

2022:00908 – Åpen

Samtidighet og sammenlagring COFACTOR-rapport

Begrepsforklaring og case-studie

Forfattere

Karen Byskov Lindberg (SINTEF Community)

Synne Krekling Lien (SINTEF Community)

Arnkell Jonas Petersen (NMBU)



SINTEF Community

Bygninger og installasjoner

2022-10-25

Rapport

Samtidighet og sammenlagring COFACTOR-rapport

Begrepsforklaring og case-studie

EMNEORD:
Samtidighet
Sammenlagring
Lastprofil
Makslast
Energibruk i bygg

VERSJON
Versjon 05

DATO
2022-10-25

FORFATTER(E)
Karen Byskov Lindberg
Synne Krekling Lien
Arnkell Jonas Petersen

OPPDRAGSGIVER(E)
COFACTOR

OPPDRAGSGIVERS REF.

PROSJEKTNR
326891

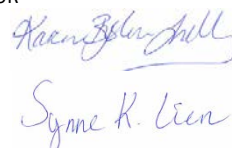
ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
36 + vedlegg

SAMMENDRAG

Denne rapporten danner grunnlaget for videre arbeid i prosjektet "COFACTOR – samtidighet og topplast for bygg i det norske lavutslippssamfunnet". Rapporten redegjør og forklarer de to begrepene samtidighetsfaktor og sammenlagringsfaktor – og viser hva forskjellen mellom dem er. Til slutt i rapporten er samtidighetsfaktoren og gjennomsnittlig maksimal effektbelastning (også kalt topplast) beregnet for 86 leiligheter. Vi undersøker om klimatiske variasjoner, utvalgsstørrelse og inkludering av ekstrem-verdier (outliers) er utslagsgivende for beregningene.

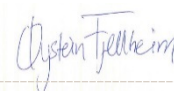
UTARBEIDET AV
Karen Byskov Lindberg og
Synne Krekling Lien

SIGNATUR



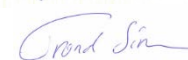
KONTROLLERT AV
Øystein Fjellheim

SIGNATUR



GODKJENT AV
Trond Simonsen

SIGNATUR



RAPPORTNR
2022:00908

ISBN
978-82-14-07584-7

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen



SINTEF Community

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 Oslo

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
Versjon 01	2021-06-16	Første utkast Teori-kapittel. Dataanalysen i kap 4+5 er ferdig. Kap 3 mangler.
Versjon 02	2022-05-29	Utkast hele rapporten. Sendes for kvalitetssikring og gjennomlesning av Hanne Sæle i SINTEF Energi.
Versjon 03	2022-06-30	Ferdig utkast av hele rapporten. Kap 3 sendes for gjennomlesning av Eivind Solvang i SINTEF Energi.
Versjon 04	2022-09-20	Ferdig utkast av hele rapporten. Sendes for gjennomlesning til styret i COFACTOR.
Versjon 05	2022-10-25	Ferdig rapport.

Innholdsfortegnelse

Forord	6
Sammendrag	7
1 Introduksjon.....	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Formål med denne rapporten.....	10
1.3 Definisjoner	10
2 Behov hos industrien	11
2.1 REN og nettselskap	11
2.2 Enova.....	12
2.3 Standard Norge, byggindustri og byggeiere	12
2.4 Andre interessenter	13
3 Teori: Samtidighetsfaktor og Sammenlagingsfaktor.....	14
3.1 Sammenlagingsfaktor, s_i	14
3.2 Samtidighetsfaktor, α	15
3.3 Ett eller flere bygg?	17
3.4 Begrepsforvirring	19
4 Case studie: Beregning av samtidighetsfaktor for leiligheter i 4 boligblokker.....	21
4.1 Datatilgjengelighet.....	21
4.2 Data fra Føie.....	21
4.3 Måledata og temperaturavhengighet.....	23
4.4 Samtidighetsfaktor for data fra Føie.....	24
4.4.1 Samtidighetsfaktor for alle bygg (N=86).....	25
4.4.2 Samtidighetsfaktor uten ekstremverdier (N=82)	26
4.5 Gjennomsnittlig makslast for data fra Føie.....	28
4.5.1 Gjennomsnittlig makslast med alle bygg (N=86)	28
4.5.2 Gjennomsnittlig makslast uten ekstremverdier (N=82)	30
4.6 Oppsummering av resultater	31
5 Diskusjon	33
6 Konklusjon	34
Referanser	35

A	Vedlegg	37
A.1	Analyse av målere med ekstremverdier	37
A.2	Oversikt over tomme verdier for hver måler (Føie) i hvert år (2018-2021)	41

Forord

Denne rapporten er skrevet som en leveranse i forskningsprosjektet "COFACTOR - samtidighet og topplast for bygg i det norske lavutslippssamfunnet". COFACTOR er et KSP-prosjekt og finansieres av programmet ENERGIX hos Forskningsrådet og prosjektpartnerne. Forfatterne setter stor pris på støtten fra forskningspartnere: SINTEF AS, SINTEF Energi AS, og NTNU, bedriftspartnere: Statsbygg, Tensio TN AS, Elvia AS, Enova SF, Energi Norge, og Nelfo, referansegruppen: NEK, NOVAP, Standard Norge, Multiconsult og NVE og dataleverandørene: Drammen Eiendom, Akershus Energi Varme AS, Thon Eiendom, FutureHome og Statnett. ¹takkes for å ha delt data med SINTEF i arbeidet med denne rapporten. Til slutt ønsker forfatterne å rette en stor takk til Hanne Sæle og Eivind Solvang i SINTEF Energi for verdifulle innspill til innholdet i rapporten.

Prosjektet ledes av SINTEF Community og har en varighet på 4 år (2021-2025). Hovedmålet til prosjektet er å etablere ny kunnskap om energibruk i bygg bak hovedmåleren. Dette inkluderer:

- 1) Å utvikle en ny robust metode for å beregne topplast i bygg som tar hensyn til nye teknologier og som kan benyttes til å videreutvikle energimerket for bygg.
- 2) Utvikle en metode for standard lastprofiler for ulike bygningstyper.
- 3) Beregne nye samtidighetsfaktorer per bygningstype og per energiformål for norske forhold.

Økt kunnskap om forbruk bak måleren er nødvendig for å utvikle nye teknologiske løsninger og smart styring. COFACTOR samler inn og analyserer måledata fra flere partnere, i tillegg til egne undermålere som skal gi detaljerte data "bak måleren". Basert på dette vil vi kunne identifisere når og hvorfor topplasten inntreffer – og hvordan vi kan bruke smart styring og andre tiltak for å redusere den. Kunnskap fra COFACTOR vil gi grunnlag for å forbedre nettplanlegging og bedre prosjektering av bygg til å spille på lag med fremtidens fornybare energisystem.

COFACTOR vil se på flere energibærere (el og fjernvarme) og flere energiformål, men denne rapporten fokuserer på måledata for elektrisitet for leilighetsbygg.

¹ Nettselskapet i Ringerikskraft konsernet. www.foie.no.

Sammendrag

Nettselskapene i Norge er lovpålagt å tilby kundene strøm hele døgnet hele året, og strømmettet er dimensjonert for å kunne overføre belastningen de timene i året med høyest strømbruk. For å kunne dimensjonere fremtidens strømmett og bedre utnytte eksisterende nettkapasitet, har nettselskapene behov for mer kunnskap om energibruksmønstre for *ulike bygg og ulike energiformål*. Denne rapporten presenterer begrepene "samtidighetsfaktor" og "sammenlagringsfaktor" som brukes i nettplanlegging. Her blir begrepet samtidighetsfaktor forklart som *en faktor som sier noe om hvor sannsynlig² det er at alle individuelle enheter (av samme type bygg) innenfor et visst område har sin makslast samtidig*. Samtidighetsfaktoren tar med andre ord hensyn til at ikke alle bygg har maksimal belastning på samme tid. Sammenlagringsfaktoren er på den andre siden *et uttrykk for et bygg (eller en enkeltlast i et bygg), sin "ansvarlighet" for makslasten til nabolaget (eller bygget)*. Ofte brukes disse to begrepene om hverandre i Norge, og denne rapporten bidrar til å rydde opp i begrepsbruken.

COFACTOR skal bidra til å øke kunnskap om lastprofiler (faktisk effektbehov) og samtidighetsfaktorer for ulike typer bygg. Mer kunnskap trengs slik at installatører kan melde inn realistisk effektbehov og dernest gjøre nettselskapet i stand til å gjøre riktigere dimensjonering av nettilknytning.

Måledata for levert elektrisitet fra fire boligblokker med totalt 86 leiligheter i Hønefoss har blitt gjort tilgjengelig av Føie (timesoppløsning). I rapporten beregnes samtidighetsfaktor og gjennomsnittlig makslast for leilighetene. Analysen viser at samtidighetsfaktoren og gjennomsnittlig makslast i stor grad påvirkes av antall målere, om ekstremverdier inkluderes, om målerne sorteres etter verdi (høyest til lavest makslast) i beregningen og klimatiske forhold (utetemperatur viser seg å ha betydning). Med et stort antall målepunkter vil utviklingen i samtidighetsfaktor konvergere mot samme verdi uavhengig av om målerne er sortert eller ikke når n når et visst nivå. Men verdien for færre antall målere vil i stor grad variere med hvilke bygg som inkluderes i utvalget og hvilken rekkefølge de inkluderes i. Utfordringen med å bestemme hvilken rekkefølge målerne skal sorteres i, har i denne rapporten blitt løst ved å trekke $n=50$ tilfeldige bygg fra datasettet 50 ganger.

Boligblokkene benytter fjernvarme til oppvarming (ikke inkludert), og målingene inkluderer heller ikke elbillading. Samtidighetsfaktoren for bruk av elektrisitet i leiligheter ble i snitt beregnet til å være 0,33 (ved et utvalg på 50 bygg 50 ganger), men med noe variasjon. Gjennomsnittlig makslast for leilighetene ble med samme metode beregnet til 1,12 kW, men med større variasjon. Vi har kommet frem til at metoden med å

² Ikke matematisk betydning, men mer overført betydning som i det engelske "how likely".

trekke 50 tilfeldige bygg 50 ganger gir en god tilnærming for samtidighetsfaktoren, men for gjennomsnittlig makslast er spredningen fortsatt stor ved $n=50$ og utvalget må kanskje økes. Alternativt må man akseptere at makslasten har høy varians.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Bygninger står i dag for 55 % av Norges strømforbruk [1]. Hoveddelen av elektrisiteten som brukes i bygg går til oppvarming av rom og tappevann, og behovet for elektrisitet er dermed størst på de kaldeste vinterdagene [2]. Men ulike bygg har ulikt bruksmønster og dermed forskjellig forbruksprofil for elektrisitet – også kalt lastprofiler. Et kontorbygg vil som regel ha sin topplast midt på dagen, mens topplasten i boliger forekommer ofte på morgenen eller kvelden. Mellom individuelle forbrukslaster innad i byggene vil også de ulike lastene ha sitt høyeste strømforbruk på ulike tidspunkt. Det største behovet for effekt til lading av elbiler sammenfaller eksempelvis ikke nødvendigvis med topplasten til varmtvannsberederen. Dette betyr at den samlede topplasten i strømmettet ikke nødvendigvis sammenfaller med toppene til de individuelle byggene, eller til dellastene innad i byggene. For å kunne beskrive dette, bruker vi samtidighetsfaktorer.

Samtidighetsfaktor reflekterer hvor trolig det er at alle komponenter i et system har samtidig maksimal forbruk. Den er altså et mål for samtidigheten mellom komponentene. Samtidighetsfaktoren kan da bestemmes for en bestemt gruppe av komponenter (innad i et bygg), eller for en bestemt gruppe eller type bygg. For nettplanlegging benyttes det i dag ulike verktøy og metoder for å framskrive det fremtidige effektbehovet, eller topplasten, for å kunne dimensjonere strømmettet. Fremtidige topplaster avhenger blant annet av byggstandard og energiformål i byggene, noe som endres over tid. Selv om nettselskap i økende grad tar i bruk egne AMS-data for nettplanlegging, så trengs mer kunnskap om energibruk i bygg og særlig for forskjellige typer bygg.

For å kunne dimensjonere fremtidens strømmett og bedre utnytte eksisterende nettkapasitet, har nettselskapene behov for mer kunnskap om samtidighetsfaktorer for *ulike bygg og ulike energiformål, samt mer kunnskap om bygningers formålsfordelte energibruk og lastprofil* (særlig viktig er det å kjenne til lastprofilene til tappevann og romvarme). Samtidig foreligger første versjon av en ny standard for å beregne effektbehov for ulike byggtyper som tar hensyn til samspillet mellom bygningskroppen og bygningens tekniske systemer for varme, kjøling og energiproduksjon (SN/TS 3032 [3]). Per dags dato finnes det lite empirisk data på faktisk topplast i enkeltbygninger, og en utfordring ved standarden er at man ikke kjenner samtidigheten for de ulike energiformålene inne i byggene. Topplasten for ulike energiformål i byggene forekommer på ulik tid, og det er derfor behov for mer kunnskap om samtidigheten til de ulike lastene i bygninger.

1.2 Formål med denne rapporten

Formålet med denne rapporten er å:

- 1) Definere begrepet *samtidighetsfaktor*.
- 2) Presentere metode for å beregne samtidighetsfaktoren for en bygningstype.
- 3) Vise eksempel på utregning av samtidighetsfaktor og gjennomsnittlig makslast
 - Måledata for levert elektrisitet fra 4 boligblokker i Hønefoss er gjort tilgjengelig av Føie. Disse benyttes til å beregne samtidighetsfaktor og makseffekt for leilighetene.
- 4) Identifisere utfordringer ved beregning og bruk av samtidighetsfaktorer, og basert på dette gi anbefaling om videre arbeid for å beregne oppdaterte samtidighetsfaktorer for norske bygg.

Avgrensinger:

- Rapporten vil ikke beskrive hvordan man skal beregne størrelse på trafoer eller strømkabler/-linjer.
- Vi forholder oss kun til kWh og kW, og går ikke inn på strøm (A), spenning (V) eller fasevinkel ($\cos \theta$).
- Samtidighetsfaktorene og makseffekt beregnes, grunnet oppløsning på tilgjengelig data, med tidsoppløsning på 1 time.

