nyttig i alle faser av planlegging og utførelse av ZEN-pilotprosjekter. Den gir også oversikt over relevante evalueringsmetoder og veiledning

om hvilke data som er nødvendige for å gjennomføre evalueringer. Innholdet i veilederen er i tråd med den grunnleggende ZEN-definisjonen.

Denne innovasjonen svarer på behovet for å beskrive praktisk bruk av ZEN-kategoriene og nøkkelindikatorne. Den er allerede blitt testet av partnere og ZEN-forskere i ulike pilotprosjekter, og dens anvendbarhet er bekreftet gjennom disse testene. Denne tilnærmingen vil bidra til å akselerere utviklingen av bærekraftige og utslippsfrie nabolag, og dermed adressere viktige samfunnsbehov knyttet til klimaendringer og miljøutfordringer.

\*ZEN Definisjonen: Et netto nullutslippsområde har som målsetning å redusere og kompensere sine direkte og indirekte klimagassutslipp mot null innenfor sin analyseperiode, i tråd med et valgt ambisjonsnivå.

### FAKTA

Kontakt:	Marianne Kjendseth Wiik
Prosjekteier:	FME ZEN
Prosjektpartner:	
TRL Teknologisk modenhetsnivå	TRL 6-7

## GIS METODE FOR ANALYSE AV BYFORM OG AREALBRUK

Innovasjonen består av en tilpasset GIS-metodikk for evaluering av planer for ny byutvikling i sammenheng med nullutslippsområder (ZEN). Geografisk informasjonssystem (GIS) er programvare for innsamling, organisering, lagring, analyse og visualisering av geografisk informasjon.

Med denne tilpassede metoden kan man gjøre en mer effektiv vurdering av hvordan eksisterende planer og design samsvarer med målene og kravene til ZEN. Dette hjelper planleggerne med å identifisere mulige forbedringer og optimalisering av byform og arealbruk, og dermed bidra til å oppfylle ZENs ambisjoner for bærekraftige nabolag. Metodikken er testet gjennom evaluering av konkrete nullutslippsprosjekter.

Samfunnsnyttan av metodikken ligger i dens evne til å forbedre kvaliteten på ZEN-prosjekter og deres miljømessige bærekraft. Ved å tilpasse og anvende en eksisterende metodikk til ZEN-målene, bidrar denne innovasjonen til å skape mer vellykkede og bærekraftige nabolag. Dette gir samfunnet fordeler som bedre livskvalitet, redusert miljøpåvirkning og fremmer prinsippene om bærekraftig byutvikling.



**Tobias Nordström**  
NTNU

### FAKTA

Kontakt:	Tobias Nordström Tobias.Nordstrom@spacescape.se
Prosjekteier:	NTNU
Prosjektpartner:	NTNU, SINTEF, Asplan Viak, Bodø kommune, Trondheim kommune, Bærum kommune, Elverum kommune
TRL Teknologisk modenhetsnivå	5

## 9. DERFOR ER INNOVASJON VIKTIG FOR OSS



### - FME ZEN har dybdekompetansen generalister som oss trenger

Forbildeprosjektene i FutureBuilt skal være nyskapende, sosialt og økologisk bærekraftige, og ha høy kvalitet. Ved hjelp av FME ZEN har de utviklet kriterier som måler hvor bærekraftige og innovative de faktisk er.

- FutureBuilt består av handlingsorienterte generalister, vi fleiper med at vi driver ustrukturerte innovasjonsprosesser med utgangspunkt i hårete ambisjoner. Vi trenger å supplere med tung fagkompetanse. Det at vi er partner i FME ZEN og har NTNU og SINTEF med på laget, gir oss både kredibilitet, og kunnskap, sier Stein Stoknes, programleder i FutureBuilt.

FutureBuilt er et innovasjonsprogram for de mest ambisiøse i byggenæringen. De har så langt realisert rundt 70 av 100 forbildeprosjekter, både byområder og enkeltbygg, som overoppfyller FN's bærekraftsmål og Parismålene. De setter også krav til at klimagassutslippene må ligge 50 prosent under det som er vanlig.

