

Copyright © 2019 by
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
All Rights Reserved
John Grieg Forlag

1. utgave / 1. opplag 2019

ISBN: 978-82-533-0374-1

Grafisk produksjon: John Grieg, Bergen
Grafisk design: Fagbokforlaget
Omslagsdesign: Fagbokforlaget
Omslagsillustrasjon: ©Shutterstock/pzAxe
Skrift: Proxima nova / Garamond 3 LT Std
Papir: 100 gr. Arctic Silk+

Spørsmål om denne boken kan rettes til:
Norges Tekniske Vitenskapsakademi
Lerchendal Gård
Strindvegen 2
7034 Trondheim
e-post: post@ntva.no
www.ntva.no

Materialet er vernet etter åndsverkloven.
Uten uttrykkelig samtykke er eksemplarfremstilling
bare tillatt når det er hjemlet i lov eller avtale med Kopinor.

FORORD

Norges Tekniske Vitenskapsakademi ser det som en av sine hovedoppgaver å belyse hvordan teknologisk utvikling påvirker samfunnet. Teknologi har i hele menneskehetens historie vært en viktig drivkraft for utvikling som har tjent menneskeheten, og den har vært grunnlaget for utvikling av vår velstand og velferd. Vi er i en tid der den teknologiske utviklingen går raskere enn noensinne. Utviklingstrendene griper inn i hverandre og skaper en kompleksitet som gjør det svært krevende å danne seg et bilde av helheten.

Teknologi skaper muligheter, men også potensielle problemer. Det er en viktig oppgave å søke og forstå dette bildet, slik at man kan påvirke utviklingen i retninger som er til nytte for menneskeheten, og forhindre at ikke-ønskede virkninger blir resultatet.

NTVA ga i 2017 ut første bind i det vi planlegger skal bli en serie om temaet «Teknologien endrer samfunnet». Den omhandler en rekke muliggjørende teknologier enkeltvis.

Her foreligger bind II i serien, der vi har bedt mennesker med innsikt i noen utvalgte bransjer og samfunnsområder om å reflektere over hvordan de tror disse områdene samlet sett vil påvirkes av teknologienes endringskrefter. Det er ikke slik at det først og fremst er teknologer som besitter slik innsikt. Temaene krever innsikt fra samfunnsområdene og oftest fra personer med helt annen fagbakgrunn enn teknologi. Dette gjenspeiles i forfatterlisten.

Våre forfattere foregir ikke å ha en krystallkule som gjør at de kan lage en fremskriving i form av et presist varsel om hvordan utviklingen vil gå. Snarere deler de tanker med oss om hvilke muligheter teknologiene gir, og i hvilke retninger drivkreftene i teknologiene vil drive bransjene og samfunnsområdene.

Vi konstaterer at spørsmålet ikke er *om* endringene vil finne sted, men hvor raskt de kommer. Digitaliseringen av samfunnet handler om å bruke muliggjørende teknologier til å skape nye virksomheter og endre gamle.

Samtidig må vi ha et bevisst forhold til hva slags samfunn vi vil ha, og hvem som skal bestemme rammevilkårene. Vi står overfor politiske valg om hvem som skal eie infrastrukturene og styre tilgangen og bruken av data.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt til at denne boken har blitt til. Først og fremst er det forfatterne som har delt sin innsikt og sine vurderinger med oss. En stor takk går også til redaksjonskomiteen, som har gjort utvalget av samfunnsområder, tatt ansvar for å finne innsiktsfulle forfatterne, jobbet sammen med dem i å utvikle temaene og sydd det hele sammen til den boken du nå har foran deg. Bidragsyterne har nedlagt en betydelig innsats.

NTVA håper at boken gir stoff til ettertanke og også til engasjement i å bidra til å belyse disse spørsmålene videre. Vårt akademi har til intensjon å fortsette arbeidet med å skape innsikt som gjør at vi får en opplyst diskusjon i samfunnet om hvilke muligheter og utfordringer den teknologiske utviklingen gir.