1.3 Definisjoner

Lastprofil	Grafisk fremstilling av energibruk (el eller fjernvarme), med høy tidsoppløsning (f.eks. time eller 15 min), vist over en bestemt tidsperiode (ofte et døgn, uke eller år).
Varighetskurve	Alle verdier for en lastprofil sortert fra høyest til lavest.
Topplast Makslast	Høyeste verdi av en lastprofil. Dvs. maksimalt effektuttak for en kunde, eller gruppe. Flere ord brukes om samme begrep i denne rapporten: <ul style="list-style-type: none"> - Maksimalbelastning - Maksimal effektbelastning - Makseffekt - Total effektbelastning - Høyeste effektbelastning
Samtidig-hetsfaktor, α	Samtidighetsfaktor beskriver hvor sannsynlig det er at alle komponenter i et system har samtidig maksimal belastning. Den er altså et mål for samtidigheten mellom komponentene. Samtidighetsfaktoren kan da bestemmes for en bestemt gruppe av komponenter (innad i et bygg), eller for en bestemt gruppe eller type bygg. Typiske verdier for samtidighetsfaktoren for ulike byggtyper kan finnes i tabeller i standarder o.l.
Sammenlagningsfaktor, s_i	Sammenlagningsfaktoren er et uttrykk for et individuelt bygg sin effektansvarlighet til området/trafoen. Sammenlagningsfaktoren kan også brukes på komponentnivå innad i bygg og vil da være et uttrykk for den individuelle lasten sin effektansvarlighet for bygget.
Gjennomsnittlig makslast, $\overline{P}_{\max}(n)$	Gjennomsnittlig makslast for en byggtipe er summen av de individuelle makslastene for en gruppe bygg dividert på antall individuelle bygg.

2 Behov hos industrien

2.1 REN³ og nettselskap

Nettselskapene i Norge er lovpålagt å tilby kundene strøm hele døgnet hele året, og strømmettet er dimensjonert for å kunne overføre belastningen de timene i året med høyest strømbruk. For nettplanlegging benyttes det i dag ulike verktøy for å framskrive det fremtidige effektbehovet og topplasten. En vanlig måte å gjøre dette på er å ta utgangspunkt i dagens lastprofil for et område og skalere disse opp mot forventet befolkningsvekst eller framskrevet årlig energibruk [4]. Andre metoder beregner kapasitetsbehovet ved å se på forventet topplast for individuelle bygg og deretter multiplisere summen av topplastene med samtidighetsfaktorer. Ettersom energibruk i bygg endrer seg over tid, er det nødvendig å oppdatere lastprofilene for individuelle bygg og samtidighetsfaktorene. Dette er blant annet viktig for å dimensjonere trafoer i distribusjonsnettet i forhold til faktisk belastning. Eksempelvis melder Føie om at maksbelastningen på deres trafoer gjerne er ca. 50 % av dimensjonert maksbelastning [5]. Dermed kunne størrelsen på mange transformatorer ha blitt redusert. For at innmeldt effekt fra kundene til nettselskapene i større grad skal reflektere faktisk effektforbruk i bygg er det behov for mer og bedre erfaringstall.

Dagens metoder tar ikke hensyn til at lastprofilene har endret seg over tid som følge av bl.a. energieffektivisering og nye byggstandarder. I tillegg vet vi at elektrisitetsbehovet for bygg er forventet å endre seg ytterligere som følge av mer effektive tekniske systemer i bygg, mer lokal elektrisitetsproduksjon og lading av elektriske kjøretøy. Ved økt innfasing av elektriske personbiler [6] vil elektrisitetsbehovet i bygg vil øke. Dersom ladingen ikke styres vil også topplasten og samtidigheten til elektrisitetsbruken i bygg øke [7], og dermed også topplasten i områder [8]. Det er forventet at forbruksfleksibilitet kan bidra til å utnytte eksisterende nettkapasitet noe, men det er likevel nødvendig å ha kunnskap om ulike laster og energiformål, og herunder hvor sannsynlig det er at disse forekommer samtidig. Det er også viktig å kjenne til hva som er den typiske samtidigheten for ulike bygningstyper, og hvordan sammensetningen av ulike bygg og antall bygg påvirker topplasten i et område.

For å kunne dimensjonere fremtidens strømmett, er nettselskapene avhengige av at deres kunder (utbyggere/rådgivere/installatører) melder inn realistiske anslag på byggs makseffekt, og at de har realistiske samtidighetsfaktorer som tar hensyn til endringer i bygg og til lading av elbiler. For å tilby dette er det behov for mer kunnskap om samtidighetsfaktorer for *ulike bygg og ulike energiformål, samt mer kunnskap om*

³ <https://www.ren.no/>. REN jobber med standardisering av materiell og arbeidsmetoder i norske nettselskap. Blant annet er SINTEFs "Planleggingsbok for kraftnett" tilgjengelig hos REN.

bygningers *formålsfordelte* energibruk og *lastprofil*. I boligsammenheng er det særlig viktig å kjenne til lastprofilene til tappevann og romvarme, da disse dominerer lastprofilene [9]. Mens det er ventilasjons- og romvarme som er dominerende i de fleste forretningsbygg.

2.2 Enova

Enova har foreslått å inkludere topplasten til bygg som et element i energimerket for at bygg skal ha et incentiv til å kunne bidra til å begrense belastningen på kraftnettet. På den måten kan bygg bidra til å redusere flaskehalsen i distribusjonsnettet. En metode for beregning av effektbelastningen for bygninger er nødvendig for å ta inn denne endringen. Forslag for endring av energimerket ble oversendt OED i 2019 med høringsfrist 13.mai 2020. Forslaget ligger per dags dato fremdeles til behandling hos OED.

2.3 Standard Norge, byggindustri og byggeiere

Det mest oppdaterte metodesettet for beregning av energibruk i bygg, er dokumentert i NSPEK 3031:2021 [3]. Denne benyttes i dag av rådgivere og bygningsutviklere i bygninger med høye energiambisjoner, mens dagens byggeteknisk- og energimerkingsforskrifter henviser til en utgått standard NS 3031:2014 [10].

I mangel på standardiserte metoder for beregning av bygningers effektbehov er det utviklet en ny standard (SN/TS 3032) for beregning av effektbehov i enkeltbygg. Enovas forslag om å inkludere byggets topplast som et element i energimerket, er avhengig av en omforent metode for å beregne effektbehovet, og vil lene seg på SN/TS 3032. Standarden SN/TS 3032 skal dokumentere en metode for å beregne effektbehov for ulike byggtypen for å gi et bedre grunnlag for å kunne beregne/dimensjonere nødvendig størrelse på el-inntak i byggene [3].

Formålet med ny NS3032 er følgende:

1. Beregning av lokal oppvarmings- og kjøleeffekt for et rom eller en sone. F.eks. beregne nødvendig størrelse på radiatorer og kjøleabfler (effekt) for et cellekontor eller et kontorlandskap (sone).
2. Beregning av størrelse på installasjoner i varmesentral og kjølesentral. F.eks. bestemme størrelse på varmepumpe (grunnlast) og elkjel (spisslast) og kjølemaskin for et kontorbygg.
3. Dokumentere effektbidrag fra energikilder i bygget, samt eksport av disse fra bygget
4. Optimalisere effektbehovet til en ny bygning ved å bruke metoden på alternative løsninger eller spesifiserte bruksbetingelser
5. Vurdere virkningen av mulige tiltak på eksisterende bygninger ved å beregne effektbehovet med og uten effekttiltak, både med hensyn til redusert effektbruk, klimagassutslipp og reduserte effektkostnader

6. Levere effektberegninger som er kompatibel med Enovas forslag til revisjon av energimerkeordningen der man ønsker å basere energimerke-skalaen på effektbehov i tillegg til levert energi.

Effektberegningsstandarden bruker bygg av en viss størrelse som underlag for lastprofilene. Generelt forutsetter standarden for alle andre kategorier enn småhus at størrelsen på bygget er stor nok til at samtidigheten er maksimal.

For småhus forutsettes det at det arbeides med en typisk enebolig. Dermed kan standarden ikke beregne effektbehovet av flere enn ett småhus, og vil ikke kunne vurdere småhus av forskjellig størrelse eller vise forskjellen på effektbehov per arealenhet for en boligblokk med få eller mange leiligheter. Til dette ville en måtte benytte samtidighetsfaktorer for de ulike energiformålene inne i byggene, som ikke er kjent i dag. Vi vet at topplasten for ulike energiformål i byggene forekommer på ulik tid, og det er derfor behov for mer kunnskap om samtidigheten til de ulike lastene internt i byggene.

2.4 Andre interessenter

For konsumenter, produsenter, leverandører og installatører av særlig varmekilder, er det et stort behov for mer kunnskap om hvordan ulike oppvarmingsteknologier påvirker effektbehovet i ulike typer bygg. Dette melder for eksempel Norsk varmepumpeforening. For bygningsmassen er det romoppvarming som er den største bidragsyteren til topplasten [9]. Mer kunnskap om hvordan oppvarmingsteknologier påvirker effektbehovet kan bidra til bedre dimensjonering av oppvarmingssystemer og dermed mindre kostbare løsninger for konsumentene.

3 Teori: Samtidighetsfaktor og Sammenlagersfaktor

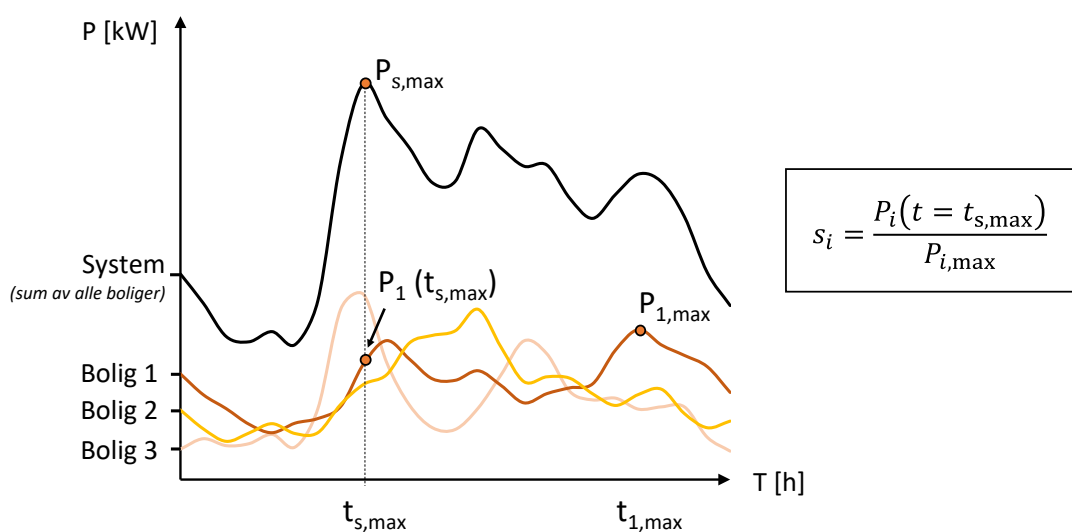
I den daglige tale i bransjen, brukes de to begrepene samtidighetsfaktor og sammenlagersfaktor om hverandre. I Norge brukes ofte begrepet sammenlagersfaktor når det egentlig menes samtidighetsfaktor. Dette kapitlet presenterer og forklarer de to begrepene, samt presenterer en metode for å beregne disse.

Generelt kan man si at sammenlagersfaktorer anvendes for å beregne inntakskapasitet for bygg, mens samtidighetsfaktoren anvendes for å beregne kapasitet på en trafo basert på belastning fra flere kunder.

3.1 Sammenlagersfaktor, s_i

Sammenlagersfaktoren er et uttrykk for et byggs "effektansvarlighet" og beskriver hvor stor del av byggets egen makslast som bidrar til makslasten i nettet (eller på trafoen) [11]. Med andre ord kan sammenlagersfaktoren si noe om hvor mye av byggets makslast som sammenfaller med systemets makslast. På samme måte kan man gå inn i bygget og beskrive hvor stor andel av hver enkelt komponent sin makslast bidrar til byggets makslast. Figur 1 illustrerer formelen for sammenlagersfaktoren. I likning (1) er telleren boligens last på det tidspunktet når nettet har sin makslast, og nevneren er boligens egen makslast. Hvis boligens makslast inntreffer på samme tidspunkt som makslasten i nettet, vil sammenlagersfaktoren til bygget være lik 1.

$$s_i = \frac{\text{individuell last ved tiden } t \text{ når makslast for systemet inntreffer}}{\text{individuell makslast}} = \frac{P_i(t = t_{s,\max})}{P_{i,\max}} \quad (1)$$



Figur 1 Illustrasjon av sammenlagersfaktoren, s_i . (basert på figur i [11])

Den individuelle sammenlagningsfaktoren kan brukes for å finne maksimal effektbelastning for ett bygg hvis vi kjenner til de individuelle lastenes maksimallast, $P_{i,\max}$, på følgende måte:

$$P_{S,\max} = s_1 \cdot P_{1,\max} + s_2 \cdot P_{2,\max} + s_3 \cdot P_{3,\max} \quad (2)$$

Eller generelt, der vi kjenner til maks-effekten på de ulike forbrukslastene, i :

$$P_{S,\max} = \sum_{i=1}^N s_i \cdot P_{i,\max} \quad (3)$$

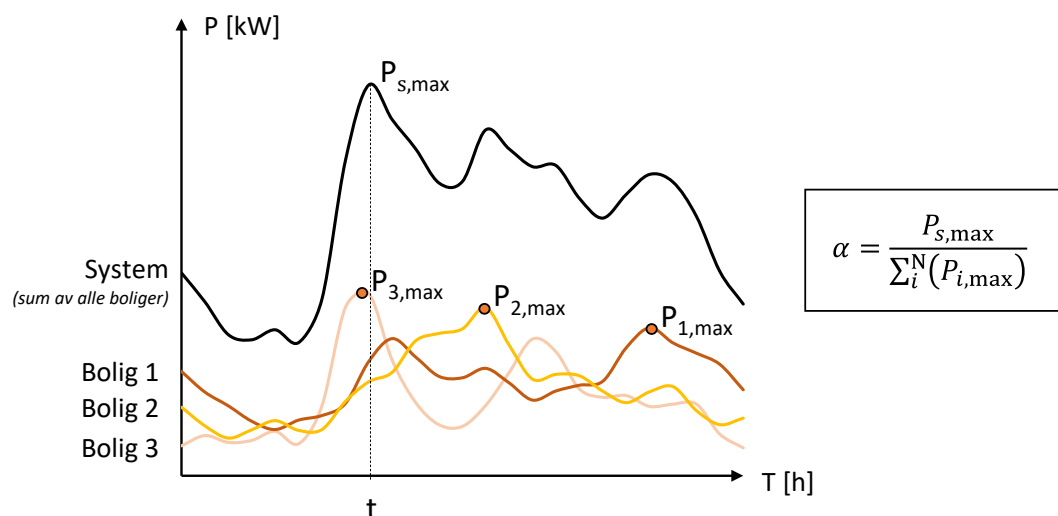
På samme måte kan man finne maksimal effektbelastning for en trafo hvis vi kjenner til de individuelle lastenes maksimallast, $P_{i,\max}$, og deres tilhørende sammenlagningsfaktor, s_i , men dette brukes ikke så ofte.

