

Thomas Tømte
Melina Weiby
Trym Skoglund
Kjersti Føllesdal

Effektbehov i moderne elektriske anlegg

En sammenligning av dimensjonert og målt elektrisk effektbehov i moderne helse- og skolebygg

Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for elkraftteknikk

Bacheloroppgave

2020



Thomas Tømte
Melina Weiby
Trym Skoglund
Kjersti Føllesdal

Effektbehov i moderne elektriske anlegg

En sammenligning av dimensjonert og målt elektrisk effektbehov i moderne helse- og skolebygg

Bacheloroppgave
Mai 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for elkraftteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Tittel: Effektbehov i moderne elektriske anlegg - En sammenligning av dimensjonert og målt elektrisk effektbehov i moderne helse- og skolebygg	20.Mai 2020 Antall sider: 55 Antall vedlegg: 7	Master		Bachelor	X
Forfattere: Thomas Tømte, Melina Weiby, Trym Skoglund og Kjersti M. Føllesdal					
Intern veileder/ : Ola Furuhaug / NTNU					
Ekstern veileder/oppdragsgiver: Jonny Block/Rambøll Norge AS					
Sammendrag: <p>Denne bacheloroppgaven sammenligner dimensjonert elektrisk effektbehov og målt elektrisk effektforbruk i fire skolebygg og et helsebygg. Den ser i tillegg på installert elektrisk effekt og effekt pr. kvadratmeter. Byggene eies og driftes av Trondheim kommune, og følger minimum byggteknisk forskrift TEK07. Studiens hensikt er å gi oppdragsgiver et bedre grunnlag for utarbeidelse av generelle retningslinjer for beregninger av effektbehov – dette for å redusere kostnader og miljøutslipp. Rapporten er avgrenset til å omhandle elektrisk effekt, men data fra fjernvarme er inkludert for å gi et bilde over det totale effektforbruket.</p> <p>Effektmålingene benyttet i denne rapporten er hentet fra det web-baserte energioppfølgingssystemet Esave. Byggenes dimensjonerte effektbehov er hentet fra rådgivende elektroingeniører. Annen nødvendig teori og kunnskap er innhentet gjennom rapporter, faglitteratur, intern og ekstern veileder samt andre kontaktpersoner.</p> <p>Resultatene i rapporten viser at byggenes elektriske anlegg er kraftig overdimensjonert – helt opp mot 420%. Beregninger av faktisk forbrukt elektrisk effekt pr. kvadratmeter i et større antall tilsvarende bygg viser den samme trenden. Under byggingen av Spongdal skole ble det installert en ny transformator. Rapportens resultater viser at denne installasjonen kanskje ikke var nødvendig. Funnene kan ha stor overføringsverdi til andre næringsbygg med samme bruksområde.</p>					

Nøkkelord

Elektrisk effekt	Overdimensjonering	Elektrisk effektbehov	Installert elektrisk effekt
------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------------

Abstract

<p>Title: Oversizing of electrical systems - A comparison of designed and measured electrical power demand in modern healthcare and school buildings</p>	<p>May 20th 2020 Number of pages: 55 Number of attachments: 7</p> <table border="1" data-bbox="986 551 1439 589"> <tr> <td>Master</td> <td></td> <td>Bachelor</td> <td>X</td> </tr> </table>	Master		Bachelor	X
Master		Bachelor	X		
<p>Authors: Thomas Tømte, Melina Weiby, Trym Skoglund og Kjersti M. Føllesdal</p>					
<p>Supervisor/ : Ola Furuhaug / NTNU</p>					
<p>External supervisor/Client: Jonny Block/Rambøll Norge AS</p>					
<p>Abstract:</p> <p>This bachelor thesis compares designed and measured electrical power demand in four school buildings and one health care building. It also examines installed electrical power and power consumption per square meter. The buildings are owned and operated by the municipality of Trondheim, and comply with the regulations on technical requirements for construction work, TEK07 or newer. The purpose of the study is to provide Rambøll with a better basis for drawing up general guidelines for power calculations – this in order to reduce costs and environmental emissions. The report is limited to electrical power, yet data from district heating is included to provide a picture of the total power consumption. The power measurements used in this report are obtained from the web-based energy monitoring system Esave. The dimensioned power demands of the buildings have been obtained from consulting electrical engineers. Other necessary theory and knowledge has been obtained through reports, academic literature, internal and external supervisors as well as other contacts.</p> <p>The results of the report show that the electrical installations of the buildings are greatly oversized - up to 420%. Measurements of actual consumed electrical power per square meter in a larger number of similar buildings show the same trend. A new transformer was installed during the construction of Spondal school. The report's results indicate that this installation may not have been necessary. The results in this report may apply to other commercial buildings with similar applications.</p>					

Keywords

Electrical power	Oversizing	Electrical power demand	Installed electrical power
------------------	------------	-------------------------	----------------------------

Forord

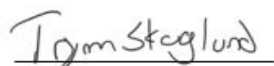
Bacheloroppgaven er det avsluttende prosjektet som gjennomføres i sjette og siste semester ved elektroingeniørstudiet ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Gruppen består av fire studenter, alle fra spesialiseringen elkraftteknikk. Prosjektarbeidet tilsvarer 20 studiepoeng og har et forventet arbeidsomfang på ca. 500 arbeidstimer per student. Oppgaven er gitt av Rambøll Trondheim.

Vi vil takke vår veileder Ola Furuhaug v/NTNU og vår kontaktperson Jonny Block v/Rambøll for god veiledningen i prosjektperioden.

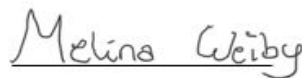
Vi ønsker også å takke Vegard Stokke v/Trondheim Eiendom for god hjelp til å finne målinger til oppgaven samt opplæring i Esave.

Gruppen har sammen fremstilt fagstoff i form av en rapport som belyser valgt problemstilling.