Trondheim, desember 2018

Torbjørn Digernes, president i NTVA

INNHOOLD

1.	DET NYE DIGITALE NORGE	15
	Muliggjørende teknologier	16
	En ny industriell revolusjon.....	17
	Fremtidens jobber	18
	Digital transformasjon.....	20
	Den digitale transformasjonen er et lederansvar	20
	Konklusjon	23
2	SMARTERE BYER – SMARTERE LIV	27
	Hvem vil ikke være «smart»?.....	28
	Smartbyens muligheter	29
	Den skjulte smartbyen	29
	Mot en felles forståelse av «smartbyer»?	30
	Smarterhet avhenger av kontekst	31
	Tre tilnærminger til smartby i EU.....	32
	Nøkler til et vellykket smartbyprosjekt	34
	Tilpasset teknologi – eller tilpassede mennesker?.....	34
	Smartby som bærekraftsstrategi.....	34
	Smartbyen oppsummert: muligheter og farer.....	35
3.	OPERASJONENE SOM FORSVANT	39
	Magesår.....	40
	Kikkhullskirurgi	41
	Roboter	42
	Digitaliseringen av helsevesenet	42
	Virtuell virkelighet inn på operasjonsstuen.....	43
	Genetikk.....	46
	Kunstig intelligens og stordata	47
	E-helse – helse på internett.....	48
	Sykehuset hjem til pasienten	48
	Medaljens bakside	48
4.	VELFERDSTEKNOLOGI I FOLKETS	51
	HELSETJENESTE	
	Samfunnsutfordringer og drivkrefter	52
	Velferdsteknologi og e-helse – hva er det, egentlig?..	53
	Digital samhandling og beslutningstøtte for mer	54
	effektive arbeidsprosesser	
	Helsehjelp på nye måter	56
	Trygghetsskapende teknologi	56
	Mestringsteknologier med avstandsoppfølging	58
	Oppsummering og perspektiver for fremtiden.....	61

5.	DEN BILLIGSTE KILOWATTIMEN.....63	Ingen korrupsjon – ingen risiko95
	Elementer som del av energieffektivisering65	Smarte kontrakter96
	Energieffektiv prosessering66	Energisløsning97
	Utnyttelse av overskuddsvarme67	PSD2 og «Open Banking»97
	Energilagring i et integrert energisystem.....68	IOT og M2M99
	Industriklynger – integrasjon av energikilder68	
	og -sluk på tvers av sektorer	
	Alternative energibærere og karbonfangst70	
	Perspektiver for fremtiden.....71	
6.	KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG73	9.
	Hva er et nullutslippsbygg?75	UTEN SJÅFØR.....101
	Varmeisolasjon og tetting76	Elektrifisering og brenselcelleteknologi.....103
	Klimatisering77	Pris og attraktivitet104
	Fra nullutslippsbygg til nullutslippsområder.....78	Automatisering/selvkjørende biler.....105
	Den mest miljøvennlige energien er den man79	Jus og sikkerhet107
	ikke bruker	Digitalisering108
	Gode steder å være79	Handel109
7.	SMARTE HUS SOM SOLCELLEKRAFTVERK 83	Forretningsmodeller109
	Den globale utviklingen.....84	Den oppkoblede bilen110
	Utviklingen i Norge.....85	Begreper.....111
	Solceller i smarte hus.....87	Kilder111
	Konklusjon89	
8.	TRENGER VI BANKEN?91	10.
	Mobilt internett92	TOG SOM TENKER SELV113
	Konkurransesituasjonen endres.....93	Fra gammel til ny teknologi.....114
	Person til person (P2P).....94	Trafikklysene forsvinner.....115
	Bitcoin og blokkjede94	Trafikkstyring115
		Selvkjørende autonome tog.....116
		Automatisering116
		Batteri eller hydrogen?117
		Mobilitetsaktør117
		Kundetjenester.....118
		Jernbanens rolle blir utfordret118

11.**SJØTRANSPORT SLÅR TILBAKE121**

Sjøtransportens rolle i den globale økonomien	122
Hva betyr de globale megatrendene for fremtidens sjøtransport?	
Drivkraft 1: miljø- og klimapolitikk	123
Teknologiutviklingen	124
Teknologi for redusert utslipp	126
Operasjonelle tiltak for redusert energiforbruk og utslipp	127
Drivkraft 2: teknologirevolusjonen	128
– fra Industri 4.0 til Shipping 4.0	
Autonomi og robotikk	129
Internet of Services at Sea	129
Shipping 4.0s påvirkning på sjøtransporten	130
Autonomi	130
Internet of Services at Sea	132
Trender i forskningen	132
Hvor går vi nå?	133