I litteraturen er sammenlagningsfaktoren lite brukt. Det ser ut til at den sammenlagningsfaktoren oftest brukes til å dimensjonere inntakssikringer i bygg basert på enkelt-komponenters teoretiske installerte effekt, men at den da går under navnet *maximum utilisation factor* (se mer i Kap 3.4). I nettsammenheng kan sammenlagningsfaktoren benyttes til å vise belastningsstrukturen i eksisterende nett, og dermed få økt forståelse av sitt eget nett. Ifølge Planboka (Planleggingsbok for kraftnettet) beskrives den som hvor stor del av knutepunktets maksimaleffekt som skyldes den enkelte kunde. Slik vist i Figur 1, så vil sammenlagningsfaktoren avhenge av byggets (nettets) lastprofil og når dets maksbelastning inntreffer. Sammenlagningsfaktoren er derfor ikke en isolert verdi, men vil avhenge av de andre lastene i bygget (nettet).

3.2 Samtidighetsfaktor, α

Samtidighetsfaktoren sier noe om hvor trolig det er at alle individuelle bygg (av samme type) har sin makslast samtidig. Samtidighetsfaktoren er definert som i Likning (4) under, og beregnes ved å dele makslasten til systemet på summen av de individuelle makslastene til alle byggene i systemet. Hansen (2021) [11] skriver at *"samtidighetsfaktoren tar hensyn til at ikke alle komponentene er i drift samtidig med maksimal belastning. Den er altså et mål for samtidigheten mellom komponentene. Faktoren kan da bestemmes for en bestemt gruppe av komponenter."* På samme måte kan vi bestemme samtidighetsfaktoren for en bestemt gruppe eller type bygg.

$$\alpha = \frac{\text{maks last i nettet}}{\text{sum av makslasten til alle individuelle bygg}} = \frac{P_{S,\max}}{\sum_i^N P_{i,\max}} \quad (4)$$



Figur 2 Illustrasjon av samtidighetsfaktoren, α . (basert på figur i [11])

I praksis brukes samtidighetsfaktoren for å finne maksimal effektbelastning for et område som består av en bestemt type bygg med samme bruksområde. Et eksempel på samtidighetsfaktorer for ulike byggtyper er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Erfaringsbaserte verdier for samtidighetsfaktorer for ulike byggtyper [11].

Bruksområde	Samtidighetsfaktor α
Små kontorer	0,5 - 0,7
Store kontorer, banker o.l.	0,7 - 0,8
Butikker	0,5 - 0,7
Varehus	0,7 - 0,9
Skoler	0,6 - 0,7
Kjemisk industri	0,5 - 0,7
Sementfabrikker	0,8 - 0,9
Næringsmiddelindustri	0,7 - 0,9
Boliger med elektrisk oppvarming	0,4 - 0,7

Basert på disse kan total effektbelastning for et område bestående av bygg med samme bruksområde beregnes på følgende måte:

$$P_{S,max} = \alpha \cdot \sum_{i=1}^N P_{i,max} \quad (5)$$

Her er $P_{i,\max}$ maksbelastning for hvert enkelt bygg i . Det gjør det mulig å ta hensyn til f.eks. ulik størrelse eller alder på bygget. Eksempelvis vil et større bygg eller eldre bygg ha en høyere makslast. Hvis byggene derimot har noenlunde samme størrelse og type (f.eks. rekkehus eller leiligheter), kan total maksbelastning beregnes på en forenklet måte vist i Likning (6), der $\overline{P_{\max}}$ er typisk makslast for ett bygg av samme type (f.eks. bolig):

$$P_{S,\max} = \alpha \cdot N \cdot \overline{P_{\max}} \quad (6)$$

Hvis vi har tilgang på måledata for N bygg, kan vi regne ut sammenlagingsfaktoren, α , ved å snu om på Likning (5):

$$\alpha = \frac{P_{S,\max}}{\sum_{i=1}^N P_{i,\max}} \quad (7)$$

$P_S(t)$ er den aggregerte lastprofilen for alle byggene N samlet. Mens $P_{S,\max}$ er den høyeste effektbelastningen i en enkelttime for alle timene t i hele tidsserien $P_S(t)$. På samme måte er $P_{i,\max}$ den høyeste effektbelastningen i en enkelttime for bygg i , i dets lastprofil $P_i(t)$ som går over alle timer t . Matematisk kan derfor Likning (7) skrives mer presist på følgende måte:

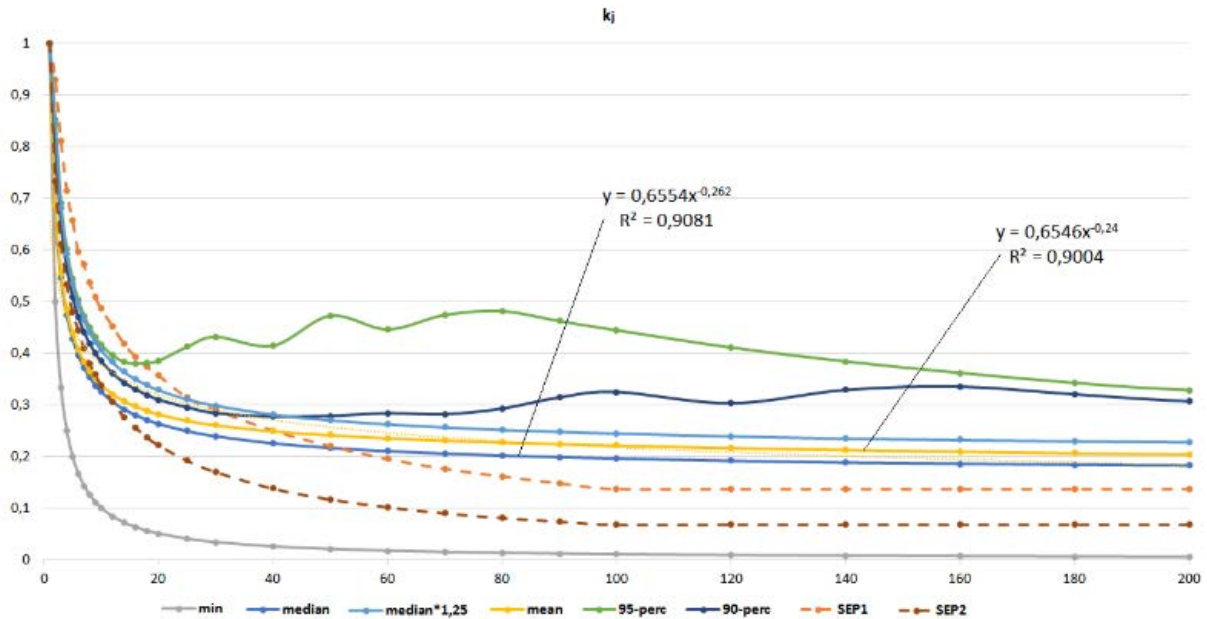
$$\alpha = \frac{P_{S,\max}}{\sum_{i=1}^N P_{i,\max}} = \frac{\max_{t \in T} P_S(t)}{\sum_{i=1}^N \left(\max_{t \in T} P_i(t) \right)} \quad (8)$$

3.3 Ett eller flere bygg?

Når vi vurderer samtidighetsfaktor og sammenlagingsfaktor for en større mengde bygg, så kan vi altså bruke formlene over, idet en da har full sammenlagring. Men når det blir færre bygg, så vil også faktorene endre seg. Grensen for dette avhenger av typologi, men erfaringen tilsier at en kan bruke formlene over hvis antallet er større enn 50. Ved færre bygg kan en skrive om Likning (7) til å avhenge av antall bygg, n , slik vist i Likning (9):

$$\alpha(n) = \frac{P_{S,\max}(n)}{\sum_{i=1}^n P_{i,\max}} \quad (9)$$

Typisk vil samtidighetsfaktoren være høyere for ett bygg enn for flere, og vil dermed ha en form som en omvendt eksponensialfunksjon. Dette er vist i eksempelet under, som viser samtidighetsfaktoren for ca. 200 leiligheter som bruker fjernvarme til oppvarming [12].

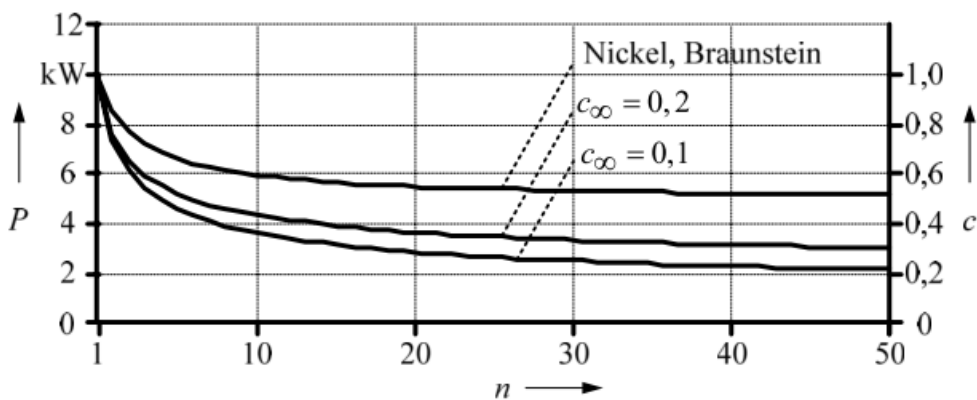


Figur 3 Eksempel på hvordan α utvikler seg med antall bygg, n . [12]

På samme måte vil også den typiske maksimale effektbelastningen per bygg endres med antall bygg. Vi kan dermed finne gjennomsnittlig maklast, $\overline{P_{\max}}$, avhengig av antall bygg, n , på følgende måte:

$$\overline{P_{\max}}(n) = \frac{P_{S,\max}(n)}{n} \quad (10)$$

Figur 4 viser et eksempel fra [13] på hvordan den gjennomsnittlige maksimale effektbelastningen per bygg (venstre akse) og samtidighetsfaktoren (høyre akse), utvikler seg med antall bygg, n (horisontal akse). Her omtaler [13] "gjennomsnittlig maksimal effektbelastning per bygg" som "peak load contribution per customer".



Figur 4 Eksempel på hvordan $\overline{P_{\max}}$ og α utvikler seg med antall bygg, n . [13]

3.4 Begrepsforvirring

I litteraturen er det heller ikke enighet rundt begrepene som benyttes. Hittil har vi sett på Samtidighetsfaktor, α , og Sammenlagringsfaktor, s_i . På engelsk er det mest vanlig å bruke *coincidence factor* om samtidighetsfaktoren, men *simultaneity factor* benyttes også. I tillegg finnes det et annet begrep, *diversity factor*, β som er den inverse av samtidighetsfaktoren dvs. $\beta = 1/\alpha$. Et godt engelsk ord for Sammenlagringsfaktor har ikke forfatterne lyktes i å finne i forskningslitteraturen, men det ser ut til at Schneider Electric bruker *maximum utilisation factor* for praktiske anvendelser som kanskje kan tilsvare dette [26].

Tabell 2 Begrepsbruk i ulike kilder

Begreper	Kommentar	Kilde
Coincidence factor	Som beskrevet i kap.3.2.	Bielecki 2019 [14]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Dickert and Schegner 2010 [13]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Bary 1945 [15]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Provoost and van Lumig 2011 [16]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Konstantelos et al. 2014 [17]
	Sier at 'simultaneity factor' er det samme som 'coincidence factor'.	Verzijlbergh et al. 2011 [18]; Sartori 2014[19]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Bollerslev et al. 2021 [20]
	Som beskrevet i kap.3.2.	Blog of Tao Hong [21]
Simultaneity factor	Beskrivelsen Endesa bruker for 'simultaneity factor' tilsvarer den for 'coincidence factor', men for et individuelt bygg (sum av lastene i bygget).	Endesa.com[23]
	Bruker begrepet 'simultaneity factor', men verdiene er >1 , hvilket tilsvarer 'diversity factor'.	Sartori 2014[19]
Diversity factor	Beskrives som den inverse av 'coincidence factor', som beskrevet i kap 3.4.	Dickert and Schegner 2010 [13]
	Beskrivelsen av 'diversity factor' tilsvarer beskrivelsen til 'coincidence factor'.	TiSoft – Engineering [24]; Schneider Electric [25]
	Som beskrevet i kap 3.4.	Konstantelos et al. 2014 [17]
	Som beskrevet i kap 3.4.	Blog of Tao Hong [21]
Load factor	(Individual) Load factor. Beskrivelsen tilsvarer den for 'diversity factor'.	Bary 1945 [15]
	Definerer 'load factor' som gjennomsnittlig last delt på makslast, og sier at den også kalles 'Utilisation factor'. Verdi lik 1 indikerer en flat lastprofil.	Blog of Tao Hong [21]
Responsibility factor	Beskrivelsen likner den for 'sammenlagringsfaktoren' i Hansen 2021.	Blog of Tao Hong [21]
Sammenlagringsfaktor	Tilsvarende definisjon er ikke funnet i andre kilder. Eneste unntak er 'Responsibility factor' i Bloggen til Tao Hong, og 'Maximum utilisation factor' hos Schneider Electric.	Hansen 2021 [11]
Samtidighetsfaktor	Blir også kalt 'Reduksjonsfaktor' på norsk	Hansen 2021 [11]

Tabell 2 gir en oversikt over hvilke begreper som er benyttet i ulike kilder. Når faktoren(e) beskrives i artiklene, er det vanskelig å finne full enighet blant forskerne. Verzijlbergh et al. [18] og Endesa [23] sier at *simultaneity factor* er et annet navn på *coincidence factor*. På den andre siden bruker Sartori [19]

simultaneity factor med en beskrivelse tilsvarende den for *diversity factor*. Videre introduserer Bary [15] *load factor*, hvor beskrivelsen stemmer overens med den for *diversity factor*. *Responsibility factor* er kun funnet brukt i bloggen til Tao Hong [21], men likner beskrivelsen på den norske "sammenlagringsfaktoren".