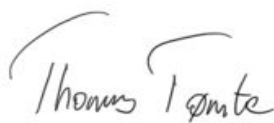
Trondheim, 20.Mai 2020



Trym Skoglund



Melina Weiby



Thomas Tømte



Kjersti Magnussen Føllesdal

Definisjoner

Anleggsbidrag - "Nettselskapene skal fastsette og kreve inn anleggsbidrag for å dekke hele eller deler av kostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder. I tillegg skal nettselskapet fastsette anleggsbidrag når kunden ber om økt kvalitet." [26]

Effekttopp - Det høyeste effektuttaket innenfor en gitt tidsperiode.

Elektrisk kraft - I denne sammenheng en annen betegnelse for elektrisk effekt.

Esave - Web-basert energioppfølgingsystem.

Flerbrukshall - Idrettshall med flere forskjellige bruksområder.

Konsesjonsområde - tillatelse til bygging og drift av varmesentraler og hovedrørnett innenfor et geografisk avgrenset område.

Næringsbygg - Bygg der det drives næringsvirksomhet, både offentlig og privat.

Prosjekteringsgrunnlag - Beregnede verdier for et nybyggs effektbehov.

Reservekapasitet - Elektrisk kapasitet utover effektbehovet.

Samtidighetsfaktor - Et tall basert på hvor mange elektriske effektforbrukere som belastes samtidig.

Trondheim eiendom - Ansvar for daglig forvaltning og drift av kommunens bygg.

Tensio - Selskap med ansvar for drift, vedlikehold og utbygning av strømmettet i Trøndelag

U-verdi - Varmegjennomgangskoeffisient. Et mål for å angi en bygningsdels varmeisolerende evne. Lav U-verdi representerer god varmeisolerende evne. [$\frac{W}{m^2K}$]

ΔP_{Dim} - Differanse mellom dimensjonert elektrisk effektbehov og målt elektrisk effektforbruk

ΔP_{Inst} - Differanse mellom installert elektrisk effekt og målt elektrisk effektforbruk

Forkortelser

AC - Vekselstrøm (Alternating current)

BRA - Bruksareal

HMS – Helse, miljø og sikkerhet.

HVS - Helse- og velferdssenter

kW - Tusen watt

LED - Light Emitting Diode

Måler - Elektrisk strømmåler

NEK400 - Normsamling

NS3701 - Norsk passivhusstandard for yrkesbygninger

NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

TEK07 - Byggteknisk forskrift 2007

TEK10 - Byggteknisk forskrift 2010

TEK17 - Byggteknisk forskrift 2017

SFP - Spesifikk vifteeffekt

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	ii
Forord	iii
Forkortelser og definisjoner	v
Figurliste	ix
Tabelliste	xi
1 Innledning	1
1.1 Problemstilling	1
1.2 Bakgrunn	2
1.3 Mottakergruppe	3
1.4 Mål	3
1.5 Avgrensninger	3
1.6 Rapportens struktur	4
1.7 Presentasjon av bygg	5
1.7.1 Åsveien skole og flerbrukshall	6
1.7.2 Lade skole	6
1.7.3 Spongdal skole og Byneshallen	7
1.7.4 Nardo skole	7
1.7.5 Persaunet helse- og velferdssenter	8
2 Teori	9
2.1 Effekt	9
2.1.1 Effekt og energi	9
2.1.2 Elektrisk effekt	9
2.1.3 Effektbehov	10
2.1.4 Effektberegninger	11
2.2 Energibærere	12
2.2.1 Fjernvarme	12
2.2.2 Nærvarme	13
2.2.3 Varmepumpe	13
2.2.4 Transformator	13

2.3	Varmetap og varmebalanse	14
2.3.1	Passivhus	14
2.3.2	Infiltrasjonstap	14
2.3.3	Transmisjonstap	14
2.3.4	Ventilasjonstap	14
2.3.5	Kuldebro	14
2.3.6	Varmegjenvinner	15
2.4	Digitalt verktøy	16
2.4.1	Esave	16
2.5	Forskrifter og standarder	17
2.5.1	Byggteknisk forskrift (TEK)	17
2.5.2	BREEAM	18
2.5.3	ISO 14001	18
2.5.4	Trondheim kommunes krav og visjon	19
2.5.5	Trondheimsnormen	19
3	Metode	20
4	Resultat	22
4.1	Resultat av målinger	22
4.1.1	Åsveien skole	23
4.1.2	Lade skole	27
4.1.3	Spongdal skole	31
4.1.4	Nardo skole	35
4.1.5	Persaunet helse- og velferdssenter	39
4.1.6	Utnyttelse av elektrisk kapasitet	43
4.1.7	Oppsummering av resultat fra målinger	44
4.2	Effektforbruk pr. kvadratmeter	45
4.2.1	Effektforbruk pr. kvadratmeter for bygg i rapporten	45
4.2.2	Effektforbruk pr. kvadratmeter i et større antall bygg	47
4.3	Trafo ved Spongdal skole	49
4.4	Årsaker til overdimensjonering	50
5	Diskusjon	51
5.1	Usikkerhet	51
5.1.1	Målinger	51
5.1.2	Prosjekteringsgrunnlag	51
5.1.3	Byggenes areal	52
5.2	Validitet og reliabilitet	52
5.3	Etikk	53

6 Konklusjon	54
Referanser	56
A VEDLEGG - Prosjekteringsgrunnlag	A.0-1
B VEDLEGG - Tekniske spesifikasjoner	B.0-1
C VEDLEGG - Effekt pr. kvadratmeter	C.0-1
D VEDLEGG - Utrekninger	D.0-1
E VEDLEGG - Mailkorrespondanse	E.0-1
F VEDLEGG - Koronaviruset	F.0-1
G VEDLEGG - Populærvitenskapelig artikkel	G.0-1