#### FÅTT HJELP TIL Å UTVIKLE KRIITERIER

FutureBuilt er involvert i flere av pilotprosjektene i ZEN.

-Gjennom FME ZEN får vi tilgang på dybdekompetanse for å utvikle metodikk og verktøy som kan tallfeste og dokumentere det vi holder på med. Spesielt har det vært nyttig i forhold til det å utvikle kriteriene våre, sier Stoknes.

En viktig kjerne i FutureBuilt er kvalitetskriterier som er sentrale for utvikling av den bærekraftige byen. Kriteriene angir et ambisjonsnivå som er høyere enn det vanlig norsk standard og lovpålagte krav tilsier. Et eksempel er FutureBuilt ZERO som handler om reduksjon av klima-

gassutslipp fra energibruk og materialbruk i bygg. Eksempel på andre kriterier er sosial bærekraft og innovasjon.

FutureBuilt jobber med sirkulære bygg, og Stoknes viser til at de også har fått hjelp av ZEN til å utvikle FutureBuilt sirkulær, som er en metode som tallfester graden av sirkularitet i bygg.

#### GOD HJELP FOR Å SKJERPE KRAV

Visjonen til FutureBuilt er å vise at det er mulig å utvikle den bærekraftige og attraktive nullutslippsbyen.

- Har FME ZEN bidratt til å inspirere dere til innovasjon?

- Vi er et innovasjonsprogram så innovasjon er noe vi tenker på hele veien, men ja det er et fruktbart samarbeid og også en måte å pushe innovasjon på. Norske bransjestandarder er ofte lite innovative og framoverlente, og kan også fungere som konserverende bremseløser ved at de oppdateres for sjelden. Med ved å gå sammen og vise at vi tar klima- og miljømålene på alvor, kan det være lettere å få gehør for at kravene må skjerpes.

På spørsmålet om det er noe han tenker burde vært gjort bedre, svarer Stoknes at det at pilotene i ZEN har omfattet større byområder, har gjort det noe uhandterlig og uoversiktlig å jobbe med.

- Nå blir det i det nye, planlagte programmet ZEN+ trolig satset på mer



**Stein Stoknes**  
Programleder i FutureBuilt

avgrensede og konkrete piloter med løsninger og konsepter som kan sies å være nødvendige byggesteiner i utvikling av nullutslippsbyen. Det er en fin måte å jobbe på. Et eksempel kan være nye konsepter for lavutslippsbetong, hvor bla ZEN-partneren Skanska har mye spennende på gang.

#### TRENGER FORRETNINGS- MODELL FOR HVORDAN OMSETTE BRUKTE BYGGEVARER

- Er det noe dere ønsker å lære mer om i forbindelse med innovasjoner i ZEN?

- Vi har en lang ønskeliste på tematikker som vi håper å få belyst. Ikke minst trenger vi kompetanse for å få til konkrete løsninger på sirkularitet i bygg. Særlig på hva som skal til for å få det til å fungere i markedet, som forretningsmodeller og infrastruktur for omsetning av brukte byggevarer.

Byggintegrrert energiproduksjon, som hvordan innlemme solceller og annen lokal fornybar energi på en mest mulig effektiv og estetisk måte i bygg og byer, er et annet område hvor han kunne tenke seg mer innovasjon.

- Vi trenger hjelp framover til hvordan vi kan teste og evaluere resultater i FutureBuilt og til justering av kriteriene og verktøyene. Der har FME ZEN god dybdekompetanse og masse å bidra med, sier Stoknes.



Det handler ikke om å finne svar på hva vi skal si, men heller om hvordan vi kan strukturere måten vi forsker og jobber på, for å legge til rette for kommunikasjon

## – Hvordan vi bor påvirker oss alle

På hvilken måte påvirker måten FME ZEN er organisert på hvordan kunnskapen blir spredt i samfunnet? Det er noe av det doktorgradsstipendiat, Hanne Marit Henriksen, er i ferd med å undersøke.

Et av hovedmålene til FME ZEN er å synliggjøre resultatene fra forskningen og bidra til en kunnskapsbasert debatt om miljøvennlig energi. I dette ligger det en forventning om at det skal kommuniseres med samfunnet generelt. Hanne Marit Henriksen, doktorgradsstipendiat ved teknologi og vitenskapsstudier ved NTNU og tilknyttet FME ZEN, undersøker hvordan dette gjøres i senteret. Men kanskje ikke helt slik du tror.

- Det er nok flere som ønsker at forskninga mi skal resultere i noen anbefalinger om hvordan eller hva vi skal kommunisere for at kunnskapen og innovasjonene skal iverksettes i samfunnet. Men dem må jeg nok dessverre skuffe, sier Henriksen.

Hun forklarer at det hun i korte trekk gjør er å forske på hvordan organiseringen av FME ZEN er med på å påvirke hvordan kunnskapen blir spredt i samfunnet. Hvem blir, og hvem blir ikke målgrupper, for kommunikasjon, hvilke budskap vektlegges når det skal informeres om FME ZEN til utenforstående, hvilke forståelser skapes i samfunnet? Dette er noen av spørsmålene hun tar opp.

### FORSKNING OG KOMMUNIKASJON HENGER SAMMEN

- Det handler ikke om å finne svar på hva vi skal si, men heller om hvordan vi kan strukturere måten vi forsker og jobber på, for å legge til rette for kommunikasjon. Denne kommunikasjonen skal ikke bare sikre at kunnskapen kommer ut

av senteret – men også at den tas opp i samfunnet og brukes, sier Henriksen.

Siden det fortsatt er en stund til hun skal levere avhandlingen, er det litt tidlig å konkludere. Men noe hun synes er spesielt interessant, er å se hvor tett forskning og kommunikasjon henger sammen, det er ikke to separate aktiviteter.

- Jeg håper mitt arbeid kan bidra med innsikt i disse sammenhengene samt gi innspill til hvordan vi i enda større grad kan legge til rette for kommunikasjon, også med samfunnet generelt.

### MENNESKENE MÅ INN I FORSKNINGEN

- På hvilken måte kan FME ZEN bidra til å få fart på bygging av nullutslippshus- og områder?

- Jeg er opptatt av at det ikke bare dreier seg om å få fart på byggingen og tekniske løsninger, men at også menneskers ønsker og muligheter til å bo i de husene og områdene må med. Da handler det ikke bare om å kommunisere; «værsågod, alt er ferdig og dere kan nå flytte inn». Det må være kommunikasjon med brukerne hele veien.

Når hun snakker om menneskers muligheter, tenker hun også på økonomi. Henriksen påpeker at det må ikke bli slik at det grønne skiftet blir for de som har råd til å betale for tekniske og materielle løsninger som kan få ned utslippene.

- Derfor bør menneskene i større grad trekkes inn i forskningen. I tillegg til å få ned utslipp, må vi også se på hvordan teknologien kan understøtte sosiale kvaliteter som rettferdighet, inkludering og samhold.

### RØRER VED LIVENE VÅRE

- Hva er det morsomste og mest tilfredsstillende ved å delta i FME ZEN?

- Jeg tenker at hvordan vi bor, det påvirker oss alle. På den måten er FME ZEN et ambisiøst prosjekt, det rører ved så store deler av livene våre. Senteret viser hvor komplekst dette med å nå et lavutslippssamfunn er, men det er også det som gjør det så spennende. Å kjenne på at en jobber med noe som er så viktig både på samfunns- og individnivå.

Hun setter pris på den faglige tyngden, at det er samlet forskere som hver og en er eksperter på mange av de detaljene som utgjør et område og nabolag. Men alle de små brikkene versus helheten er også en utfordring når det skal kommunisere med samfunnet generelt.

- Da handler det om å favne viktigheten av de små tingene i et overordnet budskap om nabolag, og hvordan vi best legger til rette for det tenker jeg handler mye om hvordan vi organiserer kunnskapsproduksjonen.

# ZEN

Research Centre on  
ZERO EMISSION  
NEIGHBOURHOODS  
IN SMART CITIES

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



<https://fmezen.no>

ISBN 978-82-536-1831-9 (pdf)