Schneider Electric definerer *coincidence factor* som samtidighetsfaktoren, og *diversity factor* som den inverse av denne. Men i en kommentar nevnes det at *diversity factor* og *simultaneity factor* ofte er brukt som alternative navn på *coincidence factor* (selv om *diversity factor* egentlig er den inverse) [25].

Oppsummert ser *coincidence factor* ut til å kunne hete både 'simultaneity factor' og 'diversity factor' avhengig av hvilken kilde man bruker. Men Schneider Electric definerer *coincidence* og *simultaneity factor* som identiske, og *diversity factor* som den inverse av denne.

I Norge brukes ofte samtidighetsfaktor og sammenlagringsfaktor om hverandre. I denne rapporten anbefales det å bruke begrepene slik de er beskrevet i 3.1 og 3.2.

4 Case studie: Beregning av samtidighetsfaktor for leiligheter i 4 boligblokker

Dette kapittelet beskriver hvordan måledata for levert elektrisitet fra AMS-målere fra 86 målere fra til sammen 4 boligblokker i Hønefoss (delt av Føie) er benyttet til å beregne samtidighetsfaktor for leiligheter i en case-studie.

4.1 Datatilgjengelighet

Fra 1.jan 2019 krever Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) at alle strømkunder skal ha installert smarte strømmålere (AMS). Først og fremst er målerne sett på som et verktøy for automatisk avregning og avlesning av strømforbruk med timesverdier. Disse målerne skal gi automatisk registrering av levert strøm til kundene. I tillegg til dette er det også enkelte bygg som har andre energimålere, som fjernvarmemålere, og formålsdelte energimålere for ulike formål i byggene.

AMS måler kun netto levert elektrisitet i bygg, det vil si elektrisitet som kjøpes til eller selges fra hver strømkunde i hver enkelt time. I bygg som har installert solceller eller annen lokal elektrisitetsproduksjon, vil man derfor ikke kunne lese av hvor mye strøm som *brukes* i bygget eller hvor mye som *produseres direkte fra AMS-måleren*. AMS sier heller ikke noe om hva strømmen brukes til hos de enkelte brukerne. For å si noe om dette må brukerne ha installert individuelle, formålsdelte målere.

Alle de nye AMS-målerne har en utgang kalt HAN-porten (Home Area Network) som kunder kan koble seg til. Dette kan gi tilgang til sanntidsdata og måledata med høyere tidsoppløsning. I tillegg er det flere leverandører som leverer utstyr til å koble på HAN-porten, som kan koordinere AMS-målingene med andre målepunkter i hjemmet. Slike løsninger kan for eksempel sørge for at noen formål (eks. oppvarming eller elbillading) kun benytter energi når netto levert elektrisitet er under en viss grense.

I 2021 samler nettselskap inn timesbaserte målinger fra AMS-målere til sine kunder, altså hvor mye som kundene forbruker hver time. Måledata lastes opp til Elhub og gjøres tilgjengelig for kunden og kundens kraftleverandør. Nettleie og strømrregning baseres på disse målingene. AMS-data som er koblet til et målernummer eller en adresse er personverndata. Denne informasjonen kan kun deles med kundens samtykke, eller om kunden er anonymisert.

4.2 Data fra Føie

Føie er et nettselskap som forsyner strøm til kunder i Ringerike, Hole og Nore. Selskapet har nettopp byttet navn fra Ringerikskraft Nett til Føie og har hovedkontor på Hønefoss. Føie har tilgjengeliggjort AMS-timesmålinger av levert elektrisitet til totalt 86 anonyme AMS-målere i Hønefoss til case-studien i denne rapporten.

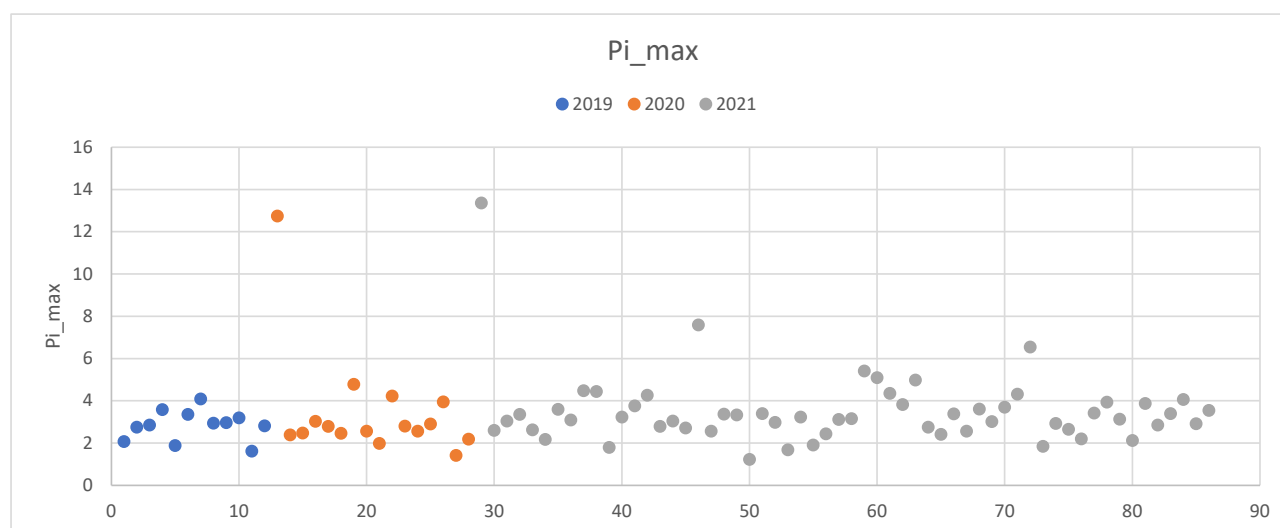
Målerne er fordelt på fire boligblokker. Blokk 1 og blokk 2 er to identiske blokker fra 2012/2013 bygget etter TEK10. Blokk 3 og 4 ble ferdigstilt i 2018, og det er usikkert om disse er bygget etter TEK10 eller TEK17. Boligblokkene har ikke solceller eller elbillading i fellesanlegg, og AMS-målerne skal da kun måle faktisk forbruk. Leilighetene er mellom 80 og 218 m². Leilighetene fra blokk 1 og blokk 2 har målinger fra 2018-2021, mens leilighetene fra blokk 3 og blokk 4 har måldata fra 2019-2021. Målerne er anonymiserte og størrelsen på hver enkelt leilighet er derfor ukjent.

Boligblokkene benytter fjernvarme, men det er ukjent om også elektrisitet brukes til elektriske varmekabler på bad eller til oppvarming/kjøling av ventilasjonsluft, men vi kan anta at elektrisitet som leveres til boligblokkene i hovedsak benyttes til elspesifikt forbruk, dvs. forbruk til elektriske apparater, belysning, vifter og pumper.

Tabell 3 Datainnsamling

	Standard	Byggeår	Måleperiode
Blokk 1	TEK10	2012/2013	01.01.2018 – 23.02.2021
Blokk 2	TEK10	2012/2013	01.01.2018 – 23.02.2021
Blokk 3	Usikker (TEK10 el.TEK17)	2018	01.01.2019 – 23.02.2021
Blokk 4	Usikker (TEK10 el.TEK17)	2018	01.01.2019 – 23.02.2021

Figur 5 viser de individuelle makslastene ($P_{i,max}$ topplast på timesnivå) for hver av de 86 målerne for alle de tilgjengelige måletidspunktene mellom 2018-2021.



Figur 5 Individuell makslast for hver av de 86 målerne/leilighetene.

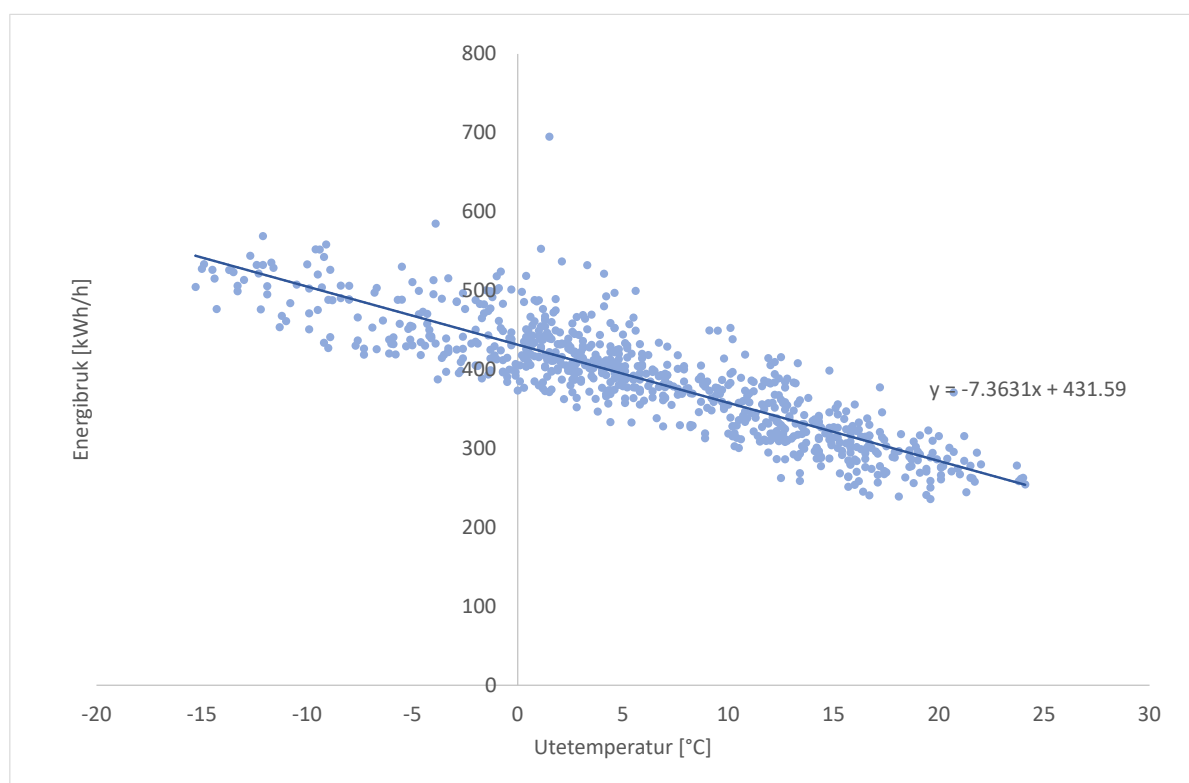
De fleste målerne/leilighetene har en topplast på 2-4 kWh/h, men fire av målerne har en timeslast som skiller seg ut med mer ekstreme verdier med en individuell topplast mellom 7-13 kWh/h. Fordi målerne er

anonymisert er det ukjent hva som kan være årsaken til at disse skiller seg ut. Det kan skyldes målefeil eller atypisk brukeradferd, eller at dette er målere som ikke går til leiligheter, men heller til trappeoppgang eller annet fellesanlegg. For å finne ut mer av mulige årsaker til at disse skiller seg ut, ble lastprofilene til de fire målerne i tillegg til fire andre tilfeldig målere hentet ut og studert. Dette er beskrevet i Vedlegg A.1.

4.3 Måledata og temperaturavhengighet

Leilighetene i datasettet fra Føie bruker hovedsakelig fjernvarme til oppvarming, men målingene tyder på at det er høyere elektrisitetsbruk på dager med lav utetemperatur, og at det er en tydelig sammenheng mellom energibruk og utetemperatur i boligblokkene.

Figur 6 viser sammenhengen mellom samlet daglig energibruk for alle målerne (Psum) for alle dager i perioden 2019-2021 og utetemperaturen. Figuren viser at det er en sterk sammenheng mellom utetemperaturen og energibruken til boligblokkene.

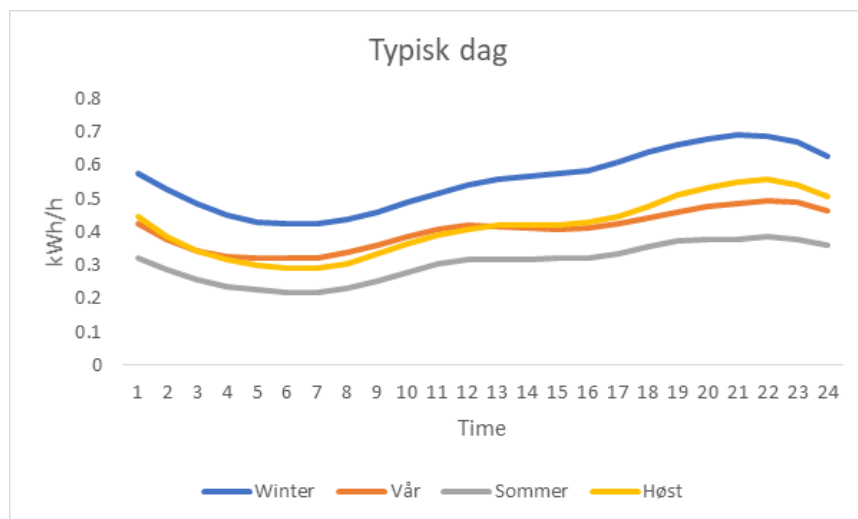


Figur 6 Sammenheng mellom leilighetenes samlede energibruk og utetemperatur.

Den gjennomsnittlige døgnlastprofilen for leilighetene fordelt på fire årstider er vist i Figur 7.

Døgnlastprofilene er et snitt av alle leilighetene, og det er store individuelle forskjeller mellom målerne, men den gjennomsnittlige profilen viser noen viktige sammenhenger og trekk ved energibruken til målerne i boligblokkene. Den gjennomsnittlige døgnlastprofilen har en variasjon gjennom dagen med lav energibruk

på natten og økende energibruk utover kvelden. Figuren viser at gjennomsnittlig døgnlastprofil er mye lavere på sommeren enn om vinteren, og omtrent lik på våren og høsten, og dette henger sammen med at det er en sterk sammenheng mellom utetemperaturen og energibruken til boligblokkene.



Figur 7 Gjennomsnittlig døgnlastprofil (arbeidsdag og helg) for de 86 leilighetene (Føie).