Figurliste

1.1 Lokasjon av bygg i rapporten	5
1.2 Fasade Åsveien skole [6]	6
1.3 Fasade Lade skole [36]	6
1.4 Fasade Spongdal skole [9]	7
1.5 Fasade Nardo skole [13]	7
1.6 Fasade Persaunet hvs [37]	8
2.1 Fjernvarmenettet [6]	12
2.2 Konesjonsområde Trondheim [34]	12
2.3 Skjermdump av Esave	16
4.1 Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Åsveien skole	23
4.2 Elektriske effekttopper ved Åsveien skole	24
4.3 Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Åsveien skole	25
4.4 Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Åsveien skole	26
4.5 Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Lade skole	27
4.6 Elektriske effekttopper ved Lade skole	28
4.7 Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Lade skole	29
4.8 Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Lade skole	30
4.9 Varighetsdiagram for elektrisk kraft ved Spongdal skole	31
4.10 Elektriske effekttopper ved Spongdal skole	32
4.11 Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Spongdal skole	33
4.12 Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Spongdal skole	34
4.13 Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Nardo skole	35
4.14 Elektriske effekttopper ved Nardo skole	36
4.15 Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Nardo skole	37
4.16 Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Nardo skole	38
4.17 Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Persaunet hvs	39
4.18 Elektriske effekttopper ved Persaunet hvs	40
4.19 Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Persaunet hvs	41
4.20 Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Persaunet hvs	42
4.21 Utnyttelse av dimensjonert effektbehov	43
4.22 Utnyttelse av installert effekt	43
4.23 Oppsummering installert, dimensjonert og målt elektrisk effekt	44
4.24 Dimensjonert, installert og målt elektrisk effekt	45
4.25 Målt total effekt (fjernvarme og elektrisitet)	45

4.26 Elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter bygg m/ eloppvarming	47
4.27 Elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter bygg u/ eloppvarming	48

Tabelliste

1.1	Generell informasjon om byggene	5
2.1	Eksempel på prosjektering av elektrisk effektbehov	11
4.1	Oppsummering av bygningsdata	46
4.2	Gjennomsnittlig målt elektrisk effekt for utvalgte undervisningsbygg	48

1 Innledning

1.1 Problemstilling

Hvor stor er differansen mellom dimensjonert og målt elektrisk effektbehov, hvordan oppstår avvikene og hvilke tiltak kan gjøres for å gjøre effektberegninger mer nøyaktig?

Byggene som er vurdert i denne oppgaven:

Skoler

- Lade skole
- Spongdal skole
- Åsveien skole
- Nardo skole

Helsebygg

- Persaunet helse og velferdssenter

1.2 Bakgrunn

Dimensjonering av elektriske anlegg er en av Rambølls hovedoppgaver under prosjektering av nye bygg. Effektberegninger gjort under prosjektering samsvarer ofte ikke med det faktiske effektbehovet når bygget er tatt i bruk. De erfarer derfor ofte at anleggene blir overdimensjonert. Bakgrunnen for denne oppgaven er dermed oppdragsgivers ønske om å se nærmere på hvordan beregninger av effektbehov samsvarer med det faktiske effektbehov i næringsbygg. De ønsker også et bedre grunnlag for å utarbeide generelle retningslinjer for effektberegninger.

Oppdragsgivers hovedmotivasjon for å unngå overdimensjonering er knyttet til økonomi og miljø. De økonomiske besparelsene kan i enkelte prosjekter være store, og miljøavtrykket mindre, om man under prosjekteringen har større fokus på å unngå overdimensjonering. Et unødvendig stort elektrisk anlegg fører gjerne med seg unødvendig store kostnader. Kabler, trafoer og hovedtavler som er dimensjonert for å tåle langt høyere strømmer enn hva de utsettes for, bidrar til denne kostnaden. Det er indikert fra elbransjen at 1 megawatt nettkapasitet koster om lag 10 millioner kroner i infrastruktur. [22] I tillegg består de fleste elektriske komponenter av ikke-fornybare ressurser som for eksempel kobber.

I et samfunn hvor den elektriske infrastrukturen er i stadig endring, og dets tilstedeværelse er viktigere enn noen gang, har alle aktørene i bransjen et ansvar for å ivareta samfunnets interesser for miljø, bærekraft og økonomi.

1.3 Mottakergruppe

Denne rapporten er tiltenkt og formulert for personer med elektroteknisk bakgrunn og bedrifter som arbeider med planlegging og dimensjonering av strømtilførsel til bygninger.

1.4 Mål

Formålet med rapporten er å gi oppdragsgiver et bedre grunnlag for estimering av elektrisk effektbehov i bygg slik at det er i bedre samsvar med det elektriske effektforbruket.

1.5 Avgrensninger

Til tross for at problemstillingen gjerne er økonomisk motivert, tar ikke rapporten for seg beregninger av økonomisk eller miljømessig art. Rapporten er også avgrenset til å omhandle elektrisk effekt. Under beregninger av det totale effektbehovet er det tatt hensyn til bruken av fjernvarme, men rapporten tar ikke for seg fjernvarme isolert sett. Byggene som er vurdert i denne rapporten er avgrenset til helse- og skolebygg eid av Trondheim kommune.

1.6 Rapportens struktur

Rapporten er over fordelt over 6 kapitler.

Kapittel 1 – Innledning

Kapittel 2 – Innenholder relevant teori

Kapittel 3 – Metode

Kapittel 4 – Resultat fra Esave-målingene

Kapittel 5 – Diskusjon av resultater

Kapittel 6 - Konklusjon

1.7 Presentasjon av bygg

I dette delkapittelet vil byggene presenteres. Alle byggene eies av Trondheim kommune.