12.**TEKNOLOGI SOM DET MULIGES KUNST...135**

Konkurranse og sikkerhet	136
Tradisjonelle fly – komposittmaterialer, digitalisering, og drivstofføkonomi	137
Den gjennomkoordinerte luftfarten	140
Fjernstyrte fly, selvkjørende fly, elektriske fly?	141
Trenger vi luftfart i det hele tatt?	143
Revolusjonen uteblir	144

13.**DIGITAL KONKURRANSEKRAFT147**

Hva er produksjonsvirksomhet?	148
Fra «verkstedet nede i gata» til en verdensledende nisjeindustri	149
Den neste epoken	150
Norsk vare- og tjenesteproduksjon i 2019	151
«Is this time different?»	152
Data og digitale plattformer	154
Teknologier som endringsdrivere	154
Betydning for norske produksjonsvirksomheter	155
Arbeidsoppgaver og sysselsetting	157
Betydningen av å forstå det nye i kundebegrepet	157
Innovasjon	158
Paradigmeskifte, revolusjon eller evolusjon?	159
Digitalisering innen olje- og gassnæringen, eksempel fra Aker BP	159
Hvordan digitale tvillinger endrer industrier – eksempel fra KONGSBERG	160
Industribedriften bygger nye tjenester til sluttkunden – eksempel fra Yara	162

14.**UBERØRT AV MENNESKEHENDER165**

Bærekraftig utvikling	166
Matindustri 4.0	167
Smarte sensorer måler maten	168
Biotechnologiske prosesser	169
Roboter lager maten	170
Små fleksible produksjonslinjer	171
Våre digitale spor styrer produktutviklingen	172
Forsvinner matbutikkene?	173
Utfordringer og barrierer	174

15.		
Å LYTTE TIL PLANTENES BEHOV	177	
Teknologi i jordbruket	179	
Jordbruket i Norge i dag, ikke bare fordeler	180	
Sensorsystemer	181	
Sensorer for innsamling av data	182	
Kamerateknologi i jordbruket	183	
Presisjonslandbruk	185	
Automatiserte systemer i matproduksjon.....	185	
Oppsummering/perspektiver for fremtiden.....	187	
16.		
MATPRODUKSJON OG BÆREKRAFT	189	
Lakselus	191	
Fiskevelferd og skånsom håndtering	192	
Rømming.....	194	
Arbeidsmiljø, helse og sikkerhet.....	194	
Utviklingstrekk 1: digitalisering og mer kontroll ..	195	
i operasjoner		
Stordata og maskinsyn.....	196	
Autonomi og fjernstyring	196	
Utviklingstrekk 2: nye anleggskonsepser.....	197	
Mer eksponerte anlegg	198	
Hvor er vi på vei?	198	
17.		
BILLIGERE OG MER MILJØVENNLIG	201	
Dagens situasjon	202	
Bygningsinformasjonsmodeller og parametriske	203	
design		
Virtuell og utvidet virkelighet.....	204	
Industrialisert bygging og 3D-printing.....	205	
Robotisering	205	
Internet of Things	206	
Smarte bygg	206	
Droneteknologi	207	
Perspektivene videre.....	208	
18.		
FRA DIGITALE DRØMMER TIL	211	
DIGITALDOMINO?		
Kikke inn i krystallkulen	212	
Situasjonen i Norge.....	213	
Kort om netthandel i Norge i 2017.....	214	
Norske forbrukere og ny teknologi	214	
Norsk handelsnæring – et gullegg eller en	215	
samling Kodak-bedrifter?		
Et sprikende bilde	216	
Nye teknologier	216	
De digitale handelsplattformene utkonkurrerer	218	
tradisjonelle handelsnæringer		
Digitale transformasjoner – sporer ingen av dem av?.....	220	
Hvordan forberede seg på endringene?	220	
Hva norske handelsbedrifter kan gjøre.....	221	
Avslutning	222	
19.		
KAOS OG MULIGHETER	225	
Endringer i mediens teknologi.....	226	
Innovasjon i media	227	
Historisk utvikling for digital publisering	228	
av nyheter		
Kategori 1: Plattformer	229	
Kategori 2: Programvare	231	
Kategori 3: Gjenstander og datahøsting	234	
Kategori 4: Utvidet og virtuell virkelighet.....	236	
Journalistiske medier i fremtiden	238	
Papiravis i 2028?.....	239	