Årsaken til hvorfor det er en så sterk sammenheng mellom utetemperatur/sesong og økt elektrisitetsbruk er ukjent og kan skyldes flere faktorer. For eksempel kan det skyldes uidentifisert elektrisk gulvoppvarming på badene i boligblokkene eller at noen benytter elektriske oljeovner i tillegg til radiatorene med fjernvarme. Det er også ukjent hvorvidt det finnes balansert ventilasjon med elektrisk varmebatteri i blokkene. I vinterhalvåret vil det også være økt behov til belysning og lave utetemperaturer kan også gjøre at beboerne tilbringer mer tid innendørs. En lignende sesongvariasjon i elektrisitetsforbruket for norske husholdninger som er tilknyttet fjernvarme, er tidligere funnet av L. Pedersen [27].

4.4 Samtidighetsfaktor for data fra Føie

Figur 5 viste den individuelle topplasten for hver av de 86 målerne som forekommer i løpet av årene 2018-2021. Ettersom brukeradferden varierer i de ulike leilighetene, vil ikke den samlede maksimale topplasten for boligblokkene forekomme på samme tidspunkt, og den samlede topplasten vil derfor være ulik summen av alle de individuelle toppene, og det er dette forholdet som beskrives av samtidighetsfaktoren α :

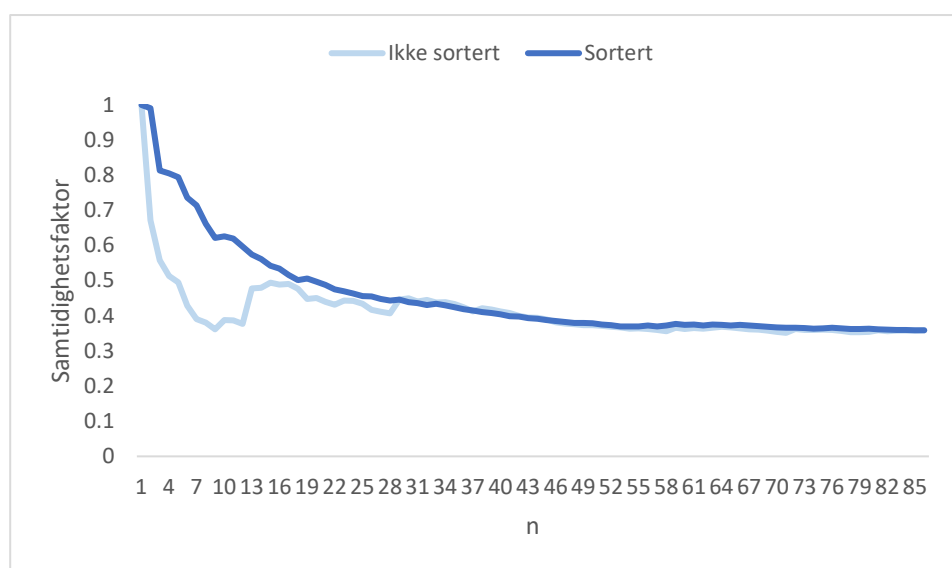
$$\alpha = \frac{\text{maks totallast}}{\text{summen av alle individuelle topper}} = \frac{P_{S,\max}}{\sum P_{i,\max}} \quad (11)$$

I de følgende delkapitlene beregnes samtidighetsfaktoren, α , for datasettet. For å ta hensyn til at topplasten i fire av målerne er såpass mye større sammenlignet med resten av målerne, og at vi samtidig ikke kjenner årsaken til dette, har vi delt analysen i to:

- 1) Inkludert "outliers": Alle målerne er inkludert (N=86)
- 2) Ekskludert "outliers": De fire leilighetene med høyest topplast er utelatt fra datasettet (N=82).

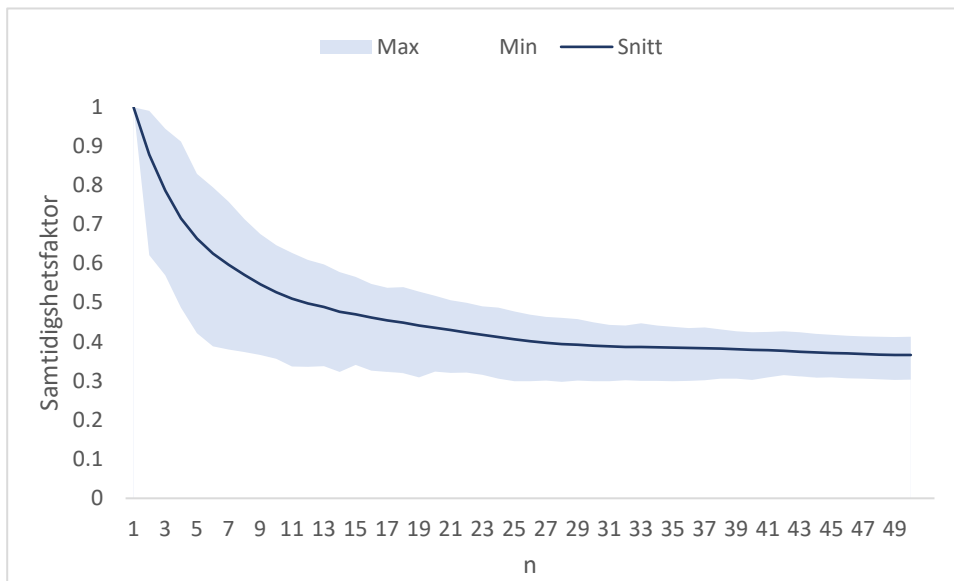
4.4.1 Samtidighetsfaktor for alle bygg (N=86)

Figur 8 viser samtidighetsfaktoren for n utvalgte målere/leiligheter når n øker mot $n=86$. Figuren viser utviklingen i samtidighetsfaktor når man inkluderer målerne i både 1) tilfeldig rekkefølge, og 2) sortert rekkefølge fra høyeste til laveste individuelle topplast. Fordi leilighetenes individuelle topplast inntreffer på ulike tidspunkt, vil også tidspunktet for når maks totallast for n bygg inntreffer variere med hvilke bygg som inkluderes i utvalget. Samtidig ser vi at samtidighetsfaktoren konvergerer når n øker uavhengig av rekkefølgen, her går den mot 0,36 når N=86. Man må derimot være oppmerksom på at verdien for færre antall målere vil variere med hvilke bygg som inkluderes i utvalget og hvilken rekkefølge de inkluderes i.



Figur 8 Utviklingen i samtidighetsfaktor for n når n øker mot 86.

Utfordringen med å bestemme hvilken rekkefølge målerne skal sorteres i, kan løses ved å trekke $n=50$ tilfeldige bygg fra datasettet (N=86) 50 ganger. Dette er vist i Figur 9 hvor den blå linjen er gjennomsnittlig utvikling av samtidighetsfaktoren når n går mot 50, mens det lyseblå feltet illustrerer variasjonen mellom laveste og høyeste oppnådde verdi i utvalgene. Ved å gjennomføre det tilfeldige uttrekket 50 ganger, konvergerer samtidighetsfaktoren i gjennomsnitt mot 0,37 når N=50 med en variasjon mellom 0,30-0,41 (ca. $\pm 0,05$).

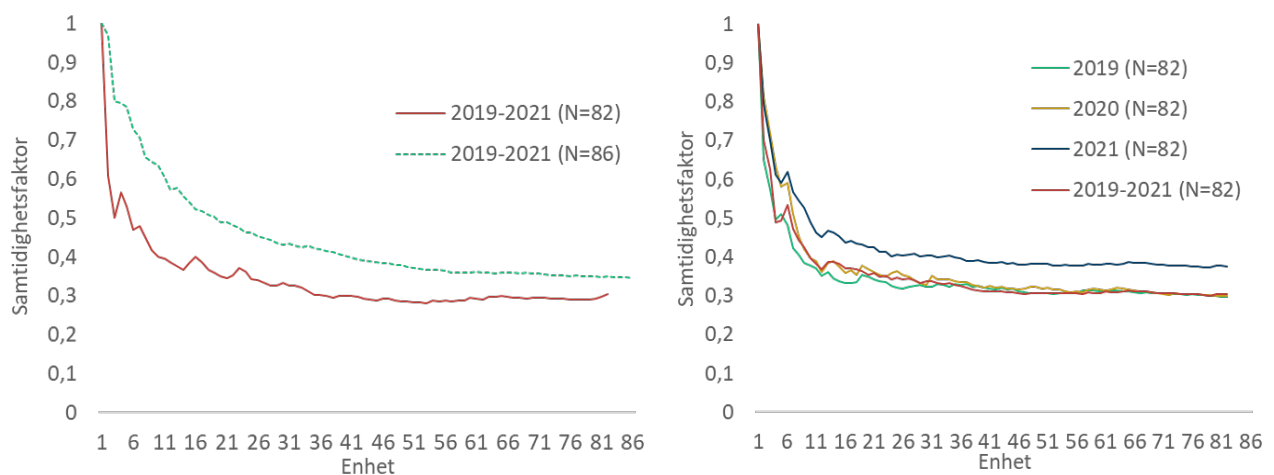


Figur 9 Utviklingen i samtidighetsfaktor for 50 tilfeldige utvalgte målere/leiligheter der n øker mot 50.

4.4.2 Samtidighetsfaktor uten ekstremverdier (N=82)

I dette kapitlet analyseres samtidighetsfaktoren for leilighetene når vi utelater de fire målerne med høyest individuell topplast. I tillegg tar vi en nærmere titt på hvordan ulike tidsavsnitt med måledata påvirker resultatene.

Figur 10 viser utviklingen i samtidighetsfaktor for N=82 for alle årene 2019-2021 a) samlet og b) individuelt. For referanse er samtidighetsfaktoren for når alle byggene (N=86) er inkludert (stiplet linje).



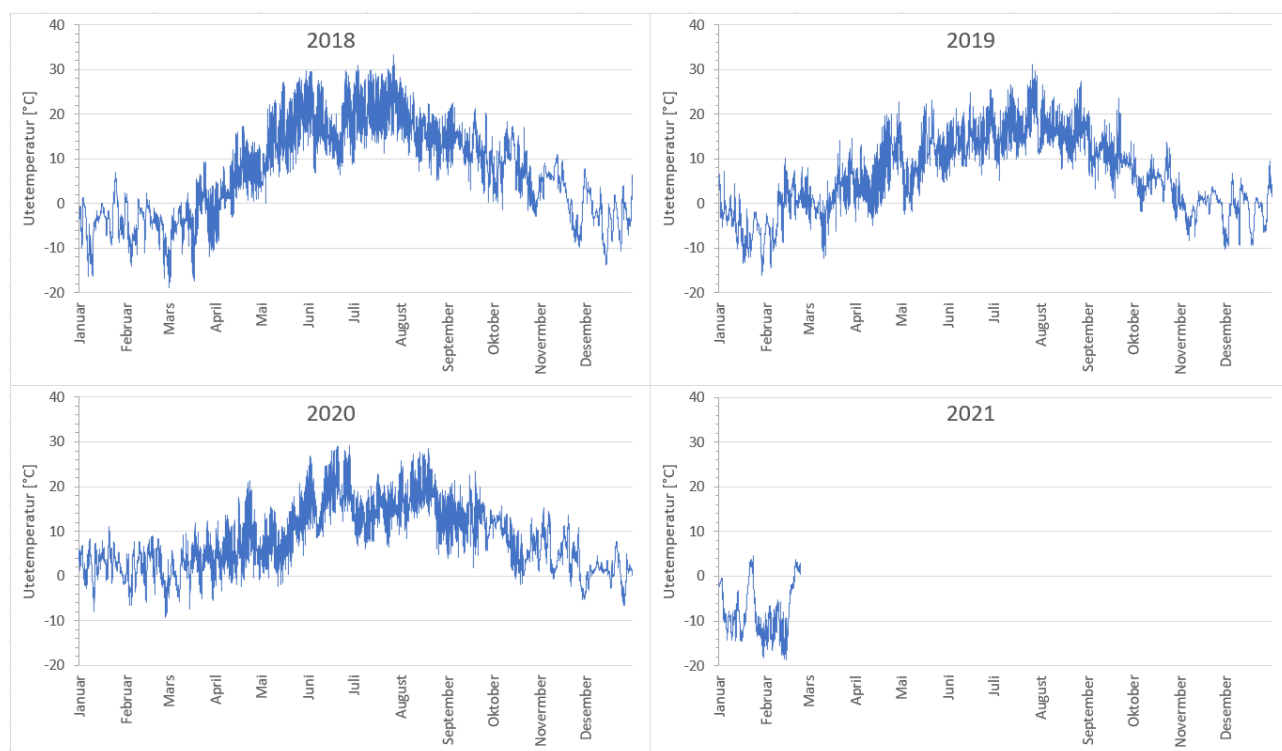
a) Med og uten ekstremverdier.

b) Klimatiske variasjoner (uten ekstremverdier)

Figur 10 Samtidighetsfaktoren påvirkes av ekstremverdier, og årlige klimatiske variasjoner.

Når $N=82$ og vi ser på årene 2019-2021 samlet, konvergerer samtidighetsfaktoren til omtrent 0,3.

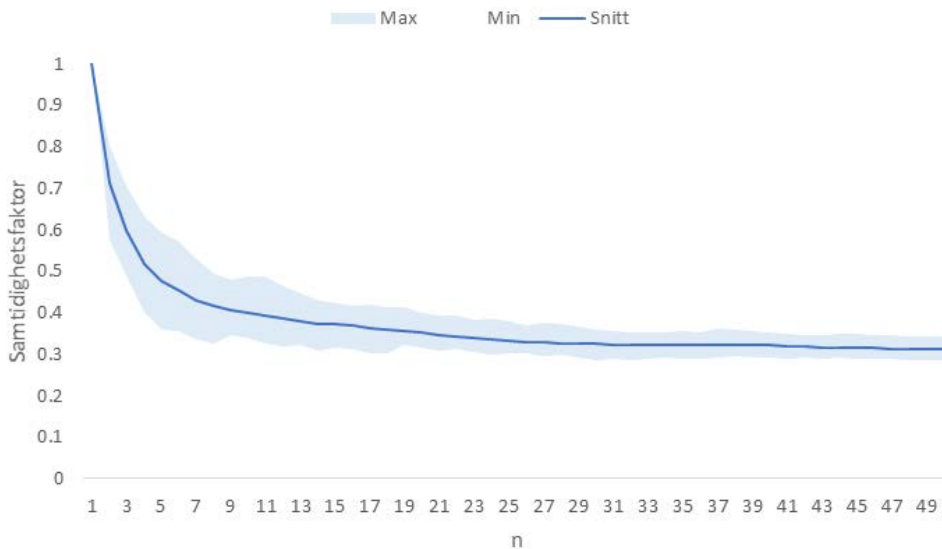
Samtidighetsfaktoren for 2021 derimot konvergerer mot 0,38. En mulig årsak til dette kan være at covid-19 pandemien førte til at flere tilbragte mer tid i hjemmet. En annen årsak kan være at 2021 hadde flere spesielt kalde vinterdager sammenlignet med årene før, som vist i Figur 11. Dette kan ha ført til økt behov for ekstra elektrisk oppvarming på spesielt kalde dager for mange av leilighetene til tross for at de har fjernvarme som hovedkilde til oppvarming.