	Åsveien Skole	Lade Skole	Spongdal Skole	Nardo Skole	Persaunet HVS
Eier	Trondheim Kommune	Trondheim Kommune	Trondheim Kommune	Trondheim Kommune	Trondheim Kommune
Funksjon	Skole & hall	Skole & hall	Skole & hall	Skole & barnehage	Helsehus
Byggeår	2014	2018	2014	2008	2016
BRA [m^2]	10 473	10 657	9 342	6 097	9 108
Byggepris [mill,-]	269	270	307	109,3	362
Dimensjonert for antall brukere	650	740	445	457	146
Beregnet elektrisk effektbehov [kW]	675	982	433	-	326
Installert elektrisk effekt [kW]	575	575	460	362	-

Tabell 1.1: Generell informasjon om byggene



Figur 1.1: Lokasjon av bygg i rapporten

1.7.1 Åsveien skole og flerbrukshall

Åsveien Skole og flerbrukshall sto ferdigstilt i desember 2014. Skolebygget var det første i Trondheim kommune som oppfylte kravene til passivhusstandarden. Skolen var også Trondheim kommunes pilotprosjekt i programmet Framtidens byer [7] – et program med mål om å utvikle klimavennlige bygg og byområder i Norges største byer til inspirasjon for andre. [24] Bygget benytter fjernvarme og energibrønn for å dekke behovet for oppvarming, kjøling og tappevann. Varmegjenvinner med høy virkningsgrad benyttes på ventilasjonsluften. Det benyttes behovstyring av lysene for en mer effektiv og økonomisk håndtering av lysbruken. Fokuset ved valg av løsninger har vært kommunens miljømålsettinger, og den bygningsmessige kvaliteten er høyere en kravene til passivhus. Dette innebærer blant annet at bygget har minimalt med transmisjons- og infiltrasjonstap gjennom byggets konstruksjon. [17] Bygget ble i 2015 nominert til Årets trebyggeri for sin utstrakte bruk av treverk i vegger, kledninger, himlinger og bærende konstruksjoner . Det ble i tillegg nominert til Årets bygg. [32]

1.7.2 Lade skole

Lade skole og idrettshall sto ferdigstilt i 2018. Foruten noe nødvendig bruk av stål og betong, bærer skolebygget preg av utstrakt bruk av treverk. Utvendig fasade, innvendige vegger samt noen bærende elementer består av massivt tre. Bygget tilfredsstiller kravene til passivhusstandarden og tomten har gode solforhold hele dagen. Skolen er koblet til fjernvarmenettet. Fjernvarmen brukes til romoppvarming, tappevannsoppvarming og ventilasjonsvarme. Belysningen er sensorstyrt med automatisk styring til ønsket lysnivå ut fra dagslys og bruksbehov. Ventilasjonen er delt opp i brukssoner. Klasserommene er lagt mot nord slik at man slipper problemer knyttet til overoppheting og solskjerming. [2]



Figur 1.2: Fasade Åsveien skole [6]



Figur 1.3: Fasade Lade skole [36]

1.7.3 Spondal skole og Byneshallen

Spondal barne- og ungdomsskole ligger på halvøya Byneset, omkring 22 kilometer vest for Trondheim sentrum. Skolen sto ferdigstilt i 2014 og er beregnet for elever fra 1-10.klasse. Byneshallen ligger i tilknytning til skolen og sto ferdigstilt samme år. [41] Bygningskroppen består i all hovedsak av stål og betong, med en kledning i forskjellige typer treverk. Det er brukt noe glass for å gi bedre lysinnslipp og et mer variert visuelt uttrykk. Fokuset ved prosjektering av skolen var et skolebygg som var fleksibelt og funksjonelt. Det er satt fokus på enkelhet i tekniske løsninger og minimalt med vedlikehold. Oppvarmingen kommer fra Spondal varmesentral som drives av Nord Energi AS. De leverer miljøvennlig og kortreist varme ved hjelp av bioenergi. [1]

1.7.4 Nardo skole

Nardo skole og barnehage sto ferdigstilt i 2008 og er dimensjonert etter Trondheim kommunes ”Trondheimsnormen”. Skolen er en del av Trondheim kommunes satsning i prosjektet ”Trebyen Trondheim” og har massivtre i de store konstruksjonene, kledningen og interiør. Miljøambisjonen er lavenergibygg (NS3701). Det er fokus på lavt energibruk og dette er oppnådd ved god isolering, god tetthet, varmegjenvinning og ved å unngå kuldebroer. Bygget henter varme fra 14 energibrønner, og er i tillegg tilkoblet kommunens fjernvarmeanlegg. [8]



Figur 1.4: Fasade Spondal skole [9]



Figur 1.5: Fasade Nardo skole [13]

1.7.5 Persaunet helse- og velferdssenter

Persaunet helse- og velferdssenter ligger på Persaunet i Trondheim og sto ferdigstilt i 2016. Senteret består av omsorgsleiligheter, aktivitetscenter for eldre, hjemmetjenesten og fire sykehjemsavdelinger. I tillegg finnes det en kafé og frisør. Senteret består av to bygg: hovedbygget med 96 sykehjemsplasser og servicefunksjoner, samt et bygg med 50 omsorgsboliger. [40]



Figur 1.6: Fasade Persaunet hvs [37]

2 Teori

Dette kapitlet tar for seg relevant teori. Hensikten er å gi leseren nødvendig bakgrunnsinformasjon for å få et godt utbytte av rapporten.

2.1 Effekt

2.1.1 Effekt og energi

I denne rapporten brukes begrepet effekt jevnlig. Begrepet blir ofte forvekslet med energi i elektroteknisk sammenheng. Innen fysikk er energi evnen til å utføre arbeid og måles i joule [J]. Elektrisk energi måles derimot i kilowattimer og har benevnelsen kWh. [30] 1 kilowattime er den energimengden som en effekt på 1 kW utvikler i løpet av én time. Elektrisk effekt er et mål på avgitt eller mottatt elektrisk energi pr. tidsenhet og har SI-enheten watt [W]. [18]

2.1.2 Elektrisk effekt

Enheten effekt [P] måles i watt [W] og brukes konsekvent innen elektro. Effekten [P] kan beregnes ut fra strømstyrken [I] og spenningen [U] av formelen:

$$P = U \cdot I \quad (2.1)$$

Trefase vekselstrømforsyning av elektrisk kraft er i praksis enerådende for produksjon og forsyning grunnet tekniske og økonomiske fordeler. Beregning av trefase effekt gjøres ved å multiplisere med kvadratroten av 3 ($\sqrt{3}$) og effekt faktoren ($\cos \phi$). [12]

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi \quad (2.2)$$

Effektfaktor

Effektfaktor for en vekselstrømkrets vil si at strøm og spenning ikke er i fase. Det kommer ved induktive og kapasitive belastninger. Faktoren beregnes ut fra $\cos \phi$. ϕ er vinkelen mellom strøm og spenning. For beregning av installert effekt har vi benyttet en effektfaktor på 0.8. [19] I følge oppdragsgiver opererer bransjen med en faktor på rundt 0.8-0.85. Motorer i vanlig bygg ligger oftest på 0.7-0.95 og elektronisk utstyr ligger på ca 0.85.

Forbruk av elektrisk effekt

I rapporten kommer man borti uttrykket kilowatttime pr. time, som er et mål på gjennomsnittlig effekt over en periode som i denne rapporten vil være én time. Altså det midlere effektuttaket per time. Effektverdien kan variere mye innenfor en periode på en time og dette blir en forenklet, men praktisk angivelse av forbrukt effekt. Det er verdt å merke seg at effekttopper i rapporten ikke er momentane effekttopper, kilowattimer per time. Effekttoppene kan derfor være unøyaktige.

$$\frac{\text{kWh}}{\text{h}} = \text{kW}$$

2.1.3 Effektbehov

Mengden effekt et bygg må tilføres på én gang for å opprettholde normal drift ved maks belastning omtales som byggets elektriske effektbehov og oppgis i kilowatt [kW]. I denne rapporten er det dimensjonerte, det installerte og det målte elektriske effektbehovet ofte omtalt. Det dimensjonerte elektriske effektbehovet er estimerer av effektbehovet før ferdigstilling. Det installerte elektriske effekten er i denne sammenheng definert som den effekten et byggs elektriske anlegg er i stand til å tåle. Det målte elektriske effektforbruket er definert som byggets høyeste effektuttak gjennom måleperioden på maksimalt fem år. Differansen mellom dimensjonert elektrisk behov og elektrisk effektforbruk omtales i oppgaven som ΔP_{Dim} . Differansen mellom installert elektrisk effekt og målt elektrisk effektforbruk omtales som ΔP_{Inst} . [3]

2.1.4 Effektberegninger

Proessen med å beregne effektbehovet til et bygg består i stor grad av tre parametre som multipliseres:

$$\begin{aligned} & \text{Kvadratmeter } [m^2] \\ & \text{Watt pr. kvadratmeter } \left[\frac{W}{m^2}\right] \\ & \text{Samtidighetsfaktor} \end{aligned}$$

I følge oppdragsgiver opererer bransjen med følgende effektbehov pr. kvadratmeter ved effektberegninger:

$$\begin{aligned} & 100 \frac{W}{m^2} \text{ (Elektrisk oppvarming)} \\ & 40 \frac{W}{m^2} \text{ (Uten elektrisk oppvarming)} \end{aligned}$$

Fordeling	Funksjon	m^2	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{kW}{stk}$	Samtidighetsfaktor	Effektbehov[kW]
Plan 1						
+A=433.101	Lys og stikk	950	40		0,7	151
+A=433.102	Lys og stikk	1650	40		0,7	96
Varmesentral	Teknisk			50	1	50
Ventilasjon	Teknisk			100	1	100
Areal		2600				
Reserve				1,20		
Totalt effektbehov						478

Tabell 2.1: Eksempel på prosjektering av elektrisk effektbehov

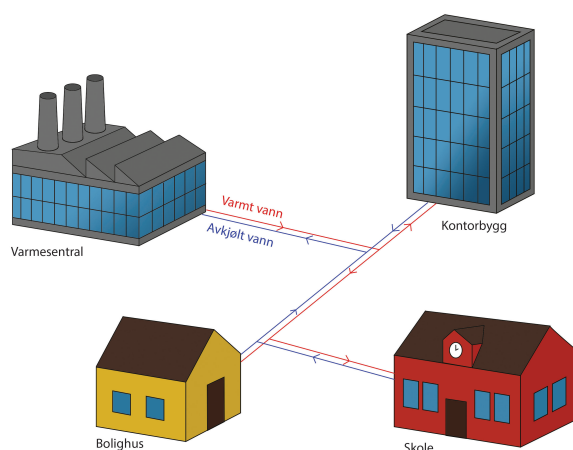
Ved beregning av samtidigheten for elektrisk effektbehov gjør man vurderinger ut fra type belastning, størrelse på anlegget samt effekten. Det gjøres betraktninger ut fra erfaring og bransjestandarder. Standard praksis i bransjen for samtidighetsfaktor er at en forbrukskurs ikke overstiger 80 prosent samtidighet avhengig av størrelsen på det elektriske anlegget. Ved tekniske kurser som forsyner varme, ventilasjon og lignende er standarden på mellom 90-100 prosent samtidighet. Reservekapasitet blir beregnet for å ha tilgjengelig kapasitet ved eventuelle utbedringer eller utvidelser og det benyttes en faktor på 1,1-1,3 (10-30 prosent). Disse betraktningen er individuelle og kan variere ut fra hvordan man tolker behovet for fremtidig elektrisk kraft i hvert enkelt prosjekt.

2.2 Energibærere

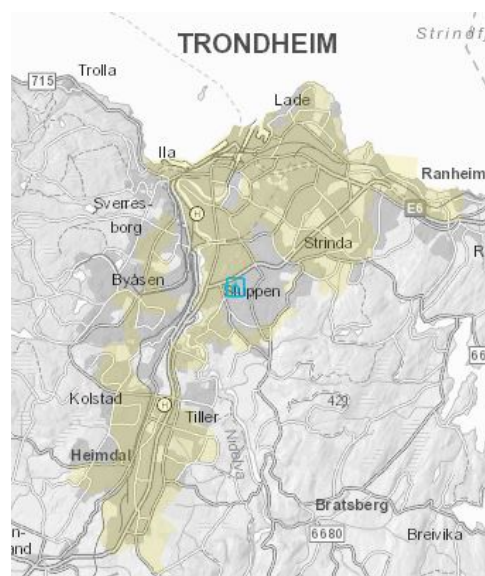
2.2.1 Fjernvarme

Et fjernvarmeanlegg er et system som forsyner flere bygg innenfor konsesjonsområdet med energi i form av varmt vann, hvor det varme vannet benyttes som energibærer. Varmtvannet sirkulerer i et distribusjonsnett, mellom en varmesentral og tilkoblede abonnenter gjennom nedgravde, isolerte rør.

Med unntak av Spongdal skole, er alle de aktuelle byggene i denne rapporten tilknyttet Heimdal varmesentral. Fjernvarmen fra dette anlegget har samme leveringssikkerhet som strøm og anlegget har egne reservekjeler som kobles inn hvis noe skulle skje med hovedkjelen. Det er derfor ikke behov for elektrisk varmereserve i byggene tilkoblet Heimdal varmesentral.



Figur 2.1: Fjernvarmenettet [6]



Figur 2.2: Konsesjonsområde Trondheim [34]

Byggene benytter det varme vannet til romoppvarming gjennom vannbåren gulvvarme eller radiatorer og til oppvarming av tappevann. Lønnsomheten av slike anlegg øker med antall brukere som er tilkoblet anlegget. Fjernvarmeanleggene i denne rapporten baserer seg hovedsakelig på fornybare energikilder, men det kan også brukes andre kilder. Bruk av fjernvarme avlastet strømmettet og har over mange år bidratt til å fase ut fossil energibruk i bygg og industri. [35]

2.2.2 Nærvarme

Nærvarme vil i motsetning til fjernvarme normalt forsyne et begrenset antall bygninger i sitt umiddelbare nærrområde. Kundegrunnlaget og leveringsomfanget for et nærvarmeanlegg er normalt lettere å konkretisere og bestemme enn hva som er tilfelle for et fjernvarmeanlegg. Det betyr også at prosjekteringen og planleggingen inneholder mindre usikkerhet. [29]

2.2.2.1 Varmesentral på Spongdal

Ved Spongdal varmesentral leverer Nord Energi miljøvennlig og kortreist varme for Trondheim kommune til blant annet Spongdal skole og Byneshallen. Varmeproduksjonen ligger på 1,5 GWh og fyringsmaterialet er trepellets. El-nettet på Byneset har dårlig kapasitet og ligger utenfor konsesjonsområdet til fjernvarmeanlegget på Heimdal. Trondheim kommune har også et ønske om å fjerne oljekjeler og å bruke mer bioenergi. Nærvarmeanlegget ble derfor valgt som løsning. [25]

2.2.3 Varmepumpe

Det finnes forskjellige typer varmpumper, men i denne rapporten fokuseres det på bergvarmpumper. Dypere enn 10 meter ned i grunnen holder temperaturen seg stabil og det kan derfor bli hentet opp varme om vinteren. Pumpen henter varme fra grunnen via energibrønner, normalt 80-350 meter dype. Her legges en lukket sløyfe der frostvæske pumpes rundt. I varmpumpen overføres varmen fra frostvæsken til varmtvannet som brukes i tappevann, gulvvarme og radiatorer. [28]

2.2.4 Transformator

Transformator blir ofte bare kalt trafo. Trafoens viktigste oppgave er å endre spennings- eller strømnivå i elektriske kraftsystemer, fungerer som en isolerende del eller matche kilde og belastningsimpedans for maksimal kraftoverføring. [5]

2.3 Varmetap og varmebalanse

2.3.1 Passivhus

Passivhus er spesielt godt isolerte hus som gir et vesentlig lavere energibehov enn dagens standard. Passive tiltak som bedre og tykkere isolasjon og bedre isolerte vinduer er gjort for å redusere energibehovet. For å få til god luftkvalitet og et godt inneklima i et passivhus må man ha et ventilasjonssystem med mulighet for varmegjenvinning. NS 3701 stiller krav til yrkesbygninger som kan defineres som passivhus og lavenergibyggninger i norsk klima. Norge er det eneste landet i Europa som har en egen standard for passivhus. [38]

2.3.2 Infiltrasjonstap

Infiltrasjonstap omhandler bygningers varmetap som skyldes luftskifte utenom et ventilasjonsanlegg. Det være seg utilsiktede luftlekkasjer gjennom fuger, utettheter eller lignende. [14]

2.3.3 Transmisjonstap

Med transmisjonstap menes varmeoverføring gjennom en konstruksjons ytre vegger. I bygg er transmisjonstap den største kilden til tap av varme. Bedre isolasjon vil bidra til et lavere transmisjonstap. [15]

2.3.4 Ventilasjonstap

I prosessen med å fornye inneluften gjennom et ventilasjonsanlegg oppstår det varmetap i form av ventilasjonstap. Størrelsen på tapene avhenger blant annet av type ventilasjon, hvor stort luftskifte bygget har og virkningsgrad på eventuell varmegjenvinner. [16]

2.3.5 Kuldebro

Kuldebro er en form for transmisjonstap og benyttes ofte som en betegnelse på et felt i en bygningskonstruksjon som er betydelig dårligere isolert enn konstruksjonen ellers. Materialer med høy varmeledningsevne som strekker seg fra varm til kald side i en konstruksjon kan være en typisk kuldebro. Spesielt i lavenergibygging kan kuldebroer utgjøre en stor del av det totale varmetapet. Det bør derfor være fokus på potensielle kuldebroer ved prosjektering og bygging, slik at dette kan unngås. [20]

2.3.6 Varmegjenvinner

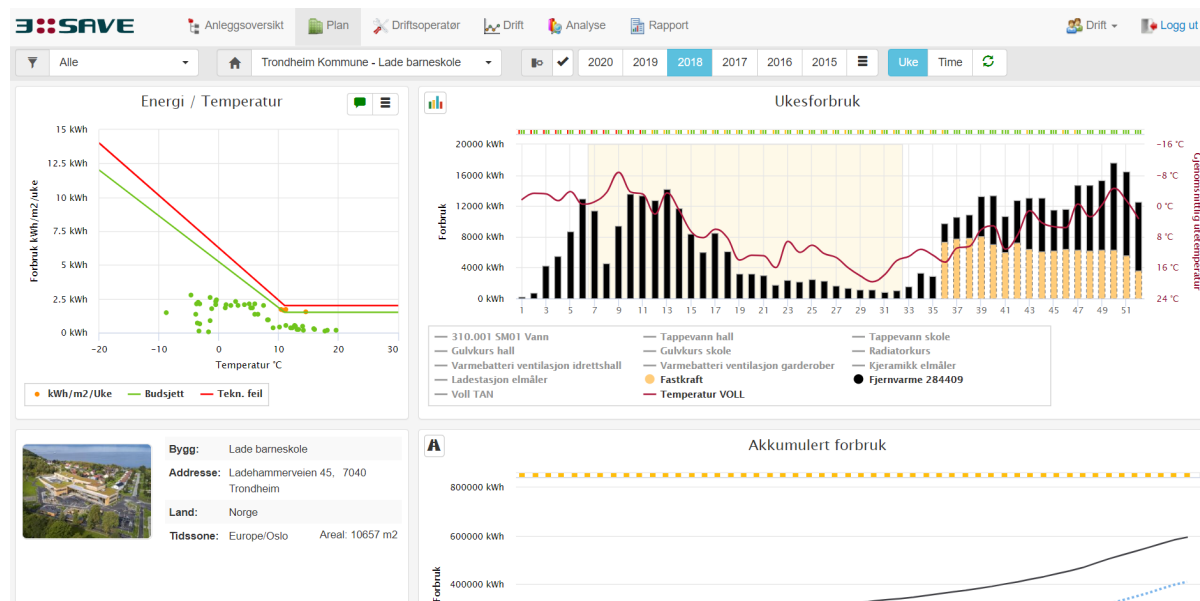
En varmegjenvinner er en komponent i direkte tilknytning til et ventilasjonsanlegg. Det er hensiktsmessig å resirkulere varmen fra avkastluft til tilluft for å i minst mulig grad ”å fyre for kråka”. Dette er varmegjenvinnerens eneste oppgave. Varmegjenvinnere kommer med forskjellige virkningsgrader, utifra hvor stor andel av varmeenergien som gjenvinnes. [21]

2.4 Digitalt verktøy

2.4.1 Esave

Esave er et norsk selskap med kontor i Rognan i Nordland. Selskapet leverer web-verktøy for energieffektivisering med den hensikt å gi eiere av større bygg en oversiktlig dokumentasjon på sitt energiforbruk. I følge Esave gir systemet tilgang til rapporter som gir god oversikt og dybdeforståelse for energibruken.

Trondheim kommune er en av Esaves kunder, og alle deres bygg er registrert i systemet. Alle målinger i denne rapporten er hentet fra Esaves system, og er videre i rapporten kun omtalt som "Esave". Byggenes energiforbruk loggføres og fremstilles i oversiktlige grafer som kan konverteres til Excel-kompatible data. Målingene kan vises i års-, måneds-, ukes- eller timesverdier. Utetemperatur, akkumulert forbruk, fjernvarme og elektrisk kraft ligger tilgjengelig sammen med eventuelle driftsavvik. Enkel informasjon om adresse, areal og byggeår finnes også. Esave har vært brukt i Trondheim kommune i fem år og det foreligger derfor ikke eldre målinger enn dette. 10



Figur 2.3: Skjermdump av Esave

2.5 Forskrifter og standarder

2.5.1 Byggeteknisk forskrift (TEK)

Byggeteknisk forskrift (TEK) er en forskrift hjemlet i den norske plan- og bygningsloven. Forskriften stiller krav til egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. TEK skisserer minimumskrav og kan være skjerpet eller på andre måter supplert med andre lokale krav. Kravene kan variere ut i fra byggverkets bruksområde. Forskriftens formål er å sikre energibruk, kvalitet og HMS. Foruten byggetekniske krav, stiller TEK krav til blant annet dokumentasjon, tomteutnytting, naturpåkjenninger, uteareal, installasjoner og mer. Forskriftens versjonsnummer viser til årstallet den trådte i kraft. [4](#)

§ 14-4. Krav til løsninger for energiforsyning i bygg

Paragraf § 14-4 i TEK (Krav til løsninger for energiforsyning) sier at det ikke er tillatt å installere varmeinstallasjoner for fossilt brensel. I tillegg skal bygninger med over 1000 m^2 BRA ha energifleksibile varmesystemer og tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsning.

Utrykket energifleksibilitet knytter seg til målsetning om at et bygg skal kunne varmes opp ved hjelp av ulike energikilder slik at man ikke er avhengig av en enkel oppvarmingsløsning. Med oppvarmingsløsning menes løsning for oppvarming av rom, tappevann og ventilasjonsluft.

Med energifleksibile varmesystemer menes her at bytte av energikilde kan skje uten inngrep i bygningskroppen, men utelukkende innenfor teknisk rom. I praksis vil dette bety at det må benyttes et internt varmedistribusjonsnett som forsynes fra en varmesentral i bygget eller fjern-/nærvarme. Kravet med sin nåværende ordlyd ble innført i TEK10 og er videreført i TEK17.

2.5.2 BREEAM

Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, BREEAM, er opprinnelig en britisk miljøsertifiseringsmodell for byggeprosjekter. Siden har det utviklet seg til å bli Europas ledende miljøsertifiseringsverktøy for bygninger med krav til hvordan man skal bygge miljøvennlig, også med hensyn til det globale miljøet.

BREEAM har en egen miljøskala med fem nivåer som går fra Pass, Good, Very Good, Excellent til Outstanding. Trondheim kommune har satt som krav at deres bygg må oppfylle minst Very Good på alle punkter innenfor BREEAM.