20.**GODE RÅD BLIR DIGITALE.....243**

Hvordan en rådgiver løser et oppdrag	244
Problemerkaffelse – å få et oppdrag	245
Informasjonsinnhentning og analyse.....	246
Diagnose (løsningsforslag).....	248
Tiltak – å faktisk gjennomføre ting	249
Kontroll – problem løst eller ny runde?.....	249
Problemrepresenterende teknologi – fra digitale	250
tegninger til digitale tvillinger	
Ressursmobiliserende teknologi – fra faste linjer	251
til modulbaserte grensesnitt	
En rådgivers langsiktige strategiske utfordring.....	252

21.**SAMSTYRING, GJENBRUK OG DELING.....255**

Digitalisering.....	256
Interoperabilitet	257
Samstyring	258
Muliggjørende teknologier i offentlig sektor	260
Hvor er vi i 2030?.....	262
Samarbeid, gjenbruk og deling.....	263
Avslutning	264

22.**DIGITALE LÆRINGSARENAER269**

Hva trenger vi for å kunne lære?.....	271
Nysgjerrighet som drivkraft for læring.....	271
Skolen bryter med våre naturlige forutsetninger	272
for å lære	
Dataspill – arena for læring	273
Plattformer og stordata som grunnlag for	276
adaptiv læring	
Fra naturlig dumhet til kunstig intelligens	278

Virtuell og blandet virkelighet skaper nye	280
opplevelser og nye betingelser for læring	
Sosial samhandling og læring	281
Universiteter og voksnes læring.....	282
Hva trenger vi å lære?	284
Konklusjon: teknologi, organisasjon eller politikk?	285



Pilotområde Zero Village Bergen – et område, der bygninger, infrastruktur og energisystem spiller på lag for å oppnå et bærekraftig område med null utslipp av klimagasser over områdets levetid. Illustrasjon: Snøhetta.

6.

KLIMANØYTRALE BYGG OG NABOLAG

Økt gjenbruk – null utslipp

Arild Gustavsen, Inger Andresen og Terje Jacobsen

Fremtidens bygninger må være klimanøytrale. De må bygges og driftes med bruk av fornybar energi, materialene må fremstilles på en miljøvennlig måte og vi må ta vare på materialene når bygninger rives. I tillegg skal bygningene selvsagt ha et godt inn klima og bidra til gode steder med god arkitektur.



Arild Gustavsen er senterleder ved Forskningscenteret Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities og professor i bygningsfysikk ved Institutt for arkitektur og teknologi ved NTNU.



Terje Jacobsen er forskningsdirektør ved SINTEF Byggforsk. Han har vært med å etablere og utvikle forskningscentrene Zero Emission Buildings og Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities.



Inger Andresen er professor i integrert energidesign ved Institutt for arkitektur og teknologi ved NTNU, og leder arbeidet med pilotprosjekter i Forskningscenteret Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities.

Fremtidens bygg må være tilpasset fremtidens energisystem, der en stor andel av energien vil komme fra fornybare kilder som sol og vind, og effektbegrensning og lagring blir viktigere. Dette vil kreve flere endringer i hvordan vi prosjekterer, oppfører og drifter bygninger og tilhørende energisystem, med bruk av nye teknologiske løsninger og verktøy.

Bygninger står for 32 prosent av det totale globale energiforbruket og 19 prosent av utslippene av drivhusgasser¹. 50 prosent av materialene som utvinnes, brukes i byggenæringen². Klimagassutslipp knyttet til drift av bygninger i Norge er lavere, men energibruken er høy. Globalt kan energibruk og relaterte utslipp doubles eller potensielt tredobles innen midten av århundret på grunn av:

- bedre tilgang til tilstrekkelig bolig og tilhørende anlegg for alle jordens mennesker,
- befolkningsvekst, migrasjon til byer, endringer i husholdningsstørrelsen og økende formue og livsstil.

Forbedring av bygningens energiytelse er avgjørende for å unngå økt energibruk og klimagassutslipp. Samtidig er det et betydelig potensial for energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse.

Den norske klimapolitikken er tett knyttet til europeisk politikk. Ambisjonen er å redusere klimagassutslipp, øke andelen fornybar energiproduksjon og sørge for energieffektivisering. Innen 2050 skal klimagassutslippene i Europa reduseres med 80 prosent under 1990-nivået. Utslipp fra bygninger skal kuttes med hele 90 prosent.

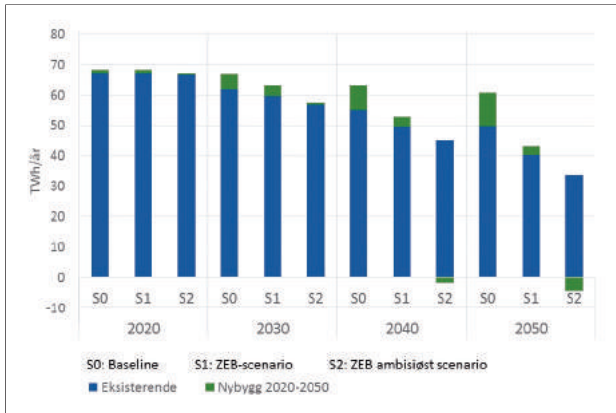
Med de siste resultatene fra FN's klimapanel må sannsynligvis ambisjonene forsterkes ytterligere. Passivhus, nullutslippsbygg, plusshus og nullutslippsområder blir en nødvendighet. Figur 6.1 viser en mulig utvikling i den norske bygningsmassen frem mot 2050. Her ser vi at energibruken vil kunne bli 39 TWh mindre i 2050 enn i 2020, selv om bygningsmassen er ventet å vokse i perioden. Av dette bidrar nullutslippsbygg med 31 TWh. Frigjort fornybar kraft kan for eksempel brukes til elektrifisering av transportsektoren der 20 TWh trengs i 2050 for elektrifisering av alle kjøretøy innen veitransport, all banetransport og alle båter og skip³.

All utbygging og rehabilitering fremover bør resultere i mer energieffektive bygg, og etter hvert nullutslippsbygg og nullutslippsområder. Byggene må ha godt isolerte yttervegger, tak og golv, ekstra godt isolerte vinduer, utnytte dagslys og passiv solenergi, ha god lufttetthet og ha energieffektivt ventilasjonssystem som gir godt inn klima. Materialer og løsninger må ha lavt karbonfotavtrykk, og være miljøvennlige både i produksjon og bruk, og helst være egnet for gjenbruk. I tillegg må

1 IPCC (2014). *Climate Change: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report*. The Intergovernmental Panel on Climate Change.

2 EU (2011). *Roadmap to a resource efficient Europe*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN>

3 NVE (2018). *Hvordan vil en omfattende elektrifisering av transportsektoren påvirke kraftsystemet?* <https://www.nve.no/Media/4117/nve-notat-om-transport-ogkraftsystemet.pdf>



Figur 6.1 Levert energi for tre scenarier fordelt på energibruk i henholdsvis nybygg bygd etter 2020 og eksisterende bygg som er bygd før 2020 (Sandberg, Næss, Brattebø, Andresen & Gustavsen (2019). Estimating the aggregated energy savings from large-scale introduction of zero emission buildings in the Norwegian building stock. Artikkelen forventes publisert medio 2019).

det velges fornybare løsninger for forsyning av varme og elektrisitet. Gode systemer for oppfølging av energibruk i drift, og brukervennlige systemer, er også avgjørende for å oppnå lavt energibruk i praksis. Utvikling av nullutslippsbygg og nullutslippsområder krever en integrert planlegging. Mange av løsningene bygger på velkjent teknologi i tillegg til utvikling og optimalisering av nye løsninger.

HVA ER ET NULLUTSLIPPSBYGG?

Internasjonalt er det ulike definisjoner av nullenergibygg og nullutslippsbygg. Det norske forskningscenteret for

nullutslippsbygg (FME ZEB)⁴ ved NTNU og SINTEF har definert ulike typer nullutslippsbygg – avhengig av hvor mange faser av byggets livsløp som er regnet med. Et nullutslippsbygg produserer nok fornybar energi til å kompensere for byggets totale klimagassutslipp gjennom hele levetiden, inkludert vedlikehold og oppgraderinger/utskifting av bygningsdeler og tekniske installasjoner. I beregningsmodellene er levetiden satt til 60 år. Vi opererer med fem forskjellige typer nullutslippsbygg, med stigende ambisjonsnivå:

ZEB – O ÷ EQ

Bygningens fornybare energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift (O = operation) av bygningen, men uten energien som går til bruk av utstyr (EQ = equipment).

ZEB – O

Fornybar energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift av bygningen.

ZEB – OM

Fornybar energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra drift og produksjon av byggematerialer (M = materials).

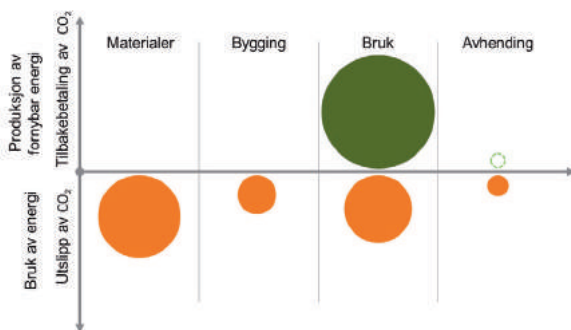
ZEB – COM

Fornybar energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippet fra bygging (C = construction), drift og produksjon av byggematerialer.

⁴ Forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) Research Centre on Zero Emission Buildings (FME ZEB) var støttet av Norges forskningsråd og 23 partnere fra 2009 til 2017, www.zeb.no

ZEB – COMPLETE

Fornybar energiproduksjon kompenserer for klimagassutslippene fra absolutt hele levetiden. Dette gjelder byggematerialer, konstruksjon, drift og produksjon, samt rivning og gjenvinning.



Figur 6.2 Illustrasjonen viser de ulike fasene av et byggs levetid, som inngår i de ulike ambisjonsnivåene. Fornybar energiproduksjon (grønn sirkel) kompenserer eksempelvis for alle klimagassutslipp over bygningens totale levetid (Fufa, Schlanbusch, Sørnes, Inman & Andresen (2016). *A Norwegian ZEB Definition Guideline*, ZEB Project report no. 29).

Forskningssenteret ZEB har også definert at nullutslippsbygninger skal oppfylle andre kriterier enn CO₂-utslipp. Disse kriteriene omfatter innemiljø, komfort og energi-behov i driftsfasen.

Nullutslippsbygg-ambisjonen kan benyttes både på nye og eksisterende bygg. Noen eksempler er realisert av partnerne i forskningssenteret. Prosjektene er forskjellige i størrelse og type, fra eneboliger til kontorbygninger og skolebygninger. De er lokalisert i ulike klima, fra relativt temperert og fuktig kystklima i Ber-

gen til mer solfylt klima i Larvik og kaldt innlandsklima på Evenstad. Ett av byggene, Powerhouse Kjørbo i Sandvika, er et rehabiliteringsprosjekt.

Varmeisolasjon og tetting

God varmeisolasjon og tetting mot luftlekkasjer er tiltak nummer en både for nybygg og oppgradering av eksisterende bygninger. God ventilasjon og helsevennlig materialbruk sørger for godt innemiljø.

Nye og mer effektive isolasjonsmaterialer er under utvikling. Eksempler er nanoisolasjon⁵ og transparent isolasjon. Vakuumisolasjon er allerede tilgjengelig. De nye materialene vil komplementere eksisterende materialer og gjøre det mulig å etterisolere eksisterende bygninger på en mer ressurseffektiv måte.

Energieffektive bygninger krever høy varmeisolasjonsgrad. For å oppnå passivhus-standard kan veggtykkelsene bli 40–50 cm ved bruk av tradisjonelle varmeisolasjonsmaterialer (mineralull, polystyren, etc.). Nye materialer gir nye muligheter, spesielt ved etterisolering av eksisterende bygg.

En mulig løsning er varmeisolasjonsmaterialer basert på hule, kuleformede nanopartikler av silika (silisiumdioksid). Ved bruk av ekstremt små porer (nanostørrelse) og utnyttelse av Knudsen-effekten reduseres den samlede varmeledningsevnen, og da spesielt gasslednings-evnen. Sluttmaterialer må gjøres vannavstøtende (hydrofob).

5 Jelle, B.P., Gao, T., Sandberg, L.I.C., Tilset, B.G., Grandcolas, M. & Gustavsen, A. (2014). Thermal superinsulation for building applications – from concepts to experimental investigations. *International Journal of Structural Analysis and Design*, 1, 43–50.

Klimatisering

Drift av klimatiseringssystemene (for oppvarming og ventilasjon) i bygg utgjør en stor andel av energibruken. Bedre systemer vil gjøre det mulig å spare energi samtidig som man opprettholder godt innneklima.

Effektiv behovsstyrt ventilasjon er nødvendig for å oppnå god luftkvalitet med lavest mulig energibruk. Ved lave utetemperaturer kan kondens- og frostdannelse oppstå, for eksempel når kald uteluft varmeveksler med varm og fuktig avtrekksluft. Ofte må varmegjenvinningen reduseres til 70 prosent virkningsgrad for å unngå frostdannelse. Nye materialvalg i varmegjennvinnere vil gjøre det mulig å gjenvinne en større andel av varmen.

Passiv klimatisering: Å spille på lag med naturlige drivkrefter som oppdrift ved ventilasjon er mulig. Utfordringen er å lage ventilasjonssystemer som gir god luftkvalitet og riktig temperatur samtidig som energibruk holdes lav.

Bruk av termisk varmekapasitet, eksempelvis tyngre bygningskonstruksjoner, gjør det mulig å jevne ut temperatursvingninger over døgnet. Dette kan redusere behovet for mekanisk kjøling.

Eksempel: Arkitekter og ventilasjonsingeniører hos Snøhetta og Skanska Teknikk har utviklet konseptet for pilotbygget Powerhouse Kjørbo. Løsningene kan anvendes både i nybygg og ved rehabilitering. Her benyttes en bygningsintegrert ventilasjonsløsning som bidrar til å redusere elforbruket til ventilasjonsvifter med rundt 95 prosent. Friskluft blir tilført ved hjelp av fortreningsventilasjon fra kjernen av bygget, mens brukt luft trekkes ut via trappesjakter. Ventilasjonssys-

temet har få kanaler, lav lufthastighet og får dermed ekstremt lavt trykkfall.

Byggets lave oppvarmingsbehov gjør at radiatoranlegget kan begrenses til enheter plassert sentralt rundt om i landskapet. Dette medfører redusert behov for rørføringer, noe som igjen medfører redusert varmetap, redusert pumpedrift, færre komponenter, redusert bundet energi og reduserte kostnader. Dette egner seg spesielt godt for bygg med store internlaste slik som forsamlingshus og kinosaler.



Figur 6.3 Illustrasjon av membranveksler, som er sammensatt av flere lag membraner (S.M. Aarnes, *Membrane Based Heat Exchanger*, Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2012) som overfører varme og fuktighet fra avtrekksluft til luft (M. Justo Alonso, P. Liu, H.M. Mathisen, G. Ge, C. Simonson (2015). Review of heat/energy recovery exchangers for use in ZEBs in cold climate countries. *Build. Environ.*, 84, 228–237). Dermed unngås kondensering og frostdannelse i varmegjenvinneren ved lave utetemperaturer. Løsningen gjenvinner opptil 90 prosent av energien.

Bygningsintegrerte teknologier for utnyttelse av solenergi (solfangere for å samle inn solvarme og solceller for å produsere elektrisk strøm) vil erstatte tradisjonelle fasadematerialer (tak og vegger) der det er tilgang til sol. Varmepumpeløsninger for utnyttelse av omgivelsesvarme vil bli standard i mange bygg.



Figur 6.4 Bygningsintegrerte solcelle-paneler på taket til ZEB pilotbygg Skarpnes, Arendal. Foto: Skanska.

FRA NULLUTSLIPPSBYGG TIL NULLUTSLIPPSOMRÅDER

Å realisere et nullutslippsbygg kan være vanskelig, for eksempel grunnet geografisk plassering, tilgang på ny fornybar energi eller at bygningen som skal oppgraderes er verneverdig. Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer⁶ (FME ZEN) tar ZEB-definisjonen videre og etablerer en tilsvarende definisjon for et område: Et nullutslippsområde har som mål å redusere sine direkte og indirekte utslipp av drivhusgasser mot null innenfor en gitt tidsperiode.

Området skal gjennom planlegging, prosjektering og drift av bygninger og tilhørende infrastrukturelementer ta sikte på å oppnå netto null utslipp av drivhusgasser over livsløpet. Det tas hensyn til ulike livsløpsmoduler; fra fremstilling av produkter, gjennomføringsfase, bruksfase, til livsløpets slutfase. I praksis kan et utviklingsprosjekt velge et definert ambisjonsnivå med hensyn til hvilke av disse livsløpsmodulene som inkluderes, samt hvilke bygningsdeler og infrastrukturelementer som inkluderes.

Robuste materialer og løsninger som har et lavt klimafotavtrykk må velges. Dette betyr for det første å redusere materialbruken gjennom arealeffektivitet og riktig dimensjonerte konstruksjoner. Bruk av resirkulerte materialer eller ombruk vil være fordelaktig, men det kan være vanskelig å finne godt dokumenterte produkter.

⁶ Forskningscenter for miljøvennlig energi (FME) Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (ZEN), er støttet av Norges forskningsråd (2017–2024) og 34 partnere, <http://fmezen.com>

Materialer og løsninger som er fremstilt på en miljøvennlig måte ved bruk av lite/fornybar energi, er selvsagt gunstig, men det er viktig å også ta hensyn til levetid og ressursbruk til drift og vedlikehold, samt gjenbruksmuligheter. På dette området forventer vi en kraftig utvikling av markedet både med hensyn til tilgang og dokumentasjon av miljøvennlige materialer og løsninger.

Den mest miljøvennlige energien er den man ikke bruker

Det første man må gjøre er å redusere behovet for energi så mye som mulig. Når energibehovet er redusert til et minimum, skal det resterende behovet dekket med fornybar energi. Lokal tilgjengelig fornybar energi i området bør ses i sammenheng med det omkringliggende energisystemet, slik at man unngår suboptimalisering og utnytter alle tilgjengelige ressurser på en best mulig måte. Utnyttelse av tilgjengelig overskuddsvarme i området, samt utveksling av energi mellom bygg og med det omkringliggende energisystem, er sentralt.

Reduksjon av effektbehov samt smart styring av energiflyten i området, og utveksling med det omkringliggende energisystemet, kan gi betydelige gevinster med hensyn til både kostnader og klimagassutslipp. Her må man se det enkelte bygg i sammenheng med omkringliggende bygninger og energiforsyningssystemer for å finne den beste løsningen totalt sett.

Smarte systemer for styring av energibehov- og produksjon er allerede på full fart inn i byggebransjen, og neste generasjon løsninger vil sørge for optimal styring av utveksling av energi mellom bygg, energisystem, energilager og transport.

Tradisjonelt sett har bygninger kun brukt energi. Grunnet overgangen til nullenergi, pluss hus og nullutslippsbygg, vil flere bygninger også produsere energi. På grunn av dette, og som en følge av mer sol og vindenergi i nettet generelt sett (internasjonalt og i Norge) vil produksjonen og tilgjengeligheten av fornybar elektrisitet variere mer med tiden. Fremtidens bygninger vil derfor kunne tilpasse bruken av energien til tider det er god tilgang på ren fornybar energi. Byggene bør etter spørre energi når den er mest ren, og overskuddsenergi kan lagres i byggenes materialer, varmemagasiner eller i batterier, og tas ut ved behov. Deling av strøm med batterier i el-biler kommer også til å bli mer vanlig. 90 prosent av ladning av elbiler skjer i bygninger.

Gjennom utforming av området samt forbindelsen til omkringliggende områder, funksjoner og infrastruktur, vil ZEN-områder ha fokus på bærekraftige transportløsninger. Dette innebærer tilrettelegging for gående og syklende, og tilgang til kollektivtransport, og nye grønne lavutslippsløsninger som elektriske kjøretøyer.

Gode steder å være

Et ZEN-område skal oppfattes som et godt sted å være. At området tilbyr gode kvaliteter og servicetilbud, har indirekte innvirkning på klimagassutslippene, da det vil begrense behovet for transport ut av området. Området bør ha god tilgjengelighet til servicefunksjoner og rekreasjonsområder, gode offentlig rom, og om mulig legge til rette for deling av arealer. Å involvere brukerne i utforming og drift av området, vil stimulere til miljøvennlig bruk, og gi stolthet og eierskap til området.

Realisering av nullutslippsområder kan fremstå som en stor og ressurskrevende oppgave, i hvert fall i starten. Men på sikt er vi sikre på at dette vil lønne seg. Det er en investering i kvalitet, og det er en investering mot klimaendringer.

Det er viktig å ha fokus på løsninger som gir mest miljø for pengene i et livsløpsperspektiv. Derfor må vi se investeringskostnaden opp mot fremtidige drifts- og vedlikeholdskostnader, behov for oppgraderinger, ulike løsnings forventede levetid, forandringer i bruk, ytre rammebetingelser som energipriser og utvikling av teknologiske løsninger, og større samfunnsmessige nytteverdier som verdiskaping og klimakonsekvenser. Til sammen blir dette det vi kaller økonomisk bærekraft.

Og spørsmålet blir ikke om vi har råd til det, men om vi har råd til å la være.