Figur 11 Døgnmiddeltemperatur for Hønefoss 2019-2021.

Figur 10 viser at utviklingen i samtidighetsfaktoren reduseres raskere og konvergerer mot en lavere verdi for utvalget $N=82$ sammenlignet med når alle målerne er inkludert ($N= 86$). Dette skyldes at de høyeste individuelle toppene er ekskludert, og at de gjenværende målerne i datasettet har en likere og jevnere lastprofil seg imellom sammenlignet med de ekskluderte målerne.

Figur 12 viser utviklingen i samtidighetsfaktoren når 50 tilfeldige bygg fra datasettet ($N=82$) trekkes tilfeldig 50 ganger. Den blå linjen viser gjennomsnittlig utvikling av samtidighetsfaktoren når n går mot 50. Det lyseblå feltet viser variasjonen mellom laveste og høyeste oppnådde verdi i utvalgene. Sammenlignet med Figur 9, gir utviklingen i samtidighetsfaktor ved lav n mindre spenn for utvalget uten ekstremverdiene ($N=82$). Figur 12 viser også at utviklingen i samtidighetsfaktoren påvirkes av hvilke bygg som er med i utvalget og rekkefølgen på disse.



Figur 12 Samtidighetsfaktor for 50 tilfeldige utvalgte målere/leiligheter når n øker mot $n=50$.

4.5 Gjennomsnittlig makslast for data fra Føie

I de følgende delkapitlene beregnes den gjennomsnittlige (typiske) maksimale effektbelastningen per bygg for målerne fra Føie:

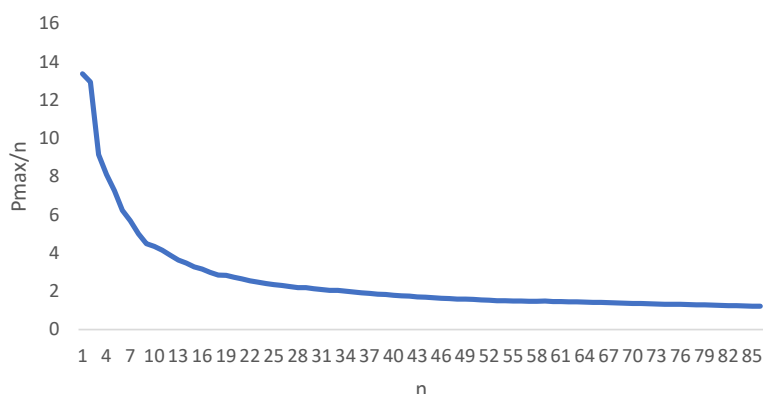
$$\overline{P_{\max}}(n) = \frac{P_{S,\max}(n)}{n} \quad (12)$$

På samme måte som for samtidighetsfaktoren, har gjennomsnittlig makslast blitt beregnet i to omganger:

- 1) Alle målerne er inkludert ($N=86$)
- 2) De 4 leilighetene med høyest individuell topplast (såkalte "outliers") er utelatt fra datasettet ($N=82$).

4.5.1 Gjennomsnittlig makslast med alle bygg ($N=86$)

Figur 13 viser hvordan gjennomsnittlig makslast for n utvalgte målere/leiligheter når n øker mot $n=86$. I denne figuren har rekkefølgen på målerne blitt sortert, slik at byggene med høyest individuell last kommer først. Gjennomsnittlig makslast konvergerer i dette tilfellet mot 1,22 når n øker mot $N=86$.

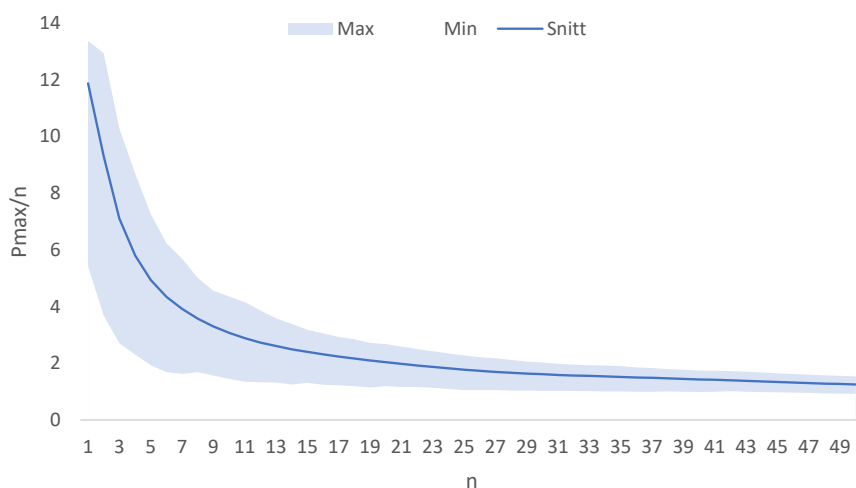


Figur 13 Gjennomsnittlig makslast ($P_{S,max}/n$) når n øker mot $n=86$.

Gjennomsnittlig makslast vil konvergere mot samme verdi uavhengig av om målerne er sortert eller ikke når n når et visst nivå. Men verdien for færre antall målere vil variere med hvilke bygg som inkluderes i utvalget og hvilken rekkefølge de inkluderes i. Dette må man derfor være oppmerksom på.

Som for samtidighetsfaktoren, kan utfordringen med å bestemme hvilken rekkefølge målerne skal sorteres i, løses ved å trekke $n=50$ tilfeldige bygg fra datasettet ($N=86$) 50 ganger. Figur 14 viser resultatet av dette for den gjennomsnittlige makslasten. Den blå linjen viser gjennomsnittlig utvikling gjennomsnittlig makslast når n går mot 50. Det lyseblå feltet viser variasjonen mellom laveste og høyeste oppnådde verdi i utvalgene.

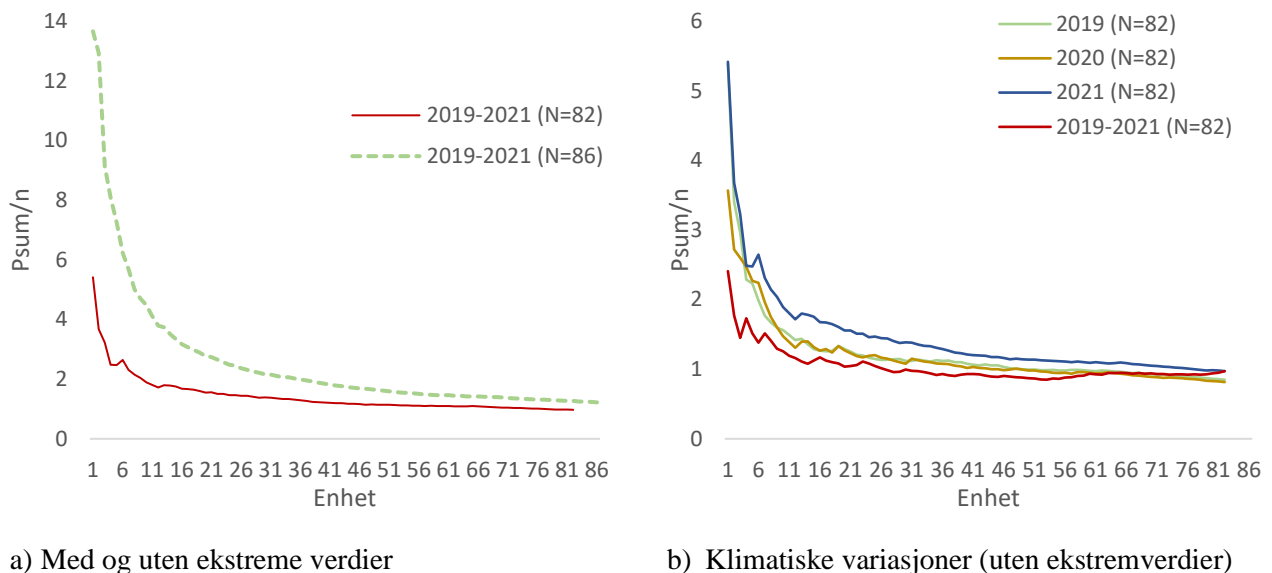
Ved å gjennomføre det tilfeldige uttrekket 50 ganger konvergerer den gjennomsnittlige makslasten i gjennomsnitt mot 1,25 når $N=50$ med en variasjon mellom 0,92-1,54 (ca. $\pm 0,3$).



Figur 14 Gjennomsnittlig makslast ($P_{S,max}/n$) for 50 tilfeldige utvalgte leiligheter når n øker mot $n=50$.

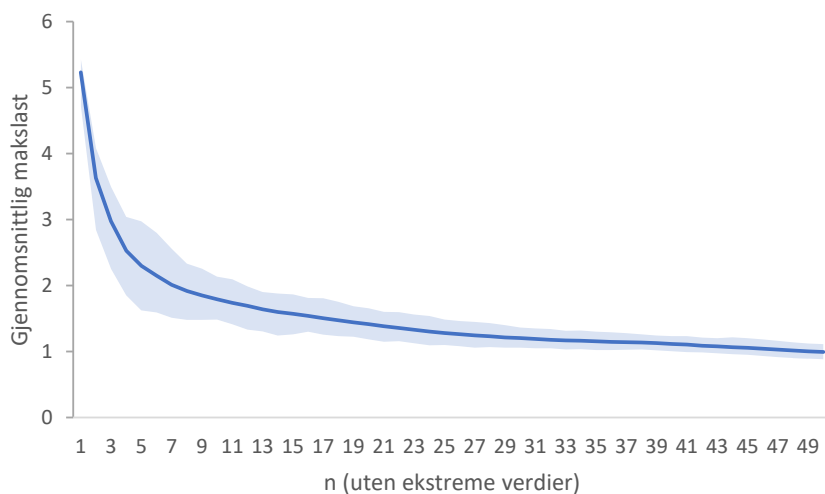
4.5.2 Gjennomsnittlig makslast uten ekstremverdier (N=82)

I dette kapitlet er gjennomsnittlig makslast for leilighetene når vi utelater de fire byggene med høyest individuell topplast, beregnet. I tillegg undersøkes hvordan ulike tidsavsnitt med måledata påvirker resultatene. Figur 15 viser utviklingen i gjennomsnittlig makslast når n går mot $N=82$. Figuren viser utviklingen for gjennomsnittlig makslast for årene 2019-2021 a) samlet, og b) separat. Utviklingen i samtidighetsfaktoren når ekstremverdiene er inkludert ($N=86$) er vist i den stiplede linjen for sammenligning. Figuren viser at når $N=82$ har vi få bygg med ekstremt høy individuell makslast, og gjennomsnittlig makslast konvergerer raskt mot lave verdier. Utviklingen i gjennomsnittlig makslast utvikler seg nesten likt for utvalget fra 2021 og perioden 2019-2021 samlet fordi gjennomsnittlig makslast for alle årene som regel forekommer i 2021 grunnet de lave utetemperaturene dette året.



Figur 15 Gjennomsnittlig makslast ($P_{S,max}/n$) når n går mot N .

Figur 16 viser gjennomsnittlig makslast når 50 tilfeldige bygg fra datasettet ($N=82$) trekkes tilfeldig 50 ganger. Den blå linjen viser gjennomsnittlig utvikling av gjennomsnittlig makslast når n går mot 50. Det lyseblå feltet viser variasjonen mellom laveste og høyeste oppnådde verdi i utvalgene. Figuren viser at utviklingen i gjennomsnittlig makslast påvirkes av hvilke bygg som er med i utvalget og rekkefølgen på disse.



Figur 16 Gjennomsnittlig makslast for 50 tilfeldige utvalgte leiligheter når n øker mot $n=50$.

4.6 Oppsummering av resultater

Resultatene i kap 4.4 og 4.5 har vist at verdien på samtidighetsfaktor og gjennomsnittlig makslast avhenger av hvilket datautvalg vi benytter oss av. I dette arbeidet har vi undersøkt følgende utvalg for å kunne undersøke hvordan disse valgene påvirker faktorene.

Utvalg som er undersøkt:

- om ekstremverdier er eliminert fra datasettet (inkludert $N=86$, eller ikke inkludert $N=82$)
- om flere klimatiske år sees samlet, eller hver for seg (2019-2021, eller de tre årene separat)
- om verdiene sorteres i minkende rekkefølge eller ikke (sortert, eller tilfeldig)

Basert på dette har vi valgt ut seks ulike utvalg som vist i Tabell 4.

Tabell 4 Utvalg av måledata

Nr.	Utvalg	Beskrivelse
1	2019 ($N=82$)	Ett klimatisk år, uten ekstremverdier, sortert
2	2020 ($N=82$)	Ett klimatisk år, uten ekstremverdier, sortert
3	2021 ($N=82$)	Ett klimatisk år, uten ekstremverdier, sortert
4	2019-2021 ($N=82$, tilfeldig)	Tre* klimatiske år, uten ekstremverdier, ikke sortert
5	2019-2021 ($N=82$, sortert)	Tre* klimatiske år, uten ekstremverdier, sortert
6	2019-2021 ($N=86$, sortert)	Tre* klimatiske år, med ekstremverdier, sortert

*Kun inkludert to måneder i 2021

Resultatene for samtidighet og gjennomsnittlig maksimallast for de seks utvalgene er vist i Tabell 5, og sortert i stigende rekkefølge i Tabell 6. Resultatene vises både for om det trekkes 50 leiligheter ($n=50$), eller om hele utvalget er inkludert ($n=N$). I det følgende kommenteres derimot kun resultatene for $n=50$.

Tabell 5 Samtidighetsfaktor og gjennomsnittlig makslast ($P_{S,max/n}$) når $n=50$ og $n=N$.

Samtidighetsfaktor (α)					Gjennomsnittlig makslast ($P_{S,max/n}$)				
Utvalg	n=50	n=N	Avvik fra gj.sn. (n=50)	Avvik fra gj.sn. (n=N)	Utvalg	n=50	n=N	Avvik fra gj.sn. (n=50)	Avvik fra gj.sn. (n=N)
1 2019 (N=82)	0,31	0,30	-6 %	-7 %	1 2019 (N=82)	1,00	0,85	-11 %	-12 %
2 2020 (N=82)	0,32	0,30	-3 %	-7 %	2 2020 (N=82)	0,98	0,82	-13 %	-15 %
3 2021 (N=82)	0,38	0,38	15 %	18 %	3 2021 (N=82)	1,14	0,97	2 %	0 %
4 2019-2020 (N=82, tilfeldig)	0,29	0,30	-12 %	-7 %	4 2019-2020 (N=82, tilfeldig)	0,87	0,97	-22 %	0 %
5 2019-2020 (N=82, sortert)	0,31	0,30	-6 %	-7 %	5 2019-2020 (N=82, sortert)	1,14	0,97	2 %	0 %
6 2019-2020 (N=86, sortert)	0,38	0,35	15 %	9 %	6 2019-2020 (N=86, sortert)	1,61	1,22	44 %	26 %
Gjennomsnitt	0,33	0,32			Gjennomsnitt	1,12	0,97		

Ved å sammenlikne resultatene for utvalg 5 og 6 i Tabell 5, viser at samtidighetsfaktoren og gjennomsnittlig makslast er ganske sensitive for om **ekstremverdiene** er inkludert. Spredningen for samtidighetsfaktoren er fra -6% til 15% av gjennomsnittet for alle utvalgene (0,33), mens spredningen for gjennomsnittlig makslast er fra 2% til 44% av gjennomsnittet for alle utvalgene (1,12), når $n=50$.

For å se på effekten av **klimatiske** forhold på samtidighetsfaktoren og den gjennomsnittlige makslasten sammenliknes resultatene for utvalg 1, 2 og 3 i Tabell 5. Her ser man tydelig at samtidighetsfaktoren er høyere for det kaldeste året (2021) sammenlignet med gjennomsnittet av alle utvalgene (+15%). Gjennomsnittlig makslast påvirkes mindre av klimatiske forhold, og gjennomsnittlig makslast er 2% over gjennomsnittet når $n=50$.

For å vurdere betydningen av om man **sorterer verdiene** i minkende rekkefølge etter at verdiene er trukket, sammenliknes utvalg fire og fem i Tabell 5. Sortering av verdiene fører til en høyere "sluttverdi" ved $n=50$ for både samtidighetsfaktoren (0,31 vs. 0,29) og gjennomsnittlig makslast (1,14 vs. 0,87). Sortering har størst betydning for gjennomsnittlig makslast.

Samtidighetsfaktoren for $n=50$ er svært lik samtidighetsfaktoren for hele utvalget ($n=N$). Det betyr at det kan være tilstrekkelig å ha 50 bygg som antall i utvalget. Derimot konvergerer ikke gjennomsnittlig makslast like bra. Her er spredningen mellom verdiene for både $n=50$ og $n=N$ høy (-15% til +26%, for $n=N$).

Når vi ser på hele tidsperioden og ekstremverdier er inkludert ($N=86$) har dette større innflytelse på gjennomsnittlig makslast (økning fra 1,14 til 1,61) enn på samtidighetsfaktoren (ingen økning).

5 Diskusjon

Arbeidet med denne rapporten har avdekket flere utfordringer knyttet til å beregne samtidighetsfaktoren for en type enhet, i dette tilfellet leiligheter. For det første har måledataene slik de ble overlevert, vært dårlig merket. Det er ikke mulig å vite hvorvidt en måler tilhører en leilighet eller om den hører til i et fellesområde i boligblokkene. Dessuten har det ikke vært mulig å skaffe tilstrekkelig metadata for de ulike målerne, herunder størrelse på leilighetene, antall beboere eller lignende. Dette gjør at det ikke er mulig å skille ut hvordan ulike parametre påvirker samtidighetsfaktoren, eller om målerne i datasettet er representative for leiligheter i Norge. Datasettet inkluderer kun hovedmålere, og vi kjenner derfor ikke til hvordan forbruket fordeler seg på energiformål bak måleren.

Datasettet viser store årlige variasjoner både for den gjennomsnittlige topplasten og for samtidighetsfaktoren når n går mot N . Variasjonene skyldes trolig en kombinasjon av hvilke målere som inkluderes i utvalget, utetemperatur og beboernes adferd. Nye samtidighetsfaktorer for ulike bygningskategorier bør derfor ta hensyn til klima, enten ved å basere de på en standardisert klimafil, eller ved å utvikle klimaavhengige samtidighetsfaktorer.

I denne rapporten har vi kun sett på et utvalgt datasett med energimålinger fra boligblokker som benytter fjernvarme som varmekilde. For å utvikle representative samtidighetsfaktorer for boligblokker og andre bygningskategorier, er det behov for tilgang til mer måledata. Metoden presentert her ved å trekke et tilfeldig utvalg flere ganger, har vist seg å være en nyttig måte å beregne samtidighetsfaktorer på som tar hensyn til både antall bygg og variasjoner i utvalg. For å fremskaffe oppdaterte samtidighetsfaktorer for norske bygningskategorier er det behov for en standardisert metodikk som tar hensyn til bygningskategori og klima for å utvikle nye samtidighetsfaktorer for bygg.

Utfordringene ligger både i nettplanlegging, men også hos byggebransjen som skal designe og utvikle fremtidens bygninger som er en sentral del av fremtidens fornybare energisamfunn. Hvordan samtidighetsfaktoren og gjennomsnittlig makslast avhenger av hvordan energi brukes bak måleren, hvor energieffektivt bygget her og hvordan det varmes opp – og denne kunnskapen er mulig å fremskaffe når vi forener kompetanse fra energibruk i bygg med kompetanse fra kraft og nett-bransjen.

6 Konklusjon

Denne rapporten har presentert litteratur og beskrevet begrepene "samtidighetsfaktor" og "sammenlagringsfaktor" og teorien bak disse. I denne rapporten har begrepet samtidighetsfaktor blitt forklart som følger: *En faktor som sier noe om hvor trolig det er at alle individuelle enheter (av samme type bygg) innenfor et visst område har sin makslast samtidig*. Samtidighetsfaktoren tar med andre ord hensyn til at ikke alle bygg har maksimal belastning på samme tid. Sammenlagringsfaktoren er på den andre siden *et uttrykk for et bygg (eller en enkeltlast i et bygg), sin "ansvarlighet" for makslasten til nabolaget (eller bygget)*. Ofte brukes disse to begrepene om hverandre i Norge.

Måledata for levert elektrisitet fra fire boligblokker med totalt 86 leiligheter i Hønefoss har blitt gjort tilgjengelig av Føie. Disse ble benyttet til å beregne samtidighetsfaktor og gjennomsnittlig makslast for leilighetene. Analysen viser at samtidighetsfaktoren og gjennomsnittlig makslast i stor grad påvirkes av antall målere, om ekstremverdier inkluderes, om målerne sorteres etter verdi (høyest til lavest) i beregningen og av klimatiske forhold (utetemperatur viser seg å ha betydning). Med et stort antall målepunkter vil utviklingen i samtidighetsfaktor konvergere mot samme verdi uavhengig av om målerne er sortert eller ikke når n når et visst nivå. Men verdien for færre antall målere vil i stor grad variere med hvilke bygg som inkluderes i utvalget og hvilken rekkefølge de inkluderes i. Utfordringen med å bestemme hvilken rekkefølge målerne skal sorteres i, har i denne rapporten blitt løst ved å trekke $n=50$ tilfeldige bygg fra datasettet 50 ganger.

Samtidighetsfaktoren ble i snitt beregnet til å være 0,33 ved et utvalg på 50 bygg 50 ganger, men med noe variasjon. Gjennomsnittlig makslast ble med samme metode beregnet til 1,12, men med større variasjon. Vi har kommet frem til at metoden med å trekke 50 tilfeldige bygg 50 ganger gir en god tilnærming for samtidighetsfaktoren, men for gjennomsnittlig makslast er spredningen fortsatt stor ved $n=50$ og utvalget må kanskje økes. Alternativt må vi akseptere at gjennomsnittlig makslast har høy varians.

Denne rapporten danner grunnlaget for det videre arbeidet i COFACTOR.

Referanser

- [1] Statistisk Sentralbyrå (SSB), “11561: Energibalanse. Tilgang og forbruk, etter energiprodukt 1990 - 2018,” 2020. <https://www.ssb.no/statbank/table/11561/> (accessed Jan. 03, 2022).
- [2] L. Ødegården and S. Bhandana, “Status og prognoser for kraftsystemet 2018,” 2018. [Online]. Available: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2018/rapport2018_103.pdf.
- [3] Standard Norge, “SN/TS 3032:2021. Bygningers energiytelse. Beregning av effektbehov.,” 2021. [Online]. Available: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/bygningsenergi/beregning-av-bygningers-effektbehov/>.
- [4] T. Boßmann, “The contribution of electricity consumers to peak shaving and the integration of renewable energy sources by means of demand response,” 2015.
- [5] Stein Arne Bakken, “Elektrokonseptene må skjerpe seg,” *Energiteknikk nr.7*, pp. 18–19, Dec. 2019.
- [6] L. Fridstrøm, *Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019*. Transportøkonomisk institutt. TØI report no. 1689, 2019.
- [7] I. E. Haukeli *et al.*, “Langsiktig Kraftmarkedsanalyse 2021-2040. Forsterket klimapolitikk påvirker kraftprisene,” 2021. [Online]. Available: www.nve.no.
- [8] J. Bjørndalen, K. Ingeberg, and B. Norheim, *Kostnader i strømmettet - gevinster ved koordinert lading av elbiler*. Norwegian Water Resources and Energy Directorate. NVE report no.51, 2019.
- [9] D. Spilde, S. K. Lien, T. B. Ericson, and I. H. Magnussen, *Strømforbruk i Norge mot 2035*. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE). NVE report no.43, 2018.
- [10] Standard Norge, “NS 3031:2014. Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data.,” 2014. [Online]. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=702386>.
- [11] E. H. Hansen, *Elektroinstallasjoner*. Classica forlag AS, 2021.
- [12] N. D. Lian, “Modellering av dimensjonerende el-spesifikk last for leiligheter i Fjellhamar Bruk,” Master Thesis. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), 2018.
- [13] J. Dickert and P. Schegner, “Residential load models for network planning purposes,” 2010.
- [14] S. Bielecki, “Estimation of maximum loads of residential electricity users,” *E3S Web Conf.*, vol. 137, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201913701006.
- [15] C. Bary, “Coincidence-Factor Relationships of Electric-Service-Load Characteristics,” *Trans. Am. Inst. Electr. Eng.*, vol. 64, no. September, pp. 623–629, 1945, doi: 10.1109/T-AIEE.1945.5059190.
- [16] F. Provoost and M. van Lumig, “The Use of Smart Meters to Improve Customer Load Models,” *21st Int. Conf. Electr. Distrib. (CIRED), Frankfurt 6-9 June*, no. 0799, p. 4, 2011.
- [17] I. Konstantelos, M. Sun, and G. Strbac, *Quantifying demand diversity of households*. Report for the “Low Carbon London” LCNF project: Imperial College London, 2014.
- [18] R. A. Verzijlbergh, Z. Lukszo, E. Veldman, J. G. Slootweg, and M. Ilic, “Deriving electric vehicle charge profiles from driving statistics,” *Proceedings of IEEE Power Energy Society General Meeting (PES GM), 24-28 July*, 2011, doi: 10.1109/PES.2011.6039609.
- [19] I. Sartori, J. Ortiz, J. Salom, and U. I. Dar, “Estimation of load and generation peaks in residential neighbourhoods with BIPV: bottom-up simulations vs . Velander,” *Proceedings of World Sustainable Building, Barcelona Oct 28-30*, 2014, doi: 987-84-697-1815-5.
- [20] J. Bollerslev *et al.*, “Coincidence Factors for Domestic EV Charging from Natural Driving and Plug-in Behaviour,” *IEEE Trans. Transportation Electrification*, vol. 7782, no. c, pp. 1–12, 2021, doi: 10.1109/TTE.2021.3088275.
- [21] T. Hong, “Load Factor, Coincidence Factor, Diversity Factor and Responsibility Factor,” *Energy Forecasting - A blog by Dr. Tao Hong*, 2021. <http://blog.drhongtao.com/2014/11/load-factor-coincidence-factor-diversity-factor-responsibility-factor.html> (accessed Oct. 23, 2021).
- [22] RLW Analytics, *Coincidence Factor Study. Residential and Commercial & Industrial Lighting*

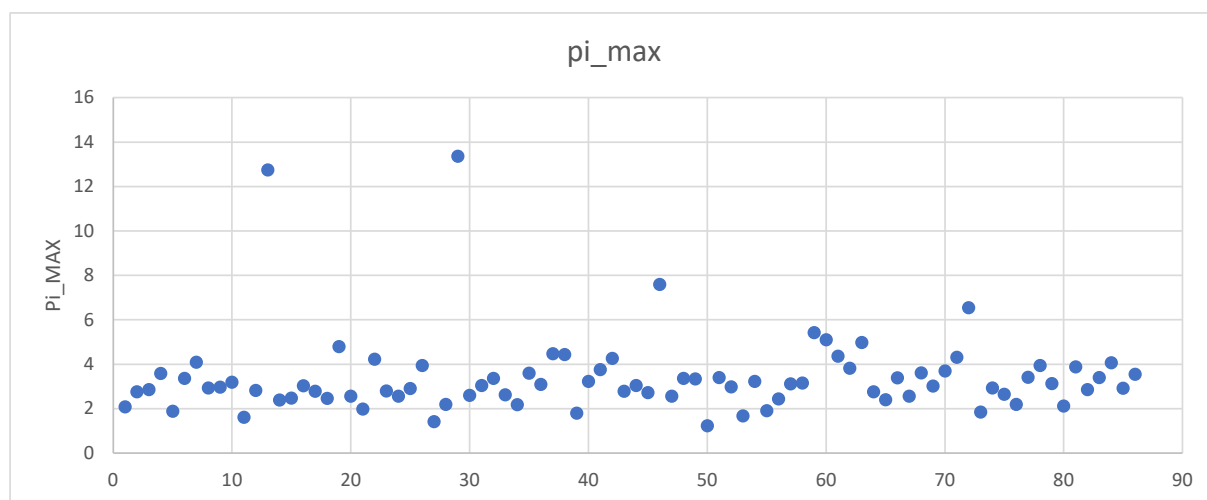
Measures. Middletown, CT 06457: RLW Analytics. Prepared for New England State Program Working Group (SPWG), 2007.

- [23] Endesa, “Endesa,” 2019. <https://www.endesa.com/>.
- [24] TiSoft, “TiSoft: Simultaneity factor,” 2022. <https://www.tisoft.com/en/support/help/electricaldesign/project/absorbedpower/simultaneity-factor> (accessed Mar. 22, 2022).
- [25] Schneider Electric, “Electrical Installatin WIKI: Power loading of an installation,” 2022. https://www.electrical-installation.org/enwiki/Estimation_of_actual_maximum_kVA_demand (accessed Jun. 28, 2022).
- [26] Schneider Electric, “Electrical Installatin WIKI: Example of application of factors ku and ks,” 2022. https://www.electrical-installation.org/enwiki/Example_of_application_of_factors_ku_and_ks (accessed Jun. 28, 2022).
- [27] L. Pedersen, “Load Modelling of Buildings in Mixed Energy Distribution Systems,” Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2007.

A Vedlegg

A.1 Analyse av målere med ekstremverdier

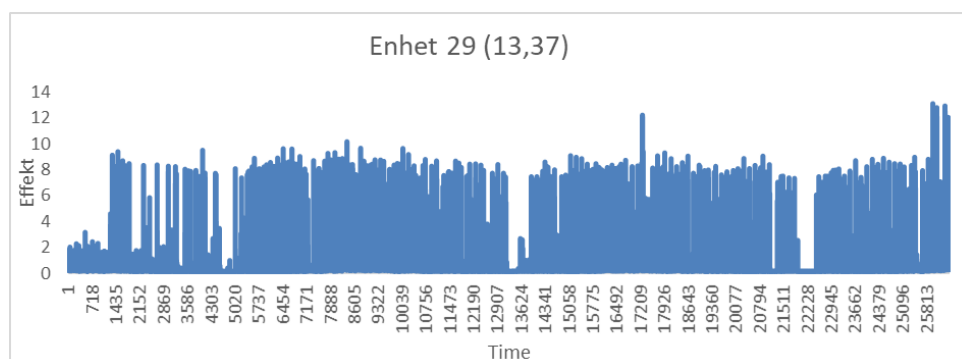
Figuren nedenfor viser de individuelle makslastene ($P_{i,max}$ topplast på timesnivå) for hver av de 86 målerne for alle de tilgjengelige måletidspunktene mellom 2018-2021.



Figur 17 Individuell makslast for hver av de 86 målerne/leilighetene.

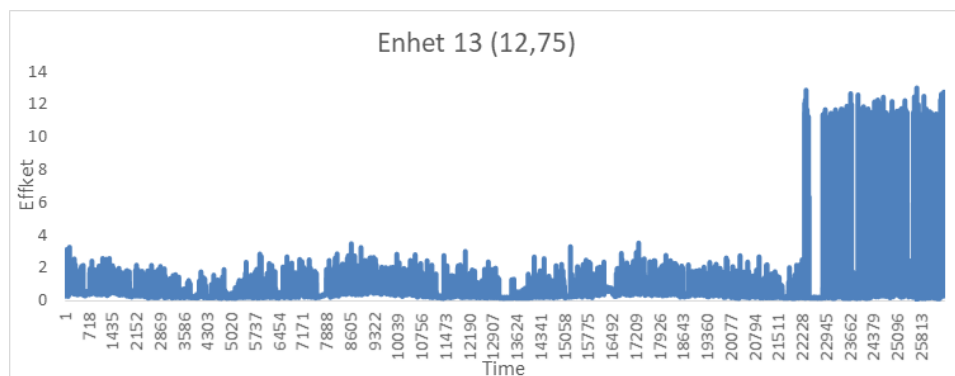
For å finne ut mer av mulige årsaker til at disse skiller seg ut, er lastprofilene til disse målerne hentet ut og er vist i figurene nedenfor. Disse figurene viser ulike lastprofiler for hver av de 4 leilighetene med ekstrem topplast.

Måler nr. 29 har jevnt høy last med flere verdier over 9 kWh/h, med lite sesongvariasjon. Måleren har enkelte avbrudd, og noen manglende verdier.



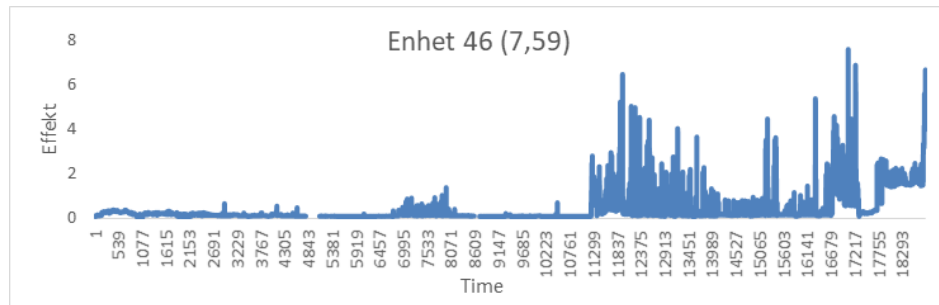
Figur 18 Lastprofil for måler/leilighet nr. 29 med høy topplast på 13,4 kWh/h.

Måler nummer 13 viser at flere høye verdier i de siste 3000 timene med tilgjengelig data, og mer normale verdier i tiden frem til dette. Dette kan skyldes målerfeil, endring i beboere eller at nytt forbruk har blitt koblet til måleren.



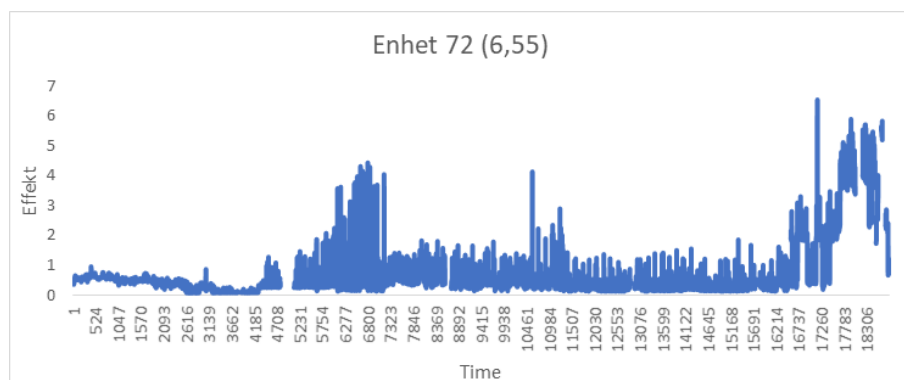
Figur 19 Lastprofil for måler/leilighet nr. 13 med høy topplast på 12,8 kWh/h.

Måler nummer 46 har veldig lave målere i de første årene med tilgjengelig måledata, og deretter mye høyere målinger det siste året.



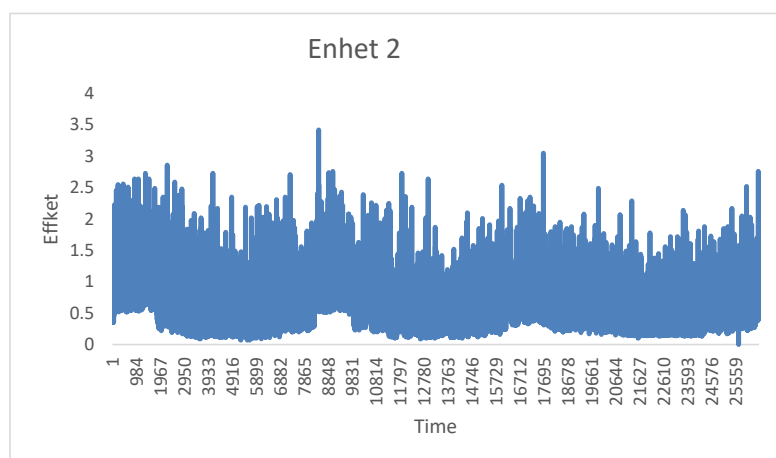
Figur 20 Lastprofil for måler/leilighet nr. 46 med høy topplast på 7,8 kWh/h.

Måler nummer 72 viser 2 perioder med jevn og lav elektrisitetsbruk og 2 perioder med høy elektrisitetsbruk.

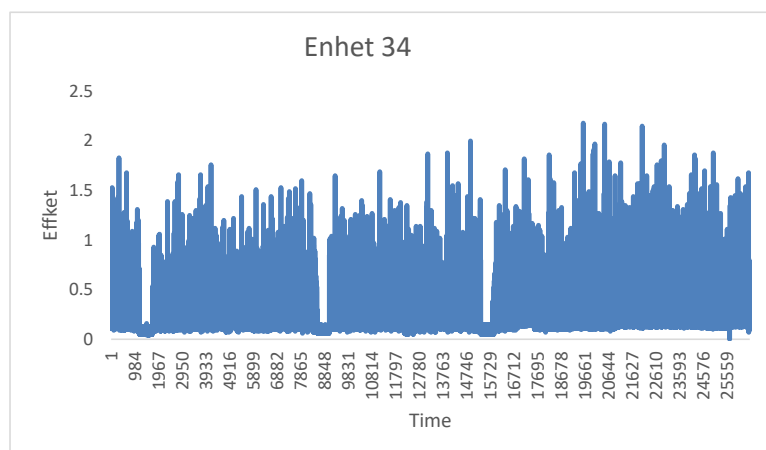


Figur 21 Lastprofil for måler/leilighet nr. 72 med høy topplast på 6,6 kWh/h.

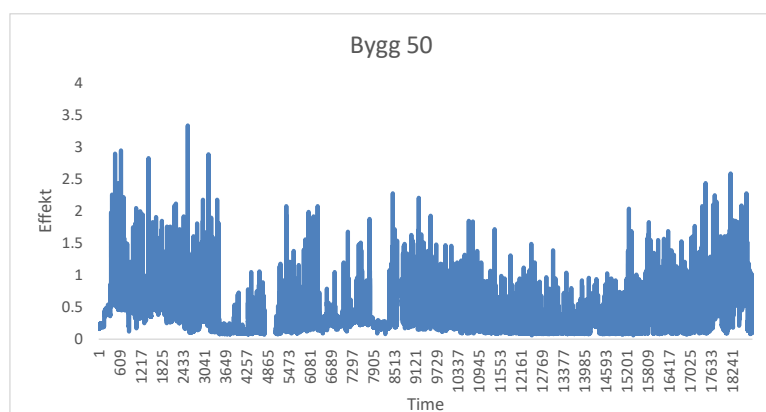
For å kunne si noe mer om lastprofilene til de 4 byggene med høye timesverdier fra Figur 17-Figur 21 er det hentet ut lastprofiler for 3 tilfeldige utvalgte bygg fra datasettet. Disse er vist i Figur 22-Figur 24. Disse figurene viser at målerne har jevnere last gjennom målerperioden, og i Figur 22 og Figur 24 er det sterkere indikasjon på sesongvariasjon, som man kan forvente i leiligheter. Også i Figur 23 og Figur 24 kan vi se at det er perioder der det mangler måledata. Vedlegg A.2 viser en oversikt over antall tomme timer for hver måler (Føie) i hvert år (2018-2021).



Figur 22 Lastprofil for måler/leilighet nr. 2



Figur 23 Lastprofil for måler/leilighet nr. 34



Figur 24 Lastprofil for måler/leilighet nr. 50

Lastprofilen til alle de 86 målerne har ikke blitt analysert individuelt. Det er ikke åpenbart hva som har ført til at de 4 leilighetene med veldig høy individuell topplast i Figur 17-Figur 21 viser et annet bruksmønster enn de tre utvalgte leilighetene. Det kan heldes ikke utelukkes at det finnes andre målere blant de 86 som viser spesielle bruksmønstre.

A.2 Oversikt over tomme verdier for hver måler (Føie) i hvert år (2018-2021)

Tabellen nedenfor viser en oversikt over nullverdier (timer uten verdi) for hver leilighet og hvert år. Vi kan anta at leiligheter som har 8761 tomme verdier i 2018 mest sannsynlig tilhører enten blokk 3 eller 4 som stod ferdig i 2018. Vi kan også observere at disse leilighetene har flere tomme verdier også i 2019, men at disse reduseres kraftig i 2021.

unit	nan 2018	nan 2019	nan 2020	nan 2021
1	2	3	3	20
2	2	3	3	20
3	8761	723	124	21
4	8761	1010	1089	549
5	8761	770	1522	21
6	8761	770	1435	21
7	8761	746	76	21
8	2	3	3	20
9	8761	770	114	21
10	8761	747	76	21
11	8761	746	100	21
12	2	3	3	20
13	8761	747	76	21
14	2	3	3	20
15	8761	771	76	21
16	8761	795	76	21
17	8761	916	364	93
18	2	3	3	20
19	8761	747	100	21
20	8761	795	124	21
21	2	3	3	20
22	8761	795	76	21
23	8761	723	100	21
24	2	3	3	20
25	8761	747	76	21
26	8761	746	76	21
27	8761	771	76	21
28	2	3	3	20
29	2	3	3	20
30	2	3	3	20
31	2	3	3	20
32	8761	723	100	21
33	8761	723	100	21
34	8761	747	100	21
35	8761	771	76	21
36	8761	771	100	21
37	2	3	3	20
38	8761	770	76	21
39	8761	723	76	21
40	8761	747	76	21
41	8761	771	76	21
42	2	3	3	20
43	8761	771	100	21
44	8761	747	76	21
45	2	3	3	20
46	8761	771	76	21
47	8761	771	100	21
48	2	3	3	20
49	2	3	3	20

unit	nan 2018	nan 2019	nan 2020	nan 2021
50	8761	723	76	21
51	2	3	3	20
52	8761	771	76	21
53	2	3	3	20
54	8761	1178	364	117
55	8761	747	100	21
56	2	3	3	20
57	8761	747	76	21
58	2	3	3	20
59	2	3	3	20
60	2	3	3	20
61	2	3	3	20
62	8761	747	100	21
63	8761	1203	148	45
64	8761	747	196	21
65	2	3	3	20
66	8761	746	100	21
67	8761	723	76	21
68	2	3	3	20
69	2	3	3	20
70	8761	747	100	21
71	2	3	3	20
72	8761	771	100	21
73	2	3	3	20
74	2	3	3	20
75	8761	747	76	21
76	2	3	3	20
77	2	3	3	20
78	8761	723	100	21
79	2	3	3	20
80	8761	747	76	21
81	2	3	3	20
82	8761	746	76	21
83	8761	1011	438	93
84	2	3	3	20
85	8761	771	100	21
86	2	3	3	20



Teknologi for et bedre samfunn