Modellen tar for seg 9 miljøområder med kriterier for håndtering. Mest relevant for denne rapporten er kapittel 3 som tar for seg energi og setter kriterier for måling av energiposter i næringsbygg. [11](#)

2.5.3 ISO 14001

ISO 14001 (NS-EN ISO 14001:2015) er en standard som spesifiserer kravene til et miljøstyringssystem som en organisasjon kan bruke for å forbedre sin miljøprestasjon. Standarden er ment for bruk av organisasjoner som ønsker å styrke sitt miljøansvar på en systematisk måte. [33](#)

2.5.4 Trondheim kommunes krav og visjon

Prosjektet TREbyen Trondheim startet opp i 2002, og er grunnen til at så mye i Trondheim blir bygget i tre. Målet med prosjektet er å fremheve tre som et miljøvennlig bygningsmateriale med positive egenskaper for miljøet. Trondheim er nå en ledende by i Norge på å bruke tre som hovedmateriale i større bygningsprosjekter. Det er fokus på at byggene ikke bare skal være av miljøvennlige materialer, men også skal ha et positivt miljøavtrykk gjennom hele levetiden. Så langt har prosjektet tatt for seg skoler, boliger og barnehager, men ble i 2015 forlenget til 2020, nå med fokus på bygg for mer allmenn bruk. For å oppfylle visjonen har Trondheim kommune satt som krav at byggene skal følge standarden ISO 14001 for miljøvennlige bygg, samt følge og oppfylle BREEAM. [23](#)

2.5.5 Trondheimsnormen

Trondheimsnormen er et arealprogram utviklet av Trondheim kommune, og er en mal for å fastsette arealer i skoler med tanke på antall elever. Nasjonalt er normen på $2 m^2$ pr. elev, mens Trondheim sine skoler er bygget med en arealnorm på $2,5 m^2$ pr. elev. I 2015 var det på de nyeste skolene i Trondheimsområdet samlet brukt $3,5-3,9 m^2$ pr. elev på de generelle læringsarealene. Dette inkluderer rom som grupperom, aktivitetsareal og lager. Arealet er noe høyere på ungdomsskoler enn på barneskoler. Trondheimsnormen baserer seg på generelle læringsarealer utformet for grupper på ca. 50 elever, med muligheten til å kunne dele elevene i to grupper på 25. Læringsarealet utformet for elevene skal derfor være utstyrt med enten en skyvedør eller foldevegg slik at man enkelt kan dele arealet i to. [39](#)

3 Metode

For å kunne identifisere differansen mellom dimensjonert og faktisk effektbehov, er man i hovedsak avhengig av to sett med data. Detaljerte og fullstendige prosjekteringsgrunnlag er avgjørende for å se hvordan effektbehovet er beregnet og hvilke antagelser som eventuelt er gjort. I tillegg er høyoppløste og detaljerte målinger avgjørende i prosessen med å kartlegge byggets effektforbruk.

Byggene ble valgt med bakgrunn i byggeår, bruksområde og kvalitet på effektmålinger. De valgte byggene er bygd etter 2007 og følger minimum byggteknisk forskrift TEK07. Nye bygg er valgt for å sikre et best mulig sammenligningsgrunnlag, og for å gi funn i rapporten størst mulig overføringsverdi til nybygg. Trondheim kommunes eiendomsavdeling har gitt tilgang til, og opplæring i Esave. Alle bygg som eies av Trondheim kommune er oppført i Esave med målinger og tekniske data.

Innhenting av effektberegninger ble gjort ved å ta direkte kontakt med de ulike firmaene som har gjort disse beregningene. Rapporten innehar ikke effektberegninger for Nardo skole. Det er i stedet tatt utgangspunkt i størrelsen på inntakssikringen.

Overstrømsvernet er gjerne dimensjonert for å tåle litt større strømmer enn den maksimale, beregnede strømmen. Størrelsen på inntakssikringene, altså grunnlaget for den installerte effekten, er hentet fra Tensio. Unntaket er Persaunet hvis hvor størrelse på hovedsikring og dermed den installerte elektriske effekten er ukjent.

Effektmålinger i rapporten er hentet fra Esave. Målingene har blitt eksportert til Excel for enklere håndtering. I denne rapporten er data fra hovedmåleren lagt til grunn for sammenligning med det dimensjonerte effektbehovet. Grunnen til at det er tatt utgangspunkt i hovedmåleren, og ikke målere plassert i direkte tilknytning til spesielle funksjoner eller komponenter, er fordi ikke alle bygg har andre målere enn hovedmåleren. I Excel har vi blant annet sortert dataene i synkende rekkefølge etter de fem høyeste effekttoppene i hvert år og sammenlignet med det dimensjonerte effektbehovet. Dette gir et oversiktlig bilde over når effekttoppene inntreffer og eventuelle forskjeller fra år til år.

Alle målerne opererer med samme oppløsning på én rapportert måling per time [$\frac{\text{kWh}}{h}$]. Skoler og helsebygg anses å ha relativt jevne effektkurver uten plutselige effektopper. Det kan likevel argumenteres for at målingenes oppløsning er for lav til å kunne trekke sikre konklusjoner, eksempelvis som i kapittel 4.3.

Rapporten tar for seg estimater av forbrukt elektrisk effekt per kvadratmeter. Dette er gjort for å kunne si noe om bransjens tall på $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. For å få et større vurderingsgrunnlag ble det innhentet data fra ytterligere 46 undervisningsbygg. Dataene som er lagt til grunn er byggenes høyeste effekttopp siste fem år, samt byggenes areal. I tillegg til målinger av elektrisk effektforbruk har det blitt hentet ut data fra fjernvarme for å få et bedre bilde over det totale effektforbruket. Dette er gjort for å kunne gi et bedre estimat på totalt effektforbruk per kvadratmeter i bygg med elektrisk oppvarming. I følge oppdragsgiver er virkningsgraden for elektrisk oppvarming litt høyere enn for fjernvarme. Rapportens estimater for elektrisk effektbehov pr. kvadratmeter i bygg med elektrisk oppvarming blir dermed noe høyere enn hva som er reellt.

4 Resultat

I dette kapitlet presenteres resultater fra målingene. Kapitlet tar i tillegg for seg effektforbruk pr. kvadratmeter, nødvendigheten av ny transformator ved Spongdal skole, samt mulige årsaker til overdimensjonering.

4.1 Resultat av målinger

I dette underkapitlet analyseres målingene fra Esave. Hvert bygg analyseres hver for seg med de fire følgende grafene:

