



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES



YDALIR

Testing av alle ZEN nøkkelindikatorer i en ZEN-pilot

ZEN REPORT No. 51 – 2023



Marianne Kjendseth Wiik, Benjamin Manrique Delgado, Solveig Meland, Hampus Karlsson,
Lillian Sve Rokseth, Shabnam Homaei | SINTEF, NTNU



Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES

ZEN Report No. 51

Marianne Kjendseth Wiik, Benjamin Manrique Delgado, Solveig Meland,
Hampus Karlsson, Lillian Sve Rokseth, Shabnam Homaei

YDALIR. Testing av alle ZEN nøkkelindikatorer i en ZEN-pilot

Keywords: ZEN definisjon, nøkkelindikatorer, klimagassutslipp, energi, effekt, mobilitet,
byform og arealbruk, økonomi

ISBN 978-82-536-1808-1 (pdf)

Norwegian University of Science and Technology (NTNU) | www.ntnu.no

SINTEF Building and Infrastructure | www.sintef.no

<https://fmezen.no>

Preface

Acknowledgements

This report has been written within the Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities (FME ZEN). The authors gratefully acknowledge the support from the Research Council of Norway, the Norwegian University of Science and Technology (NTNU), SINTEF, the municipalities of Oslo, Bergen, Trondheim, Bodø, Bærum, and Elverum, Trøndelag county, Norwegian Directorate for Public Construction and Property Management, Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Norwegian Building Authority, ByBo, Elverum Tomteselskap, TOBB, Snøhetta, AFRY, Asplan Viak, Multiconsult, Civitas, FutureBuilt, Heidelberg Materials, Skanska, GK, Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk - Energi, Smart Grid Services Cluster, Statkraft Varme, Renewables Norway and Norsk Fjernvarme.

The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods (ZEN) in Smart Cities

The ZEN Research Centre develops solutions for future buildings and neighbourhoods with no greenhouse gas emissions and thereby contributes to a low carbon society.

Researchers, municipalities, industry and governmental organizations work together in the ZEN Research Centre in order to plan, develop and run neighbourhoods with zero greenhouse gas emissions. The ZEN Centre has nine pilot projects spread over all of Norway that encompass an area of more than 1 million m² and more than 30 000 inhabitants in total.

In order to achieve its high ambitions, the Centre will, together with its partners:

- Develop neighbourhood design and planning instruments while integrating science-based knowledge on greenhouse gas emissions;
- Create new business models, roles, and services that address the lack of flexibility towards markets and catalyze the development of innovations for a broader public use; This includes studies of political instruments and market design;
- Create cost effective and resource and energy efficient buildings by developing low carbon technologies and construction systems based on lifecycle design strategies;
- Develop technologies and solutions for the design and operation of energy flexible neighbourhoods;
- Develop a decision-support tool for optimizing local energy systems and their interaction with the larger system;
- Create and manage a series of neighbourhood-scale living labs, which will act as innovation hubs and a testing ground for the solutions developed in the ZEN Research Centre. The pilot projects are Furuset in Oslo, Fornebu in Bærum, Sluppen and Campus NTNU in Trondheim, Mære Campus, Ydalir in Elverum, Campus Evenstad, New City New Airport Bodø, and Zero Village Bergen.

The ZEN Research Centre will last eight years (2017-2024), and the budget is approximately NOK 380 million, funded by the Research Council of Norway, the research partners NTNU and SINTEF, and the user partners from the private and public sector. The Norwegian University of Science and Technology (NTNU) is the host and leads the Centre together with SINTEF.



<https://fmezen.no>



@ZENcentre



FME ZEN (page)

Sammendrag

Testing av alle ZEN nøkkelindikatorer på Ydalir

Denne rapporten tester ut alle ZEN nøkkelindikatorerne i ZEN-pilotområdet Ydalir. Resultatene skal brukes i videreutvikling og verifisering av ZEN-definisjonen og vil gi nyttige innspill til utforming av en ZEN prosessveileder.

Resultatene fra testing av ZEN KPI på Ydalir vil bidra til videreutvikling og verifisering av ZEN-definisjonen.

Resultatene gir forslag til hvilken rekkefølge ZEN nøkkelindikatorerne kan benyttes, og viser hvor viktig det er å ta hensyn til tidshorizonten i et ZEN-prosjekt, særlig når man tar i betraktning at et ZEN-område bygges ut i faser over flere år. Resultatene gir også forslag til hvordan man kan velge referanseprosjekt og sette referanseverdier. Videre indikerer resultatene hvem som kan bruke og evaluere de ulike ZEN nøkkelindikatorerne.

Dette arbeidet vil bidra til videreutvikling og forankring av en norsk definisjon på et nullutslippsområde. Resultatene skal brukes i revisjon av ZEN definisjonsveilederen og til fastsettelse av referanseverdier for noen av ZEN nøkkelindikatorerne. ZEN-partnere som har bidratt til arbeidet, inkluderer blant annet Elverum kommune, Elverum Tomteselskap, og Multiconsult.

Oppsummerende kan vi si at rapporten prøver ut, tar i bruk og verifiserer ZEN-definisjonen og ZEN KPI. Resultatene skal brukes i videre utforming av ZEN definisjonsrapport, ZEN definisjonsveileder, ZEN KPI-verktøyet og ZEN prosessveileder.

Summary

Testing all the ZEN key performance indicators at Ydalir

This report tests all the ZEN key performance indicators on the ZEN pilot area Ydalir. The results will be used in the further development and verification of the ZEN definition as well as be important feedback for the formation of a ZEN process guideline.

The results from the testing of ZEN KPIs at Ydalir will help with the further development and verification of the ZEN definition.

The results in this report give a recommendation as to which order the ZEN KPIs should be completed and show how important it is to consider this in terms of the project's time horizon, especially when one considers that a ZEN pilot area is developed and built in different project phases over multiple years. The results in the report give examples of how reference projects and reference values can be set. The results in this report also highlight who may calculate or complete the various ZEN KPIs.

This is an important body of work for the further development and grounding of a Norwegian definition of what is a zero emission neighbourhood. The results will be used in the revision of the ZEN definition guideline and setting of benchmark values for some of the ZEN KPIs. ZEN partners that have contributed to this work include Elverum kommune, Elverum Tomteselskap, og Multiconsult.

In conclusion, this report tests, operationalises and verifies the ZEN definition and ZEN KPIs. The results shall be used to further develop the ZEN definition report, the ZEN definition guideline, the ZEN KPI tool and the ZEN process guideline.

Innhold

Preface.....	3
Sammendrag.....	4
Summary	5
1. Innledning	7
1.1 Om Ydalir	9
2. Klimagasser.....	11
2.1 Strategisk planleggingsfase.....	11
2.2 Implementeringsfase.....	12
2.3 Bruksfase	13
3. Energi.....	14
3.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase	14
3.2 Bruksfase	18
4. Effekt.....	19
4.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase	19
4.3 Bruksfase	23
5. Byform og arealbruk	24
5.1 Strategisk planleggingsfase.....	24
6. Mobilitet.....	34
6.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase	34
7. Økonomi.....	38
7.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase	38
7.2 Bruksfase	41
8. Diskusjon	43
9. Konklusjon.....	45
10. Referanser	46

1. Innledning

Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN) har i perioden 2017–2024 utviklet en definisjon på nullutslippsområder (ZEN) med et sett av nøkkelindikatorer (KPI) på kategoriene klimagassutslipp (KGU), energi (ENE), effekt (EFF), byform og arealbruk (BYF), mobilitet (MOB) og økonomi (ØKO), samt utviklet et ZEN KPI-verktøy hvor man kan samle alle resultatene fra testing av ZEN KPI og vurdere et ZEN-område.

Forskningscenter for nullutslippsområder i smarte byer (ZEN) definerer et “område” som en samling bygninger med tilhørende infrastruktur, lokalisert innenfor et avgrenset geografisk område. Et netto nullutslippsområde har som målsetting å redusere og kompensere sine direkte og indirekte klimagassutslipp mot null innenfor sin analyseperiode, i tråd med et valgt ambisjonsnivå. Området bør ha fokus på følgende:

- Planlegging, design og drift av bygninger og deres tilhørende infrastrukturkomponenter med sikte på null klimagassutslipp over livsløpet og å kompensere gjenstående klimagassutslipp for å oppnå et netto nullutslippsområde.
- Oppnåelse av høy energieffektivitet og en høy andel av ny fornybar energi i områdets forsyningssystem for energi.
- Smart styring av energiflyten i området (i bygg og mellom bygg) og av utvekslinger med det omkringliggende energisystemet, som sikrer fleksibilitet.
- Fremme bærekraftige transportmønstre og smarte mobilitetssystemer.
- Planlegging, design og drift med hensyn til økonomisk bærekraft, ved minimerte levetids-kostnader for å oppnå prisgunstige nullutslippsområder og velge kostnads-optimalt tiltak for å redusere klimagassutslipp.
- Arealplanlegging sikrer god byform og arealbruk, og stimulerer til bærekraftig atferd.

Tabell 1 viser en oversikt over de ulike ZEN KPI-ene i ZEN-definisjonen. Flere detaljer om ZEN-definisjonen, KPI, og ZEN KPI-verktøyet finnes i [1, 2]. For å verifisere at ZEN-definisjonen og tilhørende KPI-er fungerer er det viktig å teste dem i et ZEN pilotområde. Vi har testet alle ZEN KPI-er i ZEN pilotområdet Ydalir, og i denne rapporten presenterer vi resultatene fra testingen.

Tabell 1. ZEN vurderingskriterier og nøkkelindikatorer (KPI) [1, 2].

1 – tidlig planleggingsfase, 2 – implementeringsfase, 3 – bruksfase

Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	1	2	3
KGU	Utslippsreduksjon	<i>KGU1.1 Materialer (A1-A3, B4)</i>	x	x	x
		<i>KGU1.2 Byggefasen (A4-A5)</i>	x	x	x
		<i>KGU1.3 Bruk (B1-B3, B5)</i>	x	x	x
		<i>KGU1.4 Energibruk i drift (B6)</i>	x	x	x
		<i>KGU1.5 Transport i drift (B8)</i>	x	x	x
		<i>KGU1.6 Sluttfasen (C1-C4)</i>	x	x	x
	Kompensasjon	<i>KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D)</i>	x	x	x
ENE	Energieffektivitet i bygninger	<i>ENE2.1 Energibehov i bygg</i>	x	x	
	Energibærer	<i>ENE2.2 Levert energi</i>	x	x	x
		<i>ENE2.3 Egenforbruk</i>	x	x	x

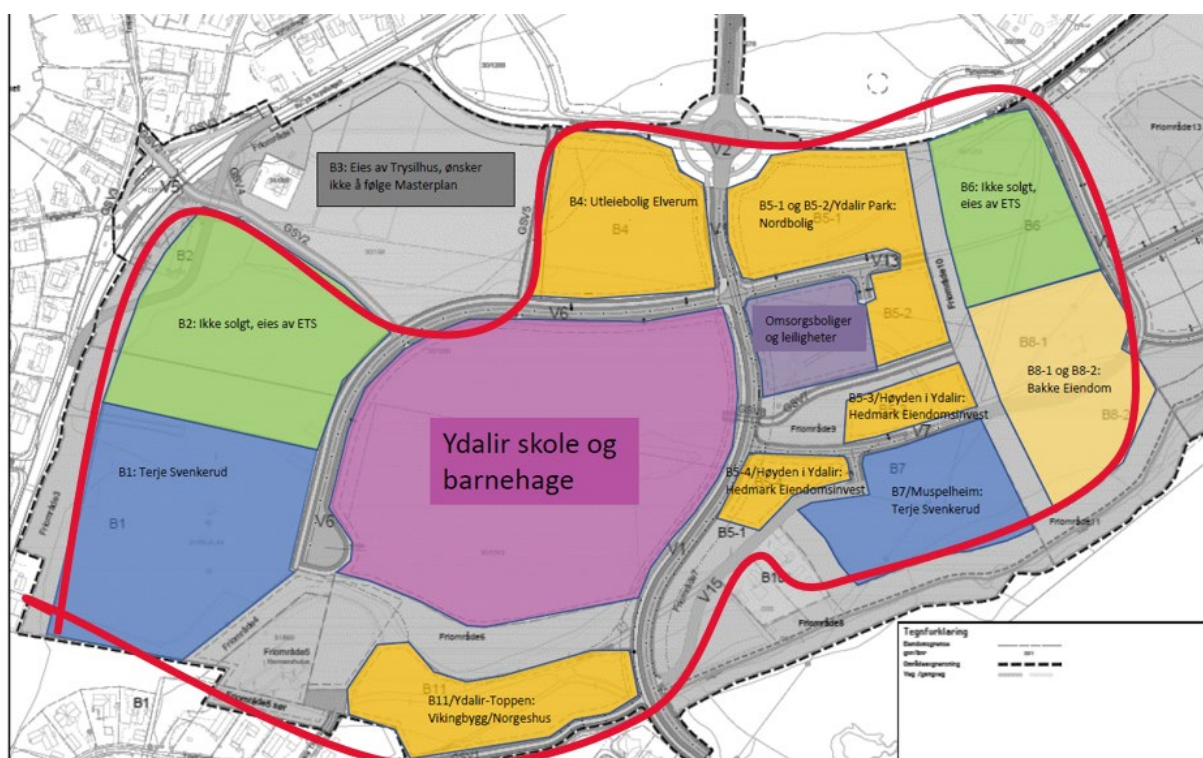
Kategori	Vurderingskriterier	Nøkkelindikatorer (KPI)	1	2	3
		<i>ENE2.4 Netto lastprofiler</i>	x	x	x
		<i>ENE2.5 Fargekodede teppeplott</i>	x	x	x
EFF	Effektytelse	<i>EFF3.1 Maksimal last</i>	x	x	x
		<i>EFF3.2 Maksimal eksport</i>	x	x	x
		<i>EFF3.3 Energibelastning</i>	x	x	x
		<i>EFF3.4 Representative dager</i>	x	x	x
	Lastfleksibilitet	<i>EFF3.5 Endring i levert energi</i>	x	x	x
		<i>EFF3.6 Endring i driftskostnader</i>	x	x	x
		<i>EFF3.7 Endring i Energibelastning</i>	x	x	x
		<i>EFF3.8 Endring i maksimal last</i>	x	x	x
BYF	Tetthet og arealbruksmiks	<i>BYF4.1 Befolkningstetthet</i>	x		
		<i>BYF4.2 Blokketetthet</i>	x		
		<i>BYF4.3 Arealbruksmiks</i>	x		
		<i>BYF4.4 Tilgang til mangfold av fasiliteter</i>	x		
	Bygningslayout	<i>BYF4.5 Boligtype</i>	x		
		<i>BYF4.6 Flerbruks bygningstak</i>	x		
		<i>BYF4.7 Aktive fasader</i>	x		
	Gatenettverk	<i>BYF4.8 Gatetilkoblinger</i>	x		
		<i>BYF4.9 Gatekryss tetthet</i>	x		
		<i>BYF4.10 Sykle- og gangbare gater</i>	x		
	Grønn åpen rom	<i>BYF4.11 Andel grønn åpen rom</i>	x		
		<i>BYF4.12 Andel grønt permeable areal</i>	x		
		<i>BYF4.13 Konservering og planting av trær</i>	x		
MOB	Tilgang	<i>MOB5.1 Tilgang til kollektivtransport</i>	x	x	x
		<i>MOB5.2 Reisetidsforhold</i>	x	x	x
		<i>MOB5.3 Parkeringstilbud</i>	x	x	x
		<i>MOB5.4 Bilhold</i>	x	x	x
	Reisevaner	<i>MOB5.5 Mobilitetsmønster</i>	x	x	x
		<i>MOB5.6 Transportarbeid</i>	x	x	x
	Logistikk	<i>MOB5.7 Vare- og nyttetransport</i>	x	x	x
ØKO	Livsløpskostnader (LCC)	<i>ØKO6.1 Kapitalkostnader</i>	x	x	
		<i>ØKO6.2 Driftskostnader</i>	x	x	x
	Kost-nytte	<i>ØKO6.3 Overordnet ytelse</i>	x	x	x

Det er viktig å merke seg at testingen er utført med antakelser og begrensninger. For det første samler rapporten diverse informasjon, data, publiserte rapporter, artikler og beregninger fra ulike aktører involvert i Ydalir og fra ulike prosjektfaser. Rapporten henviser til kildene hvor beregning av ZEN KPI har blitt gjort. I tillegg har ZEN-forskere gjort egne ZEN KPI-beregninger. KPI-er er testet i ulike prosjektfaser (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase og bruksfase). KPI-resultater presentert i denne rapporten er altså et lappeteppe av ulike resultater og gir et øyeblikksbilde av Ydalir i ulike planfaser. Fordi resultatene er delvis ukomplette, fra ulike prosjektfaser og ikke nødvendigvis er kvalitetssikret, kan de derfor **ikke** sies å gi Ydalir en ZEN referansemåling. Rapporten vurderer **ikke** KPI-resultatene i form av Ydalirs prestasjon som ZEN-område. Formålet med rapporten er å bruke

Ydalir pilotområde som eksempel for å teste ut alle KPI-er i ZEN-definisjonen. Resultatene fra rapporten skal brukes for å utprøve, operasjonalisere og verifisere ZEN-definisjonen og ZEN KPI.

1.1 Om Ydalir

Ydalir er ett av ni pilotområder i FME ZEN. Ydalir ligger 1,5–2 km nordøst for Elverum sentrum i Hedmark fylke og har et samlet tomteareal på ca. 311 401 kvadratmeter. Utviklingen av Ydalir skjer i løpet av 10–15 år og er planlagt ferdigstilt innen 2030. Figur 1 og Tabell 2 gir oversikt over Ydalir pilotområde. Elverum Vekst, gjennom Elverum Tomteselskap AS (ETS), er den største grunneieren i Ydalir og driveren bak utviklingen av området.



Figur 1. Ydalir bydel. Rød ring viser området som omfatter Ydalir pilotområde.

Tabell 2. Oversikt over Ydalir pilotområde, oppdatert fra ZEN rapport nr. 20.

Felt	Eier	Beskrivelse	Byggeår	Tomte-areal [m ²]	Brutto areal [m ²]	Brukere [#]
Grå	Elverum kommune	Gang/sykkelvei	2016	2 393	-	-
	Elverum kommune	Kjørevei	2016	37 731	-	-
	Elverum kommune Ydalir Velforening	Friområde	2016	58 229	-	-
Rosa	Elverum kommune	Ydalir skole	2019	59 766	6 007	280
	Elverum kommune	Ydalir barnehage	2019		1 732	140
Lilla	Elverum kommune	12 omsorgsboliger	2023*	6 738	840	12
	Ydalirtunet AS	12 leiligheter 9 rekkehus	2025*		1 400	24 27
B1 (blå)	Terje Svenkerud	95 småhus	2025*	23 280	9 350	200
B2 (grønn)	ETS – ikke solgt	125 leiligheter	2028*	31 128	12 350	264
B4 (gul)	Utleiebolig Elverum	162 leiligheter	2023*	15 269	3 900	317
B5-1 (gul)	Nordbolig	Ydalir Torg 60 leiligheter	2023*	12 241	5 825	127
B5-2 (gul)	Nordbolig	Ydalir Torg 12 rekkehus	2023*	3 756	1 510	42
B5-3 (gul)	Hedmark Eiendomsinvest	Høyden 24 småhus	2023*	3 715	2 400	51
B5-4 (gul)	Hedmark Eiendomsinvest	Høyden 18 leiligheter	2028*	3 394	1 800	38
B6 (grønn)	ETS – ikke solgt	45 småhus	2028*	13 435	4 500	95
B7 (blå)	Terje Svenkerud	Muspelheim 9 eneboliger 31 småhus	2022/2023 2028*	12 879	4 860 3 200	84
B8-1 (gul)	Bakke Eiendom	30 småhus	2028*	7 878	3 000	63
B8-2 (gul)	Bakke Eiendom	24 småhus	2028*	6 941	2 400	51
B-11 (gul)	Norgeshus/Viking- bygg	Ydalir toppen 60 småhus	2023*	12 628	6 000	127
SUM				311 401	71 074	1 942

* planlagt

2. Klimagasser

Figur 2 viser hvordan ZEN klimagassnøkkelindikatorerne samsvarer med livsløpsmodulene brukt i en livsløpsanalyse. KGU 1.1 består av tre deler:

- KGU1.1a består av bygningskroppen og tilsvarende bygningsdeler 21–29 (NS 3451:2022)
- KGU1.1b består av tekniske systemer og tilsvarende bygningsdeler 31–69 (NS 3451:2022)
- KGU1.1c består av infrastruktur og tilsvarende bygningsdeler 71–79 (NS 3451:2022)

A1-A3 Produktstadiet			A4-A5 Gjennomføringsstadiet		B1-B7 Bruksstadiet						C1-C4 Livsløpets sluttstadiet				D Konsekvenser utover systemgrensen		
A1: Råvarer	A2: Transport	A3: Produksjon	A4: Transport	A5: Anlegg-, bygge- og monteringsarbeid	B1: Bruk	B2: Vedlikehold	B3: Reparasjon	B4: Utskiftning	B5: Ombygging	B6: Energibruk i drift	B7: Vannforbruk i drift	B8: Transport i drift	C1: Riving	C2: Transport	C3: Avfallsbehandling	C4: Avhending	D: Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer eksport av egenprodusert energi
KGU1.1			KGU1.2		KGU1.3			KGU1.1	KGU1.2	KGU1.4	KGU1.5		KGU1.6				KGU1.7

Figur 2. ZEN klimagassnøkkelindikatorerne og livsløpsmodulene.

2.1 Strategisk planleggingsfase

I perioden 2019 til 2022 ble det gjennomført en serie av tidligfase livsløpsanalyser og klimagassberegninger for Ydalir pilotområde [3–8]. Klimagassberegningene er beregnet for en skole (6 474 m²), barnehage (2 140 m²) og 1 000 boliger (100 m² hver).¹ Det ble antatt at det er 2 500 beboere. Energisystemet består av fjernvarme, solceller, CHP-enhet fyrt med flis og elektrisitet fra nettet, og byggene er bygd til passivhusstandard. Det er antatt at 14 % av transport er aktiv (til fots eller sykkel), 67 % er privat (bil) og 19 % er offentlig (bus eller tog). Systemgrensen inkluderer livsløpsmodulene A1–A3, (A4–A5), B4, B6, B8, og D og tilsvarende ZEN KGU KPI:

- KGU1.1 Materialer (A1.A3, B4)
- KGU1.2 Byggefasen (A4–A5)
- KGU1.4 Energibruk i drift (B6)
- KGU1.5 Transport i drift (B8)
- KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D)

Resultatene fra disse studiene bygger på hverandre og viser en metodisk forbedring over tid, se Tabell 3. Lund et al. [3] ble gjennomført i en svært tidlig fase og er en grovberegning som har høye klimagassutslipp fra materialbruk (KGU1.1a) og mobilitet (KGU1.5). Lauselet et al. [5] brukte hybrid LCA som metode som estimerer klimagassutslippene fra materialbruk (KGU1.1a) og energi (KGU1.4). Lauselet et al. [7, 8] er de siste resultatene som ble publisert, og de anses som de mest korrekte i strategisk planleggingsfase. Grunnen til at Lauselet et al. [7] har høyere klimagassutslipp fra mobilitet (KGU1.5) enn Lauselet et al. [8], er at beregningene inkluderer lading av elbiler på Ydalir.

¹ Det er avvik i bruttoareal og antall brukere i strategisk planleggingsfase sammenliknet med Tabell 2 siden det ble gjort noen antakelser om bygningsmassen og antall beboere i denne fasen.

Tabell 3. Klimagassutslippsresultatene for Ydalir området i strategisk planleggingsfase. Resultatene er oppgitt i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^{2\text{BTA}}/\text{år}$.

	Lund et al. [3]	Lausset et al. [5]	Lausset et al. [8]	Lausset et al. [7]
KGU1.1a	4,0	10,4	4	4,5
KGU1.1c	-	-	1,5	1,1
KGU1.2	0,03	2,5	-	-
KGU1.4	1,7	-	2,5	2,2
KGU1.5	14,7	-	14,5	10,1
KGU1.7	-2,5	-	-1,6	-0,3

Gjennomføring av klimagassberegninger i strategisk planleggingsfase er nyttig for planleggere og andre involverte aktører, siden det illustrerer effekten ulike valg vil ha på klimagassutslipp, som for eksempel mobilitetsløsninger og arealets utnyttelsesgrad. Disse tidlige vurderingene kan gi innspill til reguleringsplaner for å minske det totale klimagassutslipp. ZEN KGU KPI resultatene fra strategisk planleggingsfase vil gi noe indikasjon på innsparingspotensialet, fremhever hvilke deler av livsløpet har størst andel av utslipp for å deretter iverksette tiltak for klimagassutslippsreduksjon i implementeringsfasen.

2.2 Implementeringsfase

Tabell 2 viser at Ydalir pilotområdet består av flere tomter i ulike utviklingsfaser. Infrastrukturen – Ydalir skole [9], Ydalir barnehage [10] og noen få eneboliger på felt B7 [11] – er ferdigbygd og i drift, og det planlegges konstruksjon på omsorgsboligene, delfelt B4 [12], og Ydalir Torg [13] i løpet av 2023, avhengig av markedssituasjonen. I Ydalirs Masterplan står det at hver enkelt utbygger er ansvarlig for å levere klimagassregnskap for prosjektet sitt for å vise 50 % reduksjon i klimagassutslipp sammenliknet med en referanse utviklet av Mulitconsult på vegne av Elverum Vekst [14–16]. Det er minimumskrav for å rapportere livsløpsmodulene A1–A3, B4 og B6, som tilsvarer følgende ZEN KGU KPI:

- KGU1.1 Materialer (A1–A3, B4)
- KGU 1.4 Energibruk i drift (B6)
- Man kan også kompensere for klimagassutslippene med eksport av lokalprodusert, fornybar energi i KGU1.7 Fordeler og konsekvenser (D).

Tabell 4. Sammenstilling av klimagassutslippsresultatene for Ydalir pilotområdet så langt i implementeringsfasen. Resultatene er oppgitt i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^{2\text{BTA}}/\text{år}$.

	KGU1.1a	KGU1.2	KGU1.3	KGU1.4	KGU1.5	KGU1.6	KGU1.7
Ydalir barnehage [10]	3,6			4,8	10,7		0
Ydalir skole [9]	2,9			4,9	7,9		0
B4* [12,17]	2,9–3,1	0,17	1,1–1,2	3,3–3,9			- 4,5 – -4,6
Ydalir Torg** [13]	2,05	0,38	0,12	5,07		4,16	-0,72
Muspelheim*** [11]	4,8			9,9			-2,9

* Resultater for TEK og passivhusscenarioer

** Kun rekkehus

*** Kun en enebolig

Når det gjelder ZEN KGU1.1b på klimagassutslipp fra teknisk utstyr, gjennomfører forskningsprosjektet "Grønn VVS" beregninger på Ydalir skole og barnehage. Resultatene var ikke tilgjengelige på studietidspunktet. Per dags dato fins det ingen klimagassberegninger for ZEN KGU1.1c på infrastruktur, men det kan være mulig å hente ut materialinventaret fra "Entreprise 1 – Infrastruktur grunnarbeider" og

"Entreprise 2" for å beregne klimagassutslippene fra infrastruktur retrospektivt. Det er tenkt at resultatene fra ZEN MOB KPI kan brukes til å regne ut klimagassutslipp fra mobilitet for hele området i KGU1.5 i implementeringsfasen.

Klimagassresultatene fra implementeringsfasen på Ydalir viser hvor vanskelig det kan være å framstille klimagassutslippresultatene for et helt område når flere utbyggere har delegert ansvar for å gjennomføre klimagassregnskap på sitt felt. For framtidige prosjekter med flere utbyggere og utbyggingstrinn anbefaler vi derfor å etablere en felles rapporteringsmal slik at klimagassutslippresultatene kan samles inn over tid, ideelt av en prosessleder med et overordnet ansvar for dokumentasjon, og sammenstilles på en enkel måte slik at man får resultater for hele området.

Resultatene fra ZEN KGU KPI-evalueringen på Ydalir viser også hvor viktig det er at alle utbyggere bruker samme omfang for klimagassberegningene sine og gjerne rapportere for hele livsløpet (alle ZEN KGU KPI) slik at det er lettere å framstille resultater for hele området.

2.3 Bruksfase

Per i dag er det ikke gjennomført klimagassberegninger for Ydalir-området i bruksfasen. Først i bruksfasen forventes det at man vil være i stand til å framstille et helhetlig bilde/resultat av klimagassutslipp fra alle deler av nabolaget.

3. Energi

3.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase

ZEN energi nøkkelindikatorerne (ZEN ENE KPI) ble beregnet med PI-SEC Scenario beregningsverktøy [18–20] (et effektivt planleggingsverktøy for energisystemer og energibruk på område- og nabolagsnivå) i 2021 for tre ulike scenarier: et referansescenario med elektrisk varme (EL), et referansescenario med fjernvarme (FV) og et ZEN-scenario [21]. Tabell 5 gir oversikt over scenarioene. Resultatene er fra strategisk planleggingsfase. I tillegg har ZEN ENE KPI nylig blitt beregnet i FLEXOR (et verktøy som tar hensyn til driftsoptimalisering av romoppvarming, varmtvann til husholdningsbruk og elbilladning) med oppdatert informasjon om bygningsmassen og andel elbiler. Det legges også til grunn en endring fra passivhus til TEK17 for energibruk i bygningene med hensyn til siste endringer i Ydalirs Masterplan [22]. Tabell 6 gir oversikt over Flexor referansescenario og ZEN-scenario. Resultatene ble gjennomført i implementeringsfasen. Resultatene fra beregning av ZEN ENE KPI er oppsummert i tabell 7–9, og figur 3–5.

Tabell 5. Scenariobeskrivelser for beregning av ZEN ENE KPI på Ydalir i PI-SEC i strategisk planleggingsfase [21].

	Referansescenario – EL	Referansescenario – FV	ZEN-scenario
Standard	TEK17 – min. krav	TEK17 – min. krav	Passivhus
Energilagring	Ingen	Ingen	Ingen
Energiproduksjon	Ingen	Ingen	PV med 10 kWh/m ² BTA årlig produksjon
Varme	Elkjel	Fjernvarme	Fjernvarme
Kjøling	Elektrisk kjølemaskin	Elektrisk kjølemaskin	Elektrisk kjølemaskin
Mobilitetsvaner	32 % aktiv 9 % offentlig 59 % privat	32 % aktiv 9 % offentlig 59 % privat	32 % aktiv 38 % offentlig 30 % privat
Transportteknologi	50 % av bussene er elektriske i 2035.	50 % av bussene er elektriske i 2035.	100 % av bussene er elektriske i 2035.

Tabell 6. Scenariobeskrivelser for beregning av ZEN ENE KPI på Ydalir i Flexor i implementeringsfasen.

	Referansescenario – EL	ZEN-scenario
Standard	TEK17 – min. krav	TEK17 – min. krav
Energilagring	Ingen	Ingen
Energiproduksjon	Ingen	PV med 10 kWh/m ² BTA årlig produksjon
Varme	Elkjel	Fjernvarme
Kjøling	Ingen	Ingen
Elbil	1 121	1 034
Tariff	Fjordkraft: Strøm til spotpris, 2023 (spotpriser fra 2022). Elvia: Nettleiepriser, 2023	Fjordkraft plusskunde: Strøm til spotpris, 2023 (spotpriser fra 2022). Elvia plusskunde: Nettleiepriser, 2023 Fjernvarme (Eidsiva): Tariff F4, Tariff F3, Tariff FE-1.

Tabell 7. ENE2.1 Energibehov i bygg (kWh/m^{2BRA}/år).

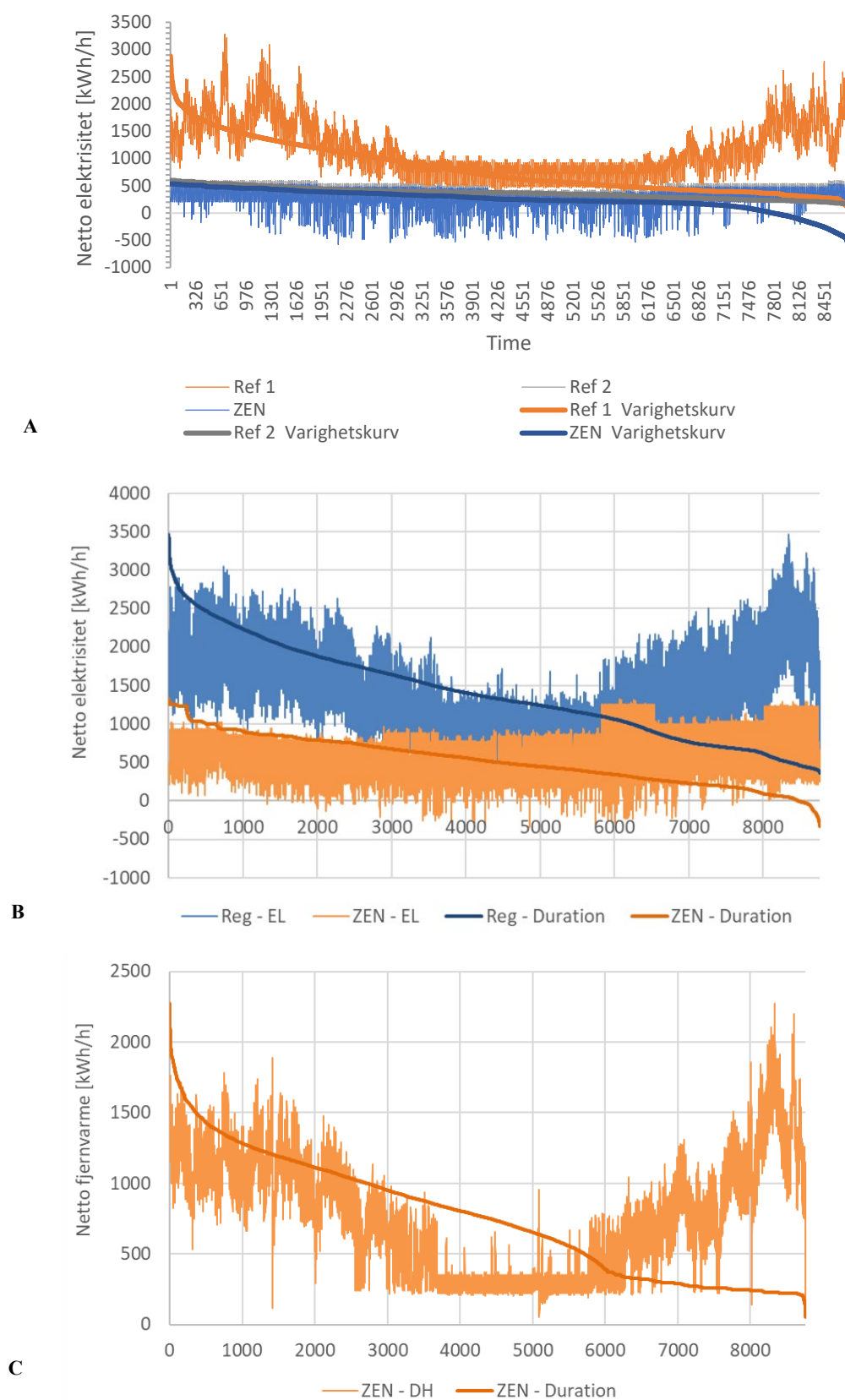
	PI-SEC [21]	Flexor
ZEN-scenario	75	140
Referansscenario	104	140

Tabell 8. ENE2.2 Levert energi (kWh/år).

	PI-SEC [21]	Flexor
ZEN-scenario	-	El: 4 609 288 Fjernvarme: 6 623 924
Referansscenario	-	El: 12 307 328 Fjernvarme: 0

Tabell 9. ENE2.3 Egenforbruk (%).

	PI-SEC[21]	Flexor
Egenforbruk	76 %	95 %

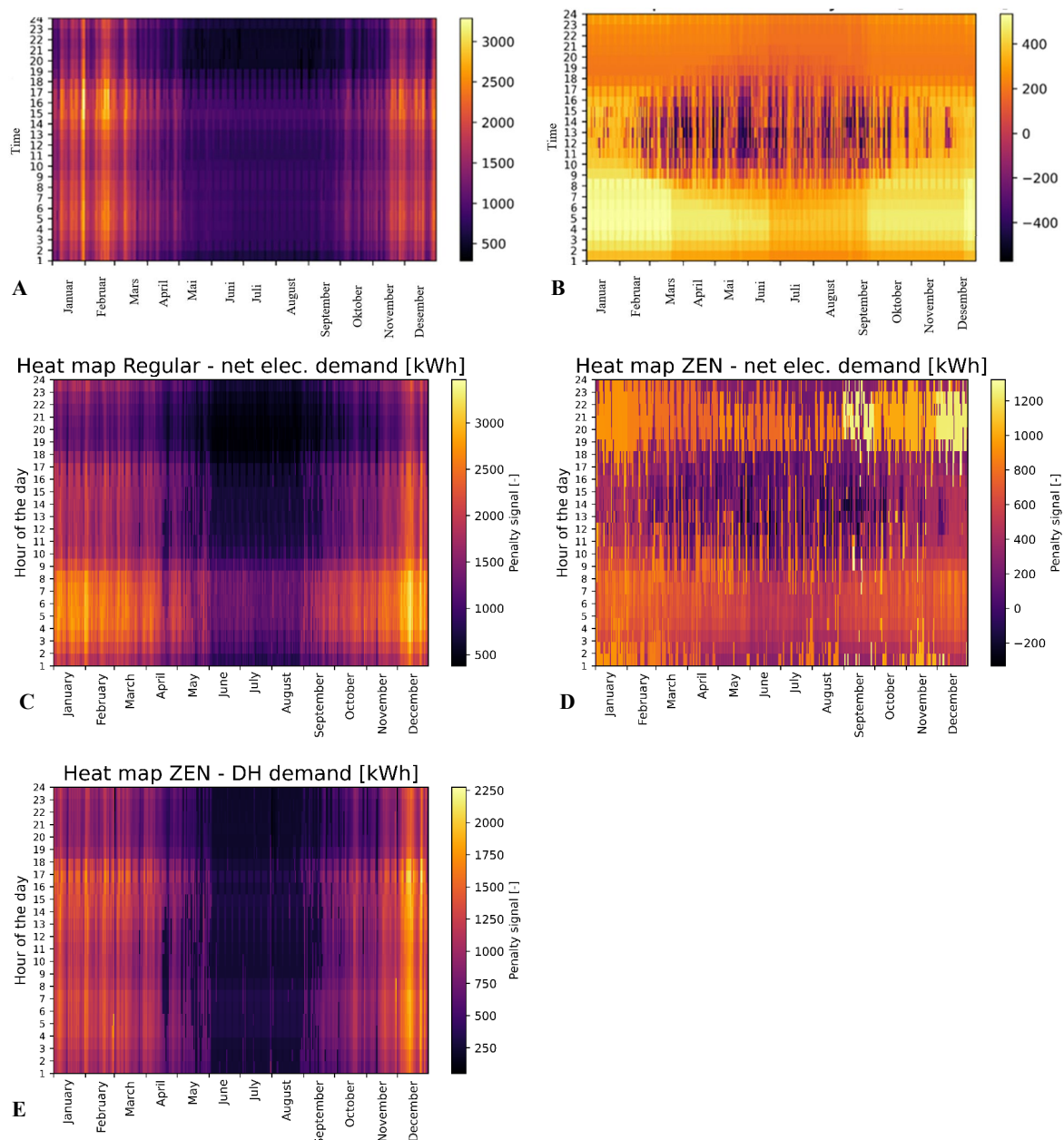


Figur 3. ENE2.4 Netto lastprofiler på Ydalir.

A) Timelastprofiler og varighetskurver for netto elektrisitetsbruk i tidlig planleggingsfase [21].

B) Timelastprofiler og varighetskurver for netto elektrisitetsbruk i implementeringsfase.

C) Timelastprofiler og varighetskurver for netto fjernvarmebruk i ZEN-scenarioet i implementeringsfase.



Figur 4. ENE 2.5 Fargekodete teppeplott for Ydalir.

- A) Teppeplott viser netto elektrisitetsimport i referansescenario (EL) [21].
- B) Teppeplott viser netto elektrisitetsimport i ZEN-scenario [21].
- C) Teppeplott viser netto elektrisitetsimport i referansescenario.
- D) Teppeplott viser netto elektrisitetsimport i ZEN-scenario.
- E) Teppeplott viser netto fjernvarmeimport i ZEN-scenario.

Resultatene viser at det kan være vanskelig å sammenlikne scenarier, spesielt i tilfeller hvor varme er levert av ulike energibærere eller gjennom ulike varmekomponenter. Det er framhevet når det kun er brukt solcellesystemer i et av scenarier. Hvis solceller er inkludert i alle scenarier, bør værprofilen velges forsiktig for å unngå å bruke en værprofil som ikke er representativ. Dette vil gi feilaktige resultater for både ENE og EFF KPI. Den samme værprofilen bør brukes for å beregne bygningens varmebehov og energiproduksjon fra solcelle.

3.2 Bruksfase

Det er per dags dato ikke gjennomført energimålinger for Ydalir-området i bruksfasen.

4. Effekt

4.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase

ZEN effekt nøkkelindikatorene (ZEN EFF KPI) har tidligere blitt beregnet med PI-SEC Scenario beregningsverktøy for tre ulike scenarier: et referansescenario med elektrisk varme (EL), et referanse-scenario med fjernvarme (FV) og et ZEN-scenario [21]. Disse resultatene er gjennomført i strategisk planleggingsfase. I tillegg har ZEN EFF KPI nylig blitt beregnet i FLEXOR og PROFet [23–25] med oppdatert informasjon om bygningsmassen og andel elbiler. Det legges også til grunn en endring fra passivhus til TEK17 for energibruk i bygningene i henhold til siste endringer i Ydalirs Masterplan. De nyere beregningene inkluderer også ZEN EFF KPI på lastfleksibilitet og er gjennomført i implementeringsfasen.

Referansescenarioet og ZEN-scenarioet er oppdatert for å beregne ZEN EFF KPI på timebasis for fleksibel drift ved å bruke beregningsverktøyene PROFet og FLEXOR. Forskjellen mellom disse scenarioene er relatert til varmeteknologi (direkte elektrisitet vs. fjernvarme), installasjon av solceller (null versus 10 kWh/m^{2BRA}) og antall elbilladere. I tillegg trenger EFF3.5–EFF3.8 på lastfleksibilitet egne referanse- og ZEN-scenarier for å beregne mulig energifleksibilitet i drift. For eksempel: Hvis bygninger kan svare på eksterne signaler som endringer i strømpriser, er de sett som optimale. Hvis bygninger ikke kan svare på eksterne signaler, er de sett som ikke-optimale. Referansescenarioet er beregnet som ikke-optimalt, mens ZEN-scenarioet er beregnet som optimalt, det vil si forskjell mellom ZEN optimal og ikke-optimal (ZENOpt – ZENnOpt), forskjell mellom referanse optimal og ikke optimal elektrisitet (RefOpt – RefnOpt (EL)), og forskjell mellom referanse optimal og ikke optimal fjernvarme (RefOpt – RefnOpt (FV)).

Den elektriske og termiske spesifikke energibehovsprofilen er beregnet ved bruk av PROFet. PROFet er beregningsverktøy for aggregert lastprofil som kan forutsi lastprofiler på timebasis for både elektrisk og termisk behov [26]. PROFet er utviklet basert på historisk energibruksdata fra over to millioner kvadratmeter oppvarmet bruksareal i Norge, for elleve ulike type bygningskategorier (boliger, leiligheter, kontorbygg, skole osv.) og tre energieffektivitetsnivåer (eldre eksisterende bygg, energieffektive bygg og veldig energieffektive bygg). Inngangsdata inkluderer temperaturprofil og kvadratmeter for hver bygningstype inkludert i analysen. Metoden er beskrevet i mer detalj i [23, 24, 27].

Potensialet for energifleksibilitet i bygningsmassen er beregnet i FLEXor. FLEXor er en optimeringsmodell for dynamisk drift av oppvarming og tjenestekomponenter i bygninger. Modellen kan blant annet beregne driftsforhold som innendørs- og bygningskroppstemperaturer, energibruk av varmforsyningskomponenter, lagringskomponenter, energiproduksjon fra solceller og lading av elbiler. Modellen tillater dynamiske tariffier for elektrisitet, fjernvarme og andre drivstoff som muliggjøre beregning av potensialet for prisbasert energifleksibilitet.

Installasjon av solceller er beregnet i PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) [28], et nettbasert verktøy som beregner solstråling og energiproduksjon fra solceller. Beregnet installasjonskapasitet i ZEN-scenarioet er på 818 kWp for hele området. Årlig strømbehov for gatelys er på 8 MWh. Andelen elbilladere i referansescenarioet er basert på tabell 1.11 i BYplan 2030 [29], mens ZEN-scenarioet tar utgangspunkt i Ydalir Masterplan Del 2 [22]. Tabell 10 gir en oppsummering for elbilladere i Ydalir. Lastprofilen på timebasis for elbiler og ladekapasitetsprofil er beregnet i en elbilprofil-generator som er beskrevet nærmere i [30]. ZEN EFF KPI-resultater er oppsummert i tabellene 11–17 og Figur 5.

Tabell 10. Oppsummering av referansescenario og ZEN-scenario for elbilladere i Ydalir.

Bygningstype	Enheter	Parkeringsplasser per enhet	Andel elbilladere	Antall elbilladere
Referansescenario				
Enebolig og frittliggende småhus	318	2	100 %	636
Rekkehus	21	1,5	100 %	32
Lavblokk/høyblokk	377	1,2	100 %	453
ZEN-scenario				
Boenhet under 55m ² BRA	162	0,5	100 %	81
Boenhet over 55m ² BRA	554	Enebolig: 2 Rekkehus:1 Lav/høyblokk:1	100 %	872

Tabell 11. EFF3.1 Maksimal last (kWh/h).

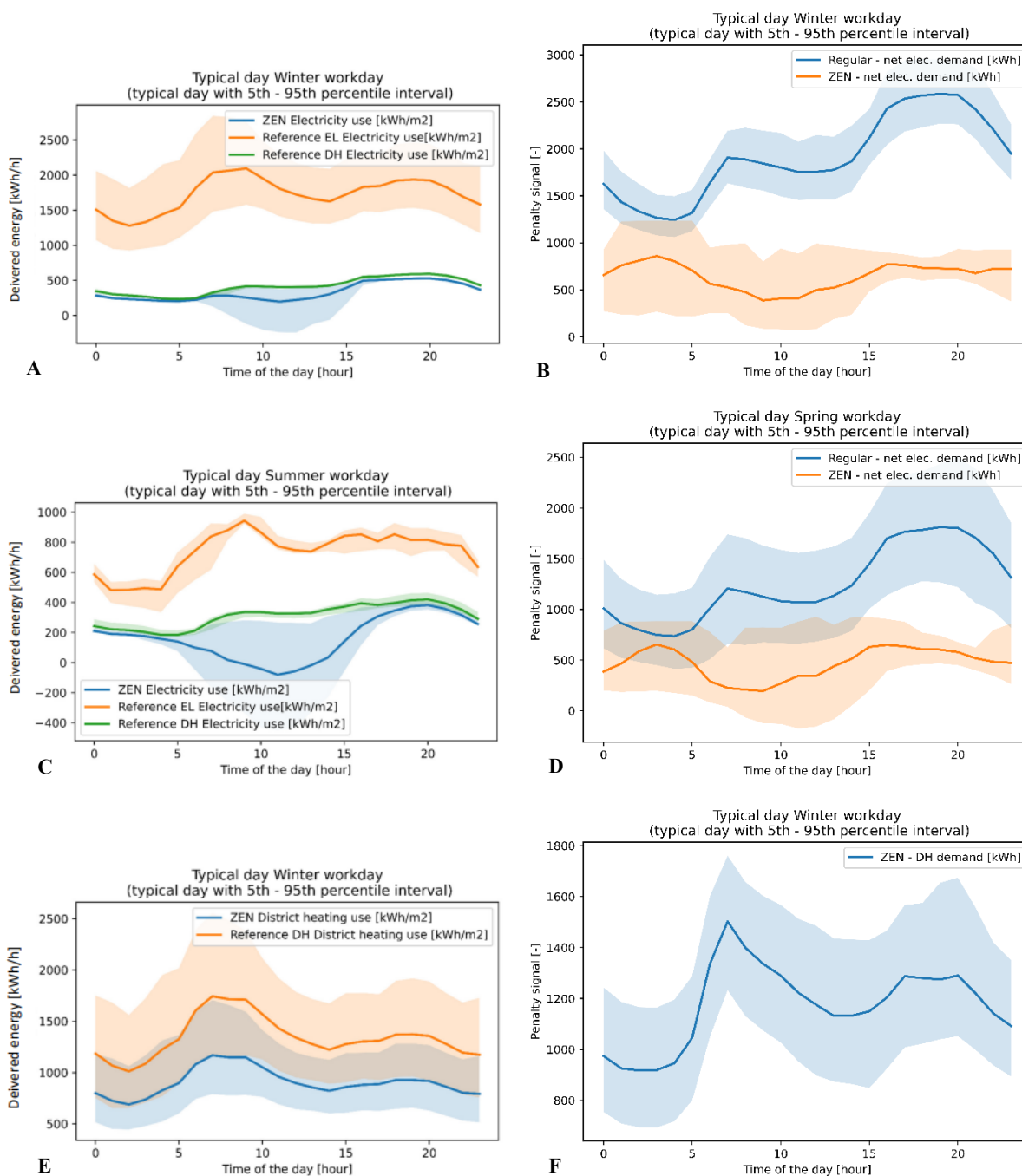
		PI-SEC. [21]	Flexor
Elektrisitet	ZEN-scenario	534	1 322
	Referansescenario (EL)	3 285	3 465
	Referansescenario (FV)	599	-
Fjernvarme	ZEN-scenario	1 953	2 274
	Referansescenario (EL)	0	0
	Referansescenario (FV)	2 934	-

Tabell 12. EFF3.2 Maksimal eksport (kWh/h).

		PI-SEC [21]	Flexor
Elektrisitet	ZEN-scenario	-573	-338
	Referansescenario (EL)	-	-
	Referansescenario (FV)	-	-
Fjernvarme	ZEN-scenario	-	-
	Referansescenario (EL)	-	-
	Referansescenario (FV)	-	-

Tabell 13. EFF3.3 Energibelastning (kWh/år).

		PI-SEC [21]	Flexor
Elektrisitet	ZEN-scenario	-	702 194
	Referansescenario (EL)	-	2 352 201
	Referansescenario (FV)	-	-
Fjernvarme	ZEN-scenario	-	1 251 213
	Referansescenario (EL)	-	-
	Referansescenario (FV)	-	-



Figur 5. EFF3.4 Representative dager på Ydalir.

- A) Typisk netto levert elektrisitet på vinter arbeidsdag i strategisk planleggingsfase [21].
- B) Typisk netto levert elektrisitet på vinter arbeidsdag i implementeringsfase.
- C) Typisk netto levert elektrisitet på sommer arbeidsdag i strategisk planleggingsfase [21].
- D) Typisk netto levert elektrisitet på vår arbeidsdag.
- E) Typisk fjernvarme energibruk på en vinter arbeidsdag i strategisk planleggingsfase [21].
- F) Typisk fjernvarme energibruk på en vinter arbeidsdag i implementeringsfase.

Tabell 14. EFF3.5 Endring i levert energi (kWh/år).

		Flexor
Elektrisitet	ZENOpt – ZENnOpt	32
	RefOpt – RefnOpt (EL)	114 676
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-
Fjernvarme	ZEN-scenario	12 815
	Referansescenario (EL)	-
	Referansescenario (FV)	-

Tabell 15. EFF3.6 Endring i driftskostnader (NOK/ år).

		Flexor
Elektrisitet	ZENOpt – ZENnOpt	-898 666
	RefOpt – RefnOpt (EL)	-1 466 998
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-
Fjernvarme	ZENOpt – ZENnOpt	-37 807
	RefOpt – RefnOpt (EL)	-
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-

Tabell 16. EFF3.7 Endring i energibelastning (kWh/år).

		Flexor
Elektrisitet	ZENOpt – ZENnOpt	-202 534
	RefOpt – RefnOpt (EL)	-352 327
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-
Fjernvarme	ZENOpt – ZENnOpt	-183
	RefOpt – RefnOpt (EL)	-
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-

Tabell 17. EFF3.8 Endring i maksimal last (kWh/h).

		Flexor
Elektrisitet	ZENOpt – ZENnOpt	-135
	RefOpt – RefnOpt (EL)	46
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-
Fjernvarme	ZENOpt – ZENnOpt	-28
	RefOpt – RefnOpt (EL)	-
	RefOpt – RefnOpt (FV)	-

Fleksibel drift av bygninger er typisk styrt av energipriser. Basert på de erfaringene vi har gjort med evaluering av EFF KPI, ser vi at det er viktig å sette opp alle komponentene som fører til en sluttpris for konsumenten i modellen, inkludert gridtariffer. Det gjelder spesielt effektledtariffer i Norge, hvor tariffer er beregnet basert på timer med høyest behov i måneden eller annet tidsrom, noe som har stor påvirkning på fleksibilitet. Modellen bør oppdateres for å inkludere disse. I tillegg bør man vurdere ulike tariffer for boliger versus kommersielle bygninger, og at spesielle vilkår kan gjelde bygninger med solcellesystemer.

Som nevnt i energidelen over, kan sammenlikningen mellom scenarioer med ulike varmeleverings-systemer være vanskelig. I eksemplet vi regnet gjennom for Ydalir, fins det betydelige reduksjoner i spisslaster og energistress på strømmettet mellom ZEN- og referansescenarioene. I stedet opplever vi økninger i spisslastene og energistressen i fjernvarmenettet. Videre er tariffene til disse nettene forskjellige, og dermed kan den fleksible driften av bygningsmassen være forskjellig.

Etter hvert som andelen av elbiler øker, vil elbiler bli viktigere for energibehovet og fleksibel drift av bygningsmassen i et nabolag. Antallet elektriske kjøretøyer som forventes, bør estimeres nøye samt hvordan styringsmekanismer kan brukes til å optimalisere ladingen basert på strømpriser og på produksjon fra PV på stedet.

4.3 Bruksfase

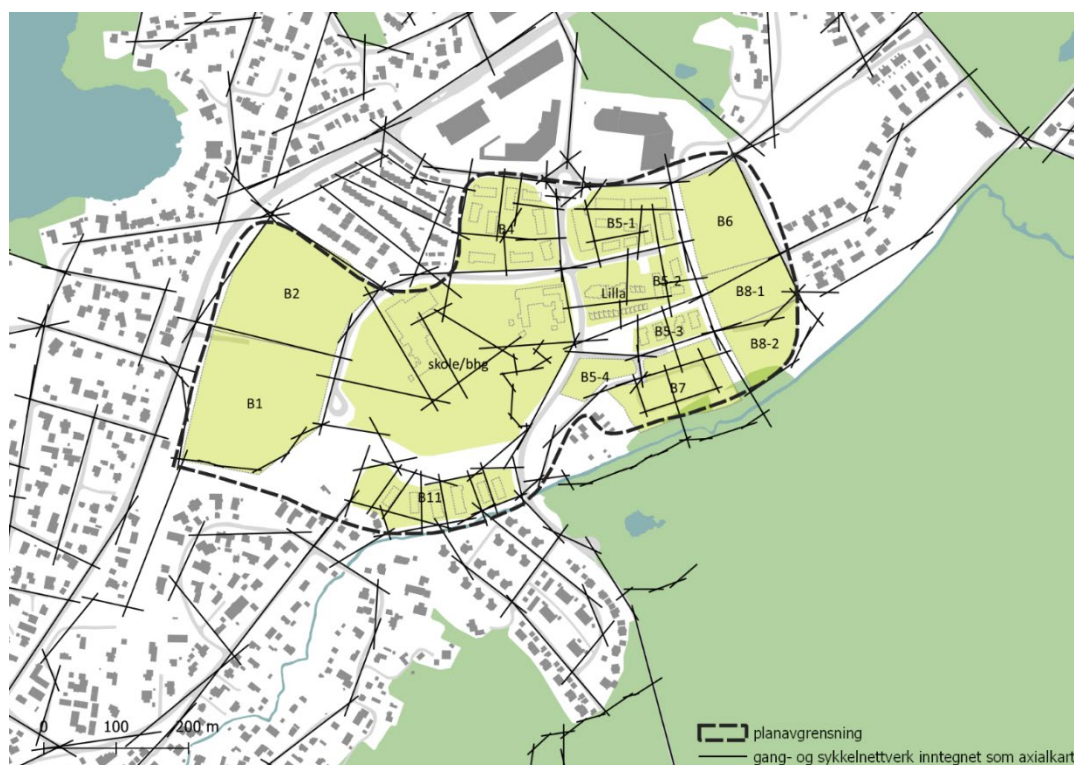
Per i dag er det ikke gjennomført effektmålinger for Ydalir-området i bruksfasen.

5. Byform og arealbruk

Byform og arealbruk (BYF) refererer til romlig struktur, arealbruksmønstre, formen på bygninger, gatenettverk og åpne offentlige rom. ZENs BYF KPI er utvalgt fordi de bidrar til å redusere klimagassutslipp, men også fordi de har tilleggsfordeler som bedre livskvalitet, klimatilpasning, biologisk mangfold, helse og sosial rettferdighet og er resultat av et arbeid som har pågått siden 2017 [31, 32]. ZEN BYF KPI gjelder for systemgrensenivå for områdevurdering. De tretten nøkkelindikatorerne er delt inn i fire vurderingskriterier: tetthet og arealbruksmiks, bygningslayout, gatenettverk og grønt åpent rom, se Tabell 2.

5.1 Strategisk planleggingsfase

Underlaget for beregninger av BYF KPI er en GIS-modell av Elverum kommune, oppbygd av geodata mottatt fra kommunen 13.01.2023. Planavgrensning og arealavgrensninger for byggefeltene fra Ydalir masterplan er lagt inn og supplert med informasjon fra reguleringsplaner for byggefeltene som har kommet lengre i planleggingen – dette gjelder B4, B5-1, B5-2, B5-3, B11 og Lilla (se Figur 1). De øvrige byggefeltene er inndelt i mindre enheter på 50 m x 50 m for å synliggjøre variasjoner innenfor hvert felt i analysene. Gang- og sykkelnettverk ble inntegnet som såkalte axialkart basert på informasjon tilgjengelig i masterplan, reguleringsplaner og fra ortofoto, se Figur 6 [14, 22]. Data på bruttoareal og antall brukere (beboere og ansatte) innenfor hvert byggefelt er basert på informasjon mottatt fra Elverum kommune (Se tabell 2). En rapport med detaljert metodebeskrivelse for bruk av GIS-baserte metoder for kartlegging og beregning er under arbeid og vil bli publisert i løpet av 2023. Anvendt GIS-programvare er QGIS (QGIS Development Team, 2022) [33], og de konkrete analysene er gjort med Place Syntax Tool (PST) (<https://www.smog.chalmers.se/pst>). ZEN BYF KPI-resultater vises i tabellene 18–24 og figurene 6–13.



Figur 6. Utsnitt fra GIS-modell med planavgrensning, byggefelt og gang- og sykkelnettverk i Ydalir.

For BYF4.1. Befolkningstetthet beregner samlet antall beboere og arbeidsplasser innen en gåavstand på 1 km.

Tabell 18. BYF4.1. Befolkningstetthet for byggefelt og planområde.

Byggefelt	Antall enheter	Laveste	Høyeste	Gjennomsnitt	Median	Standardavvik
B1	20	3 138	3 847	3 467,5	3 421,5	207,8
B2	21	3 293	3 909	3 474,3	3 427,0	156,0
B4	9	3 173	3 232	3 196,1	3 198,0	16,6
B5-1	9	3 054	3 163	3 102,8	3 097,0	32,6
B5-2	3	2 930	3 027	2 983,0	2 992,0	40,1
B5-3	4	2 867	2 979	2 924,5	2 926,0	39,6
B5-4	6	2 702	3 091	2 888,8	2 873,5	139,7
B6	12	2 739	3 042	2 900,4	2 887,5	88,7
B7	12	2 606	2 871	2 743,5	2 754,0	91,8
B8-1	9	2 591	2 927	2 785,6	2 842,0	105,0
B8-2	9	2 419	2 759	2 611,4	2 617,0	103,7
B11	6	2 971	3 039	3 000,5	2 997,5	20,1
Lilla	17	3 000	3 122	3 064,2	3 070,0	31,9
Gjennomsnitt for planområdet		2 419	3 909	3 079,9	3 064,5	305,1



Figur 7. BYF4.1 Befolkningstetthet for Ydalir og tilstøtende områder.

Tabell 19. BYF4.2 Blokketthet (tomteutnyttelse) for byggefelt og planområde.

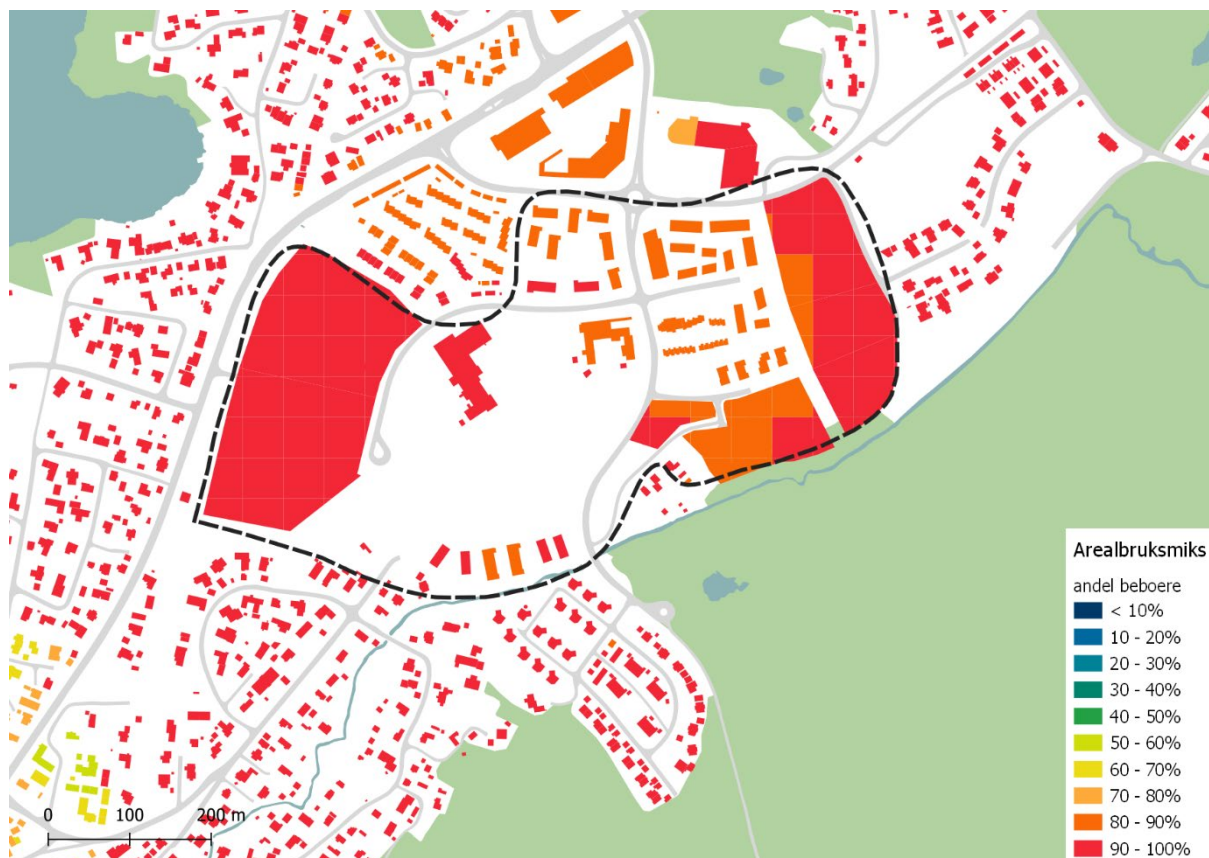
Byggefelt	Tomteareal (m ²)	Bruttoareal (m ²) ²	Blokketthet
B1	23 280	9 250	40 %
B2	31 128	12 350	40 %
B4	15 269	3 900	26 %
B5-1	12 241	5 825	48 %
B5-2	3 756	1 510	40 %
B5-3	3 715	2 400	65 %
B5-4	3 394	1 800	53 %
B6	13 435	4 500	34 %
B7	12 879	4 860	38 %
B8-1	7 878	3 000	38 %
B8-2	6 941	2 400	35 %
B11	12 628	6 000	48 %
Lilla	6 738	2 240	33 %
Gjennomsnitt for planområdet			39 %

BYF4.3 Arealbruksmiks omhandler balansen mellom beboere og arbeidere innenfor området. Ydalir har en høy andel beboere siden området i hovedsak består av boliger (se Tabell 20).

Tabell 20. BYF4.3 Arealbruksmiks for byggefelt og planområde.

Byggefelt	Antall enheter	Laveste	Høyeste	Gjennomsnitt	Median	Standardavvik
B1	20	91,7 %	99,7 %	95,5 %	95,5 %	0,019
B2	20	90,8 %	97,8 %	93,1 %	93,1 %	0,018
B4	9	84,8 %	90,5 %	87,9 %	87,7 %	0,019
B5-1	9	87,9 %	89,0 %	88,6 %	88,5 %	0,003
B5-2	3	87,5 %	89,4 %	88,4 %	88,4 %	0,008
B5-3	4	87,6 %	89,9 %	88,6 %	88,4 %	0,008
B5-4	6	89,0 %	91,1 %	89,9 %	89,9 %	0,007
B6	12	87,7 %	93,1 %	90,7 %	91,3 %	0,018
B7	12	88,7 %	92,6 %	90,4 %	89,9 %	0,014
B8-1	9	87,6 %	93,7 %	91,3 %	91,9 %	0,021
B8-2	9	90,9 %	97,6 %	92,5 %	91,9 %	0,019
B11	6	89,7 %	94,2 %	91,8 %	91,3 %	0,018
Lilla	17	88,7 %	89,9 %	89,4 %	89,5 %	0,004
Gjennomsnitt for planområdet		84,8 %	99,7 %	91,3 %	91,1 %	0,027

² Merk at det i denne utregningen er benyttet bruttoareal (BTA) siden dette var tilgjengelig data ved tidspunkt for datainnsamling. Blokketthet beregnet for bruksareal (BRA) vil ligge lavere enn resultater i denne tabellen.



Figur 8. BYF4.3 Arealbruksmiks for bygninger/felter innenfor Ydalir masterplan.

For BYF4.4 vurderes tilgang til et mangfold av fasiliteter. Fasilitetene deles inn i fem grupper: lokal kollektivtransport, rask regional transport, opplæringsinstitusjoner, lokale serviceklynger og grønt åpent offentlig rom.

Tabell 21. BYF4.4 Tilgang til mangfold av fasiliteter.

Fasilitet	Tilgang (prosent av beboerne og arbeiderne innen 1 km gangavstand)
Lokal kollektivtransport (busstopp)	100 %
Rask regional kollektivtransport (togstasjon)	0 %
Opplæringsinstitusjoner (skoler og barnehager)	100 %
Lokal serviceklynge	100 %
Grønt åpent offentlig rom	100 %



Figur 9. BYF4.4 Tilgang til mangfold av fasiliteter. Tilgjengelighet til urbane attraksjoner for Ydalir og tilstøtende områder.

BYF4.5 Boligtype beregner andel eneboliger/tomannsboliger innenfor et område. For Ydalir er denne andelen relativt høy, 47 % for området (se Tabell 22).

Tabell 22. BYF4.5 Boligtype. Andel eneboliger og tomannsboliger av alle boligtyper for byggefelt og planområde.

Byggefelt	Antall småhus	Totalt antall boliger	Andel småhus
B1	95	95	100 %
B2	0	125	0 %
B4	0	162	0 %
B5-1	0	60	0 %
B5-2	12	12	100 %
B5-3	24	24	100 %
B5-4	0	18	0 %
B6	45	45	100 %
B7	40	40	100 %
B8-1	30	30	100 %
B8-2	24	24	100 %
B11	60	60	100 %
Lilla	9	33	27 %
Gjennomsnitt for planområdet	339	728	47 %

Når det gjelder BYF4.6 Flerbruks bygningstak, kan andel av takflater som tilrettelegges for energi-produksjon i form av solceller ikke beregnes på dette stadiet i prosjektet. Masterplan for Ydalir legger opp til at det skal kunne installeres solceller på tak. Utdrag fra Ydalir Masterplan Del 2 – versjon 4:

Alle bygninger bør ha saltak/pulttak som et sammenbindende tema formmessig, men som også gir et godt utgangspunkt for bruk av tre og for installasjon av solceller. Variasjon i vinkel, asymmetri, brudd for terrasser etc. tillates (s. 7).

For BYF4.7 Aktive fasader, beregnes andelen aktive bygningsfasader som følge av inngangstetthet, funksjonsmiks og fasadetransparens langs hovedgater gjennom eller i et område. Ydalir er et område dominert av boligbebyggelse, og grunnet lav inngangstetthet og funksjonsmiks vil fasadelinjer for området havne i kategori E (i henhold til tabell 39 i [1]).

For KPI BYF4.8 Gatetilkoblinger kartlegges forbindelsene prosjektet har til omkringliggende områder via direkte ruter, særlig for gange og sykling. Gatetilkobling vurderer avstanden til omkringliggende områder samt antall gater som har forbindelse til området. For Ydalir skaper planens gatenett gode koblinger til omkringliggende områder (se Figur 10).



Figur 10. BYF4.8 Gatetilkoblinger. Gatetilkoblinger vist som "Network Integration" med radius 7 for Ydalir og tilstøtende områder [31].

BYF4.9 Gatekryss beregnes som gjennomsnittlig avstand mellom gatekryss innenfor planområdet. Avstand mellom gatekryss for Ydalir ligger lavere enn 150 m innenfor planområdet.

Enkelte strekninger innenfor planområdet har høyere fartsgrense enn 30 km/t (se Figur 11) og oppnår derfor ikke kriteriene definert for sykle- og gangbare gater for KPI BYF4.10 (i henhold til tabell 44 i ZENs definisjonsrapport).



Figur 11. BYF4.10 Sykle- og gangbare gater. Fartsgrenser for gater innenfor Ydalir masterplan og i tilstøtende områder.

Både andel grønt åpent rom KPI BYF4.11 og grønt permeabelt areal KPI BYF4.12 ligger høyt for planområdet (se Tabell 23 og Tabell 24).

Tabell 23. BYF4.11 Andel grønt åpent rom

Areal planområde + bufferområde (m ²)	Areal grønt rom (m ²)	Andel grønt rom
2 170 540	702 582	32 %

Tabell 24. BYF4.12 Andel grønt permeabelt areal. Andel grønt permeabelt areal for byggefelt og planområde

Byggefelt	Tomteareal (m ²)	Permeabelt areal (m ²)	Andel permeabelt areal
B1	-	-	-
B2	-	-	-
B4	15 269	2 950	19 %
B5-1	12 241	3 579	29 %
B5-2	3 756	1 652	44 %
B5-3	3 715	1 826	49 %
B5-4	-	-	-
B6	-	-	-
B7	12 879	1 169	9 %
B8-1	-	-	-
B8-2	6 941	735	11 %
B11	12 628	1 504	12 %
Lilla	-	-	-
Skole/barnehage	59 766	30 639	51 %
Gjennomsnitt for planområdet*	133 933	45 983	34 %

* Kun byggefelt med inntegnede bygninger og grøntområder inngår i utregnet gjennomsnittsverdi. Gjennomsnittsverdi for planområdet vil dermed trolig ligge høyere.



Figur 12. BYF4.12 Andel grønt permeabelt areal. Permeable flater innenfor Ydalir masterplan

For BYF4.13 Konservering og planting av trær foreligger det ingen overordnet plan for konservering og planting av trær for Ydalir masterplan.

KPI for byform og arealbruk har blitt definert med utgangspunkt i bykvaliteter av betydning for klimagassutslipp og attraktivitet i en urban kontekst, for eksempel befolkningstetthet, arealbruksmiks og boligtype. Bydeler som Ydalir, som domineres av boliger og har en høy andel eneboliger/tomannsboliger, vil dermed ha vanskeligheter med å oppnå grenseverdier som lettere oppnås i mer tettbygde byområder. Dette kommer til uttrykk ved beregning av flere KPI-er, blant annet BYF4.1 Befolknings-tetthet, BYF4.2 Blokketthet, BYF4.3 Arealbruksmiks, BYF4.5 Boligtype og BYF4.7 Aktive fasader. Ikke alle KPI-er er like relevante for de ulike prosjektfasene: For BYF4.6 Flerbruks bygningstak bør det for eksempel vurderes om det er sannsynlig at det foreligger tilstrekkelig informasjon til å beregne denne KPI-en i strategisk planleggingsfase. Når det gjelder beregning av areal i BYF4.2 Blokketthet, er det mulig at bruttoareal (BTA) er en bedre enhet å benytte enn bruksareal (BRA) slik KPI har vært definert, siden det er lite sannsynlig at utbyggere og planleggere har kjennskap til BRA i tidlig planleggingsfase.

6. Mobilitet

ZEN MOB KPI er utviklet basert på de to boligprosjektene Zero Village Bergen (ZVB) [34] og Montana [35]. Disse indikatorene er utviklet for boligprosjekter, og dekker ikke andre typer arealbruk. Beregningene for Ydalir er basert på informasjon fra prosjektets Masterplan, gjeldende parkeringsnorm for Elverum kommune og tilrettelagte resultatuttak for Hedmark fra Nasjonal reisevaneundersøkelse (NRVU 2018). Disse kildene er benyttet som input for å beskrive mobilitetsrelaterte forhold for henholdsvis Referanse- og ZEN-scenario for boligdelen av Ydalir.

6.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase

For MOB5.1 Tilgang til kollektivtransport, så avgjøres spørsmålet om hvorvidt kollektivtransport er et reelt alternativ eller ikke for reisende i stor grad av avstand til holdeplass og antall avganger fra holdeplassen. I den nasjonale reisevaneundersøkelsen benyttes det en femtrinnskala fra svært god til svært dårlig. Klassifiseringen er basert på avstand fra området til stasjon/holdeplass som vanligvis brukes, og frekvensen på avganger fra stasjon/holdeplass på hverdager. I ZENs definisjon benyttes den samme skalaen, men kravene for respektive kategorier er noe justert ved at det er lagt til en ekstra avstandsdifferensiering for de med avstand under én kilometer. Dette er gjort for bedre å fange opp forskjeller i tettbygde strøk, se Tabell 25.

Tabell 25. MOB5.1 Tilgang til kollektivtransport, poeng (1 = svært dårlig, 5 = svært godt).

Avstand til holdeplass	< 0,5 km	0,5–1 km	1–1,5 km	> 1,5 km
Hypighet, avganger				
Minst 4 i timen	5	4	3	1
2–3 i timen	4	3	2	1
1 i timen	3	2	1	1
Sjeldnere	1	1	1	1



Figur 13. MOB5.1 Oversikt Ydalir og målpunkt.

Kun basert på avstand til og antall avganger fra kollektivholdeplasser ved Ydalir, vil skalaen over gi en poengsum på 2–3 for Ydalir. Dette er i nedre del av skalaen fra 1 til 5. Basert på samlede reisetider og

total avstand til naturlige målepunkter i Elverum, er kollektivtransport ikke et reelt alternativ fra Ydalir. De aktuelle målepunktene i Elverum samt lokalisering til aktuell holdeplass for kollektivtransport er vist i Figur 13.

Når det gjelder MOB5.2 Reisetidsforhold, er konkurranseforholdet mellom ulike transportformer ofte avgjørende for hvordan man velger å reise. Reisetid til tre naturlige målepunkter i Elverum fra tre forskjellige punkter i Ydalir er kartlagt og oppgitt i minutter for gange, sykkel og bil, se Tabell 26. Kollektivtransport er inkludert i tabellen, men det er ikke beregnet reisetidsforhold mot bil. Det skyldes at avstand til holdeplass, antall avganger fra holdeplass og andel av samlet distanse det er mulig å gjennomføre med kollektivtransport, gjør at dette ikke er et reelt alternativ på de aktuelle reise-relasjonene for beboere på Ydalir.

Tabell 26. MOB5.2 Reisetidsforhold mellom bil og alternative reisemåter på aktuelle relasjoner.

Reisetidsforhold til bil og reisetider i minutter (hentet fra Google maps, kl. 10)					
Bil	Kiwi Ydalir		Amfi/Torg		Skysstasjon
Ydalir vest	1,0	2 min	1,0	3 min	1,0 4 min
Ydalir skole/bhg	1,0	1 min	1,0	4 min	1,0 5 min
Ydalir øst	1,0	2 min	1,0	4 min	1,0 5 min
Gange	Kiwi Ydalir		Amfi/Torg		Skysstasjon
Ydalir vest	4,0	8 min	5,7	17 min	6,8 27 min
Ydalir skole/bhg	4,0	4 min	5,8	23 min	6,6 33 min
Ydalir øst	2,5	5 min	6,0	24 min	6,8 34 min
Sykkel	Kiwi Ydalir		Amfi/Torg		Skysstasjon
Ydalir vest	1,5	3 min	1,7	5 min	1,8 7 min
Ydalir skole/bhg	2,0	2 min	1,8	7 min	1,8 9 min
Ydalir øst	1,0	2 min	1,8	7 min	1,8 9 min
Kollektiv	Kiwi Ydalir		Amfi/Torg		Skysstasjon
Ydalir vest	Ikke relevant		Ikke relevant		Ikke relevant
Ydalir skole/bhg	Ikke relevant		Ikke relevant		Ikke relevant
Ydalir øst	Ikke relevant		Ikke relevant		Ikke relevant

Forutsetningene for MOB 5.3 Parkeringstilbud er oppsummert i Tabell 27. ZEN-scenarioet forutsetter 1,33 parkeringsplasser per boligenhet i Ydalir. Dette er 15 % lavere enn i referansescenarioet.

Tabell 27. Scenario-forutsetninger, sammenstilt og avledet fra Tabell 10 i effektkapitlet

	Bolig- enheter	Parkerings- plasser per boligenhet	Andel p-plasser med lader for EV	Antall parkerings- plasser	Antall EV-ladere
Referansescenario	716	1,57	100 %	1 121	1 121
ZEN-scenario	716	1,33	100 %	953	953

I henhold til informasjon fra prosjekteier opplyser utbygger at de har avtale med Ohmia Charging om gratis elbilladingsinfrastruktur for Ydalir, og at de er pålagt å legge til rette for ladeinfrastruktur på alle faste parkeringsplasser (bortsett fra gjesteparkering) i alle utbyggingsprosjekter. Det blir deretter opp til beboerne å velge abonnement og å installere elbilladere selv. Det vil si at det ikke er noen forskjell mellom referanse- og ZEN-scenarioet når det gjelder ladetilbud for beboerne i Ydalir.

For MOB5.4 Bilhold, og i henhold til data fra NRVU 2018, ligger gjennomsnittlig bilhold i Hedmark fylke på 1,63 biler per husstand (uvektet). Med planlagt parkeringstilbud antas bilhold for bosatte i Ydalir å ligge noe lavere enn dette, både i referansescenarioet og ZEN-scenarioet. Gitt bilholdsmønsteret i fylket og en antatt proporsjonal reduksjon i bilhold, er estimert andel husstander uten bil i ZEN-scenarioet ca. det dobbelte av gjennomsnittet for fylket.

Tabell 28. MOB5.4 Bilhold, basert på NRVU 2018.

	Gjennomsnitt (biler/husstand)	Andel husstander uten bil	Andel husstander med én bil	Andel husstander med to biler	Andel husstander med tre eller flere biler
Hedmark fylke	1,63	7 %	42 %	38 %	14 %
Referanse- scenario	1,57	9 %	43 %	36 %	13 %
ZEN-scenario	1,33	15 %	48 %	30 %	8 %

MOB5.4 Bilhold har relativt stort potensial for overlapp mot MOB5.3 Parkeringstilbud. Ettersom majoriteten av nye biler er utslippsfrie, og alle beboere med bil selv kan velge å installere elbillader, må KPI vurderes nærmere i lys av dette.

Når det gjelder MOB5.5 mobilitetsmønster, og i henhold til data fra NRVU 2018, ligger gjennomsnittlig reiseaktivitet for bosatte i Hedmark fylke på 3,18 turer per dag for personer på 13 år eller eldre (uvektet). Det antas at beboerne i Ydalir ligger på samme nivå både i referansescenarioet og i ZEN-scenarioet. Turenes fordeling på transportform i scenarioene beregnes basert på estimert bilhold i husstandene (MOB5.4) og observert reisemiddelfordeling for personer i bilholdsgruppene i NRVU 2018 for Hedmark.

Tabell 29. MOB5.5 Mobilitetsmønster, basert på NRVU 2018.

	Gjennomsnitt (reiser/dag/- person)	Andel aktive reisemåter	Andel kollektivt	Andel privat motorisert	Personbelegg, bil
Hedmark fylke	3,18	21 %	5 %	74 %	1,18
Referanse- scenario	3,18	22 %	5 %	72 %	1,19
ZEN-scenario	3,18	25 %	6 %	68 %	1,21

For MOB5.6 transportarbeid er tall fra NRVU 2018 for gjennomsnittlig reiselengde for de ulike transportformene benyttet i beregning av samlet årlig transportarbeid (personkm/år) og trafikkarbeid (kjøretøykm/år) for beboerne i Ydalir i de to scenarioene.

Tabell 30. MOB5.6 Årlig transport- og trafikkarbeid, basert på NRVU 2018.

	Aktive reisemåter (1000 personkm)	Kollektivt (1000 personkm)	Privat motorisert (1000 personkm)	Trafikkarbeid (1000 kjøretøykm)
Referanse- scenario	2 870	17 416	56 123	47 340
ZEN-scenario	3 247	19 896	53 212	44 055

MOB5.1 Tilgang til kollektivtransport belyser rammebetingelser og valgmuligheter for brukerne som har innflytelse på reiseatferd. Valgmulighetene inkluderer også forutsetninger for å velge klimasmarte alternativer. MOB5.1 Tilgang til kollektiv transport og MOB5.2 Reisetidsforhold er i stor grad gitt av prosjektets lokalisering og tilknytning til transportsystemet, og kan i liten grad påvirkes av utbygger etter at lokalisering er valgt.

MOB5.3 Parkeringstilbud kan påvirkes av utbygger i større eller mindre grad, avhengig av prosjektets lokalisering og omgivelser. Hvilket nivå utbygger setter for antall parkeringsplasser, vil kunne ha stor betydning for beboernes valgmuligheter og atferd i bruksfasen. MOB5.4 Bilhold, MOB5.5 Mobilitetsmønster og MOB5.6 Årlig transport- og trafikkarbeid vil alle være resultat av beboernes egne beslutninger, basert på forholdene som fanges opp i MOB5.1–MOB5.3. Det er et prinsipielt spørsmål om MOB 5.4–MOB5.6 bør inngå i ZEN-beregningene ettersom disse KPI-ene representerer forhold som ligger utenfor prosjekteiers/utbyggers direkte påvirkning. For Ydalir er disse likevel beregnet. MOB5.5 og MOB5.6 knyttet til Reisevaner gir estimer på forventet reiseatferd og grunnlag for beregning av klimagassutslipp fra kjøretøyer. Estimatenes er primært basert på rammebetingelser knyttet til bilhold i prosjektområdet og tilgjengelige reisevanedata.

7. Økonomi

7.1 Strategisk planleggingsfase og implementeringsfase

I 2016 gjennomførte Elverum kommune prisantydninger på de enkelte delfeltene på Ydalir. Dette la grunnlaget for hva de har solgt for. Investeringskostnader på felles infrastruktur på Ydalir (grått område i Figur 1) endte på ca. 130 millioner kroner og inkluderer blant annet grunnverv av felles anlegg, rundkjøring, interne offentlige veier inkludert vann og avløp, offentlig vann- og avløpsomlegging, bruprosjekt, gang-, sykkel- og veiundergang, HS-anlegg samt administrasjon, plan/prosjektering og byggeledelse. Estimert prisantydning på de ulike delfeltene på Ydalir i 2016 vises i Tabell 31. Det bør huskes at priser er under konstant utvikling og endrer seg over tid.

Tabell 31. Oversikt over estimert prisantydning for delfeltene på Ydalir i 2016.

Delfelt	Estimert prisantydning (tusen kr)
Skole	34 987
Barnehage	3 547
B2	26 610
B4	10 875
B5-1, B5-3 og B5-4	15 740
B6	9 590
B8	10 758
B11	14 718
SUM	130 579

Investeringskostnadene for skolen og barnehagen var estimert basert på erfaringstall fra Norsk Prisbok [36]. Utomhus og spesielle kostnader var ikke inkludert i estimatene. I tillegg har Elverum kommune publisert entreprisekontrakt og sluttkostnad for entreprisekontrakt med leverandør [36]. En oppsummering av disse investeringskostnader vises i Tabell 32.

Tabell 32. Oppsummering av estimerte investeringskostnader og sluttkostnad for entreprisekontrakt med leverandør for Ydalir skole og barnehage [36].

	Estimat (TEK)	Estimat (Passivhus)	Estimat (BREEAM very good)	Entreprisekontrakt med leverandør	Sluttkostnad for entreprisekontrakt med leverandør
Skole (kr/m ²)	32 691	34 536	32 312	30 654 [^]	28 932 [^]
(mill. kr)	216,3 [^]	228,6 [^]	213,9 [^]	202,9	191,5
Barnehage (kr/m ²)	38 049		38 931*	35 291 [^]	33 389 [^]
(mill. kr)	68 [^]		69,6 [^]	63,1	59,7
SUM (mill. kr)	284,3		283,5	266	251,2

* Inkluderer løst inventar

[^] Regnet om fra areal (6 619 m² for skole og 1 788 m² for barnehage)

I tillegg er det samlet inn investeringskostnader for delfelt B5-2 Ydalir Torg [13] og delfelt B4 i implementeringsfasen [17]. Disse investeringskostnader vises i Tabell 33 og Tabell 34.

Tabell 33. ØKO6.1. Kapitalkostnader for to bygninger på delfelt B5-2 Ydalir Torg i implementeringsfasen [13].

ØKO6.1 Kapitalkostnader (NOK)	Referanse (TEK)		ZEN (Passivhus)	
	Bygg 7	Bygg 8	Bygg 7	Bygg 8
01 Felleskostnader	292 694	268 404	313 462	293 554
02 Bygning	1 809 129	1 658 992	1 937 493	1 814 445
03 Varme, ventilasjon og sanitær	443 223	406 440	476 671	444 535
04 Elektrisk kraft	209 067	379 140	223 901	397 104
05 Telekommunikasjon og automatisering	16 725	15 337	17 912	16 775
06 Andre installasjoner	16 725	15 337	17 912	16 775
01–06 Huskostnad	2 787 563	2 743 651	2 985 351	2 983 178
07 Utendørs	0	0	0	0
01–07 Entreprenørkostnad	2 787 563	2 743 651	2 985 351	2 983 178
08 Generelle kostnader	398 622	365 541	426 905	399 793
01–08 Byggekostnader	3 186 185	3 135 993	3 412 256	3 409 773
09 Spesielle kostnader	0	0	0	0
10 Merverdiavgift (MVA)	796 546	730 442	853 064	798 887
01–10 Basiskostnader	3 982 731	3 919 991	4 265 320	4 262 216
11 Forventet tillegg (inkl. MVA)	227 016	223 440	243 123	242 946
01–11 Prosjektkostnad	4 209 747	4 143 431	4 508 442	4 505 163
12 Usikkerhetsavsetning (inkl. MVA)	58 936	58 008	63 118	63 072
01–12 Kostnadsramme	4 268 683	4 201 439	4 571 561	4 568 235
13 Prisregulering (inkl. MVA)	0	0	0	0
01–13 TOTAL	4 268 683	4 201 439	4 571 561	4 568 235

Tabell 34. ØKO6.1 Kapitalkostnader for delfelt B4 [17]

ØKO6.1 Kapitalkostnader (NOK)	Referanse (TEK)	ZEN (Passivhus)
01 Felleskostnader	9 909 900	10 335 000
02 Bygning	51 659 400	54 221 700
03 Varme, ventilasjon og sanitær	14 492 400	14 297 400
04 Elektrisk kraft	12 756 900	12 756 900
05 Telekommunikasjon og automatisering	542 100	542 100
06 Andre installasjoner	0	0
01–06 Huskostnad	89 360 700	92 153 100
07 Utendørs	0	0
01–07 Entreprenørkostnad	89 360 700	92 153 100
08 Generelle kostnader	11 754 600	12 074 400
01–08 Byggekostnader	101 115 300	104 227 500
09 Spesielle kostnader	0	0
10 Merverdiavgift (MVA)	25 275 900	26 055 900
01–10 Basiskostnader	126 395 100	130 287 300
11 Forventet tillegg (inkl. MVA)	4 968 600	5 175 300
01–11 Prosjektkostnad	131 363 700	135 462 600
12 Usikkerhetsavsetning (inkl. MVA)	1 240 200	1 294 800
01–12 Kostnadsramme	132 603 900	136 757 400

ØKO6.1 Kapitalkostnader (NOK)	Referanse (TEK)	ZEN (Passivhus)
13 Prisregulering (inkl. MVA)	0	0
01–13 TOTAL	132 603 900	136 757 400

Det er også samlet inn driftskostnader for to bygninger på delfelt B5-2 Ydalir Torg [13] og delfelt B4 [17] i implementeringsfasen. De to bygningene på delfelt B5-2 Ydalir Torg inkluderer kun energikostnader, mens delfelt B4 inkluderer lånrente, utskiftinger, energikostnader og inntjening fra eksport energi. Disse driftskostnadene inkluderer kun energikostnader og vises i tabell 35 og tabell 36.

Tabell 35. ØKO6.2 Driftskostnader (kun energibruk) for to bygninger på delfelt B5-2 Ydalir Torg i implementeringsfasen [13].

ØKO6.2 Driftskostnader	Referanse (TEK)		ZEN (Passivhus)	
	Bygg 7	Bygg 8	Bygg 7	Bygg 8
SUM (NOK)	19 006	17 001	12 936	11 293
SUM (NOK/m ² BTA/år)	155	158	121	122

Tabell 36. ØKO6.2 Driftskostnader for delfelt B4 i implementeringsfasen [17].

ØKO6.2 Driftskostnader	Referanse (TEK)	ZEN (Passivhus)
Lånrente	10 175	10 494
Materialutskifting	2 659	2 761
Energibruk	2 338	1 671
Eksportenergi	-2 007	-2 046
SUM (NOK/m ² BTA/år)	13 166	12 879

I tillegg er det samlet inn overordnet ytelse for to bygninger på delfelt B5-2 Ydalir Torg [13] og delfelt B4 [17] i implementeringsfasen. Dette inkluderer nåverdi, merkostnader og årskostnader, og vises i tabell 37 og tabell 38.

Tabell 37. ØKO6.3 Overordnet ytelse for to bygninger på delfelt B5-2 Ydalir Torg i implementeringsfasen [13].

ØKO6.3 Overordnet ytelse (NOK)	Referanse (TEK)		ZEN (Passivhus)	
	Bygg 7	Bygg 8	Bygg 7	Bygg 8
Nåverdi (NV)	4 698 665	4 586 057	4 864 224	4 823 733
Merkostnad	-	-	302 878	366 796
Årskostnad (AK)	207 690	202 712	215 008	213 218
Årskostnad per kvadratmeter	1 430	1 580	1 480	1 662

Tabell 38. ØKO6.3 Overordnet ytelse for delfelt B4 i implementeringsfasen [17].

ØKO6.3 Overordnet ytelse (NOK/m ² BRA)	Referanse (TEK)	ZEN (Passivhus)
Nåverdi (NV)	33 883	34 545
Merkostnad	-	662
Årskostnad	1 184	1 207

7.2 Bruksfase

Det er samlet inn driftskostnader fra Elverum kommune for skole og barnehage på Ydalir. Driftskostnader for skole og barnehage i 2022 vises i tabell 39 og inkluderer blant annet lønn, kosthold, rengjøringsmateriell og renholdsmidler, kjemikalier, veisalt, drivstoff til transportmidler, strøm, fjernvarme, alarmsystem, kommunale eiendomsgebyr, kjøp og leasing av maskiner og utstyr, vedlikehold av bygg og anlegg, reparasjoner av inventar og utstyr, service- og driftsavtaler utstyr, snøbrøyting, materialer til vedlikehold av bygninger og anlegg, kjøp av renholdstjenester, andre gebyrer og avgifter, og andre driftsutgifter.

Tabell 39. ØKO6.2 Driftskostnader for Ydalir skole og barnehage i driftsår 2022.

ØKO6.2 Driftskostnader (NOK)	Skole	Barnehage
Matvarer, kosthold o.l.	11 839	-
Rengjøringsmateriell og annet forbruksmateriell	98 012	67 322
Renholdsmidler	10 580	2 294
Kjemikalier, veisalt, polymer	1 775	-
Andre driftsutgifter	24 469	6 745
Drivstoff transportmidler	799	-
Strøm/elektrisk kraft til belysning og oppvarming	409 768	192 521
Fjernvarme	228 000	142 574
Alarmsystem brann/tyveri og vakthold	48 666	23 611
Kommunale eiendomsgebyr (inkl. renovasjon, feieavg., VA etc.)	44 320	56 330
Andre gebyrer og avgifter	2 000	-
Kjøp og finansiell leasing av maskiner, inventar og utstyr	19 721	22 871
Vedlikehold av bygg og anlegg	33 708	44 434
Service og driftsavtaler utstyr	8 665	-
Reparasjoner av inventar og utstyr	12 544	1 485
Utomhusarbeid	-	1 343
Snøbrøyting	10 120	5 940
Materialer til vedlikehold av bygninger og anlegg	1 409	-
Kjøp av renholdstjenester	10 013	14 602
SUM	976 408	582 072
Lønn drift	364 800	182 400
Lønn renhold	1 411 120	477 960
Totalsum	2 752 328	1 242 432
Totalsum (NOK/m²BTA)	416	695

Ydalir har en lang tidshorison fram til 2030 som gjør det vanskelig å fastslå kostnader i ulike prosjektfaser. Ofte kan man kun beregne ØKO KPI på et detaljert nivå når bygningene er i ferd med å bygges eller er i drift. Resultatene for ØKO KPI er sensitive med hensyn til både tid og inflasjon. Det gjør det vanskelig å definere gode referanser. Skal referansen gjenspeile TEK eller et høyere ambisjonsnivå som for eksempel BREEAM eller Passivhus? Eller skal man hente erfaringstall fra tidligere prosjekter eller for eksempel fra norsk prisbok? Skal ØKO KPI måles i forhold til en forbedring i forhold til referansen?

Resultatene for ØKO6.1 Investeringskostnader er rapportert for både prosjekteier i strategisk planleggingsfase og for utbyggeren i implementeringsfasen. Det gjenstår å presisere i ZEN-definisjonsveileder hvem man skal rapportere investeringskostnader for.

Resultatene for ØKO6.2 Driftskostnader viser at man ofte kun beregner eller estimerer energikostnader i implementeringsfasen, mens det i driftsfasen er lettere å samle inn detaljerte driftskostnader i bruksfasen for offentlige og kommersielle bygg enn private boliger. Det er uklart om driftskostnader skal være fra byggeiernes perspektiv eller fra et brukerperspektiv. Kompleksiteten økes når brukeratferd inkluderes.

Resultatene for ØKO6.3 Overordnet ytelse viser nåverdi, merkostnader og årskostnader. Det er tenkt at denne nøkkelindikatoren bør kobles til kost-/nytteanalyse av ulike nullutslippsstrategier, for eksempel hva er merkostnad av ulike nullutslippsstrategier, og er dette en akseptabel merkostnad for involverte aktører?

8. Diskusjon

Formålet med denne rapporten var å teste ut alle ZEN KPI-er på Ydalir-området. KPI-ene er testet i ulike prosjektfaser (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase og bruksfase) over en lang tidshorizont. På den positive siden viser testingen at det er mulig å anvende nesten alle ZEN KPI-er på Ydalir³. Det som var vanskelig, var å koordinere innsamling av alle data og beregninger fra ulike fagfolk og aktører. Årsaken er at det er mange aktører involvert i utvikling av Ydalir, og de er i ulike prosjektfaser og har testet ut ulike KPI-er. Resultatene er ikke nødvendigvis i ønsket format, og de må redigeres til formatet som er etterspurt i ZEN definisjonsveilederen, slik at resultatene for deler kan presenteres på lik linje og for hele området. Vi ser at det oppstår utfordringer med hensyn til å måle et ZEN-område som utvikles over lang tid. Det skyldes lange prosesser, ulike involverte aktører og lite kontinuitet i dokumentasjon. Lærdommen er at bruk av ZEN KPI trenger koordinering fra en prosessleder. Prosessleder kan for eksempel være prosjekteier eller andre som har oversikt over hele området. Dette vil gjøre det lettere å ha oversikt over ulike aktører og kontinuitet i dokumentasjonen over en lang tidshorizont.

Erfaringene med testing viser at det er behov for justering av ulike KPI-er. Ved beregning av areal i BYF4.2 Blokketthet er det for eksempel mulig at bruttoareal (BTA) er en bedre enhet å benytte enn bruksareal (BRA) slik KPI-et har vært definert, siden det er lite sannsynlig at utbyggere og planleggere har kjennskap til BRA i tidlig planleggingsfase. For MOB5.4–MOB5.6 om bilhold, mobilitetsmønster og transportarbeid er det et spørsmål om disse bør inngå som ZEN KPI, ettersom disse KPI-ene representerer forhold som ligger utenfor prosjekteiers/utbyggers direkte påvirkning. I tillegg trenger følgende KPI-er referanse- og grenseverdier for vurdering i ZEN KPI-systemet: KGU1.4 Energibruk i drift (B6), KGU1.5 Transport i drift (B8), ENE2.1 Energibehov i bygg, ENE2.2 Levert energi, EFF3.1 Maksimal last, EFF3.3 energibelastning, MOB KPI og ØKO KPI. Behov for justeringer skal evalueres av ZEN-forskere og oppdateres i neste versjoner av ZEN definisjonsrapport (versjon 5) og ZEN definisjonsveileder (versjon 4).

Studien viser at det lønner seg å evaluere noen KPI-er før andre fordi avgjørelser som har betydning for planlegging av et område, tas tidlig i prosessen. Muligheten for endring er begrenset etter at de overordnede beslutningene er tatt. I en tidlig, strategisk planleggingsfase kan man begynne med BYF og MOB KPI, og deretter beregne ØKO, ENE, EFF og KGU KPI. Dette anbefales fordi planlegging av byform og mobilitetsløsninger skjer tidlig i prosessen, og fordi byplangrep som er tatt for et område, er vanskelig å endre i en senere prosjektfase. Det samme gjelder for infrastruktur KGU1.1c infrastruktur. Denne KPI-en beregnes i en tidlig fase for hele området og er basert på resultatene fra BYF KPI. ENE og EFF KPI kan beregnes samtidig fordi de bruker samme inngangsdata og bygger på hverandre. Resultater fra MOB KPI om andel elbiler kan brukes i beregning av EFF KPI og for å beregne KGU1.5 Transport i drift (B8). Resultater fra ØKO6.2 om energi driftskostnader kan også brukes i EFF3.6 Endring i driftskostnader. Resultater fra ENE2.1 Energibehov i bygg kan brukes for å beregne KGU1.4 Energibruk i drift (B6).

³ Bortsett fra BYF4.6 Flerbruks bygningstak, BYF4.13 Konservering og planting av trær og MOB5.7 Vare og nyttetransport siden de ikke kunne beregnes på dette stadiet i prosjektet.

Det ble lagt merke til bruk av varierende tall på areal på tvers av KPI-er og prosjektfaser i beregningene. I tabell 1 er for eksempel størrelsen på skolen og barnehagen angitt med henholdsvis 6 007 m² og 1 732 m², mens i KGU KPI i strategisk planleggingsfase er det brukt 6 474 m² og 2 140 m², og i ØKO KPI strategisk planleggingsfase 6 619 m² og 1 788 m². Dette er ikke uvanlig siden størrelsen på arealer ofte endres gjennom forskjellige prosjektfaser på grunn av ulike tilpasninger eller designvalg. Det er derfor viktig å oppgi et totalt resultat (tCO₂e eller norske kroner) samt størrelsen på areal som kan legges til grunn for å regne om til endringer i arealer.

Den første versjonen av Ydalir Masterplan (del 1) ble godkjent allerede i 2017 [14], mens den første ZEN definisjonsrapport kom året etterpå i 2018 [37]. Den siste ZEN definisjonsveilederen med et fullstendig sett av ZEN KPI kom først i slutten av 2022 [38]. Det betyr at Masterplanen ikke inneholdt ZEN-kravene fra starten av. Siden Masterplan del 1 ikke satte noen krav for utbyggerne til å beregne eller ta hensyn til ZEN KPI, mangler det i noen tilfeller dokumentasjon, og det har vært krevende å gjennomføre datainnsamling eller beregning av nøkkelindikatorene som ble definert i ettertid. For å lykkes med å implementere ZEN i framtidige prosjekter anbefaler vi å forankre ZEN KPI tidligst mulig i reguleringsplaner og masterplan.

9. Konklusjon

Denne rapporten har utprøvd ZEN-definisjon og tilhørende KPI-er på Ydalir pilotområde i ulike prosjektfaser (strategisk planleggingsfase, implementeringsfase og bruksfase). Resultatene gir nyttig erfaring og læring for videre utvikling av ZEN-definisjonen og ZEN KPI. Resultatene skal brukes videre i en ZEN prosessveileder og neste versjoner av ZEN definisjonsrapport og ZEN veileder.

10. Referanser

- [1] Wiik M R K, Homaei S, Lien S K, Fjellheim K, Vandervaeren C, Fufa S M, Baer D, Sartori I, Nordstrom T, Meland S, Cheng C and Thomsen J 2022 *The ZEN Definition. A Guideline for the ZEN Pilot Areas. Version 3.0* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)
- [2] Wiik M R K, Fjellheim K, Vandervaeren C, Lien S K, Meland S, Nordstrom T, Baer D, Cheng C, Truloff S, Brattebø H and Thiis T K 2022 *Zero Emission Neighbourhoods In Smart Cities. Definition, Assessment Criteria and Key Performance Indicators: Version 4.0. English* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)
- [3] Lund K M, Lausset C and Brattebø H 2019 LCA of the Zero Emission Neighbourhood Ydalir *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **352** 012009
- [4] Yttersian V, Fuglseth M, Lausset C and Brattebø H 2019 OmrådeLCA, assessment of area development: Case study of the Zero-Emission Neighbourhood Ydalir *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **352** 012041
- [5] Lausset C, Crawford R H and Brattebø H 2022 Hybrid life cycle assessment at the neighbourhood scale: The case of Ydalir, Norway *Cleaner Engineering and Technology* **8** 100503
- [6] Lausset C, Urrego J P F, Resch E and Brattebø H 2021 Temporal analysis of the material flows and embodied greenhouse gas emissions of a neighborhood building stock *Journal of Industrial Ecology* **25** 419–34
- [7] Lausset C and Brattebø H 2021 Environmental co-benefits and trade-offs of climate mitigation strategies applied to net-zero-emission neighbourhoods *Int J Life Cycle Assess* **26** 2263–77
- [8] Lausset C, Lund K M and Brattebø H 2021 LCA and scenario analysis of a Norwegian net-zero GHG emission neighbourhood: The importance of mobility and surplus energy from PV technologies *Building and Environment* **189** 107528
- [9] Mason H 2016 *Ydalir skole. Klimagassberegning* (Context AS)
- [10] Mason H 2016 *Ydalir Barnehage. Klimagassberegning* (Context AS)
- [11] Rosochacki L 2021 *Klimagassrapport Muspelheim* (Plan 1 AS)
- [12] Siglevik S 2022 *A LCA of embodied emissions in Norwegian passive house, Ydalir* (Trondheim: NTNU, Faculty of Engineering, Department of Process Engineering)
- [13] Wiik M R K, Schneider-Marin P, Fernandez I G, Winsvold J, Rosochacki L, Nørstebøen S, Tonjer A-T and Erikstad H 2022 *Teori møter praksis - er miljøriktige bygg økonomisk gjennomførbare? Scenarioanalyse av konstruksjonsvalg på Ydalir* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)
- [14] Elverum Vekst 2017 *Ydalir Elverum. Masterplan del 1* (Elverum: Elverum Vekst)
- [15] Elverum Vekst 2021 *Veiledning til Ydalir Masterplan del 2* (Elverum: Elverum Vekst)
- [16] Elverum Vekst 2019 *Ydalir Eleverum. Masterplan del 2 - ambisjoner og krav* (Elverum: Elverum Vekst)
- [17] Siglevik S T 2023 *Life cycle emissions- and cost analysis of residential building scenarios in a zero emission neighborhood, Ydalir* (NTNU, Trondheim)

- [18] Nielsen B F, Gohari S, Hauge Å L, Sørnes K, Walnum H T, Uusinoka T and Lindberg K B 2019 *PISEC: TOOLKIT FOR THE PLANNING OF SMART ENERGY COMMUNITIES. PI-SEC REPORT 2.3: Challenges and best practices from testing of the PI-SEC Planning Wheel* (Oslo, Norway)
- [19] Nielsen B F, Gohari S and Baer D 2019 *PISEC: GUIDELINES. PI-SEC REPORT 2.4: Regulatory and planning implications for municipalities* (Trondheim, Norway)
- [20] Walnum H T, Lien S K, Hauge Å L and Lindberg K B 2019 *Brukerveiledning PI-SEC scenario calculator*
- [21] Krekling Lien S, Heimar Andersen K, Bottolfsen H, Lolli N, Sartori I, Lekang Sørensen Å and Clauss J 2021 *Energy and Power: Essential Key Performance Indicators for Zero Emission Neighbourhoods: An analysis of 6 pilot areas* (ZEN Research Centre)
- [22] Elverum Vekst 2023 *Ydalir Masterplan Del 2 - versjon 5* (Evenstad: Elverum Vekst)
- [23] Lindberg K B, Bakker S J and Sartori I 2019 Modelling electric and heat load profiles of non-residential buildings for use in long-term aggregate load forecasts *Utilities Policy* **58** 63–88
- [24] Lien S K, Ivanko D and Sartori I 2020 Domestic hot water decomposition from measured total heat load in Norwegian buildings *BuildSIM-NORDIC 2020*
- [25] Andersen C E, Lien S K, Lindberg K B, Walnum H T and Sartori I 2021 *Further development and validation of the “PROFet” energy demand load profiles estimator* (Torino, Italy)
- [26] Lien S K, Sandberg N H, Lindberg K B, Rosenberg E, Seljom P and Sartori I 2022 Comparing model projections with reality: Experiences from modelling building stock energy use in Norway *Energy and Buildings* **268** 112186
- [27] Heimar Andersen K, Krekling Lien S, Byskov Lindberg K, Taxt Walnum H and Sartori I 2021 Further development and validation of the “PROFet” energy demand load profiles estimator 2021 Building Simulation Conference
- [28] Anon JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission
- [29] Elverum Kommune 2018 BYplan 2030. Planbestemmelser.
- [30] Sørensen Å L, Westad M C, Delgado B M and Lindberg K B 2022 Stochastic load profile generator for residential EV charging ed C A Hviid, M S Khanie and S Petersen *E3S Web Conf.* **362** 03005
- [31] Rokseth L, Manum B and Nordstrom T 2019 Assessing cities: Applying GIS-based methods for mapping cross-scale spatial indicators **352** 012–55
- [32] Rokseth L, Manum B and Nordstrom T 2019 *Properties of Urban Form Influencing Carbon Emission - Implementing a GIS-based Method* (Proceedings of the 12th Space Syntax Symposium. art. no 161)
- [33] QGIS development team 2022 QGIS Geographical Information System
- [34] Meland S and Karlsson H 2021 *ZEN Mobilitetscase ZVB - Sammendrag av utvikling og anvedelse av metodikk for boligprosjekter* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)

- [35] Meland S and Karlsson H 2021 *ZEN Mobilitetscase Montana - Sammendrag av utvikling og anvendelse av metodikk for boligprosjekter* (SINTEF Academic Press.)
- [36] Skari Hans E 2021 *Veien til Ydalir. Attraktivitet, vekst og samfunnsutvikling* (Elverum)
- [37] Wiik M K, Fufa S M, Krogstie J, Ahlers D, Wyckmans A, Driscoll P, Brattebø H and Gustavsen A 2018 *Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities. Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria: Version 1.0. Bilingual version* (FME ZEN - The Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: SINTEF - NTNU)
- [38] Wiik M R K, Fjellheim K, Vandervaeren C, Lien S K, Meland S, Nordström T, Baer D, Cheng C, Brattebø H and Gustavsen A 2022 *Nullutslippsnabolag i smarte byer. Definisjon, vurderingskriterier og nøkkelindikatorer. Versjon 3.0. Norsk* (Oslo, Norway: SINTEF Academic Press)



VISION:

**«Sustainable
neighbourhoods
with zero
greenhouse gas
emissions»**

Z E N

Research Centre on
ZERO EMISSION
NEIGHBOURHOODS
IN SMART CITIES



<https://fmezen.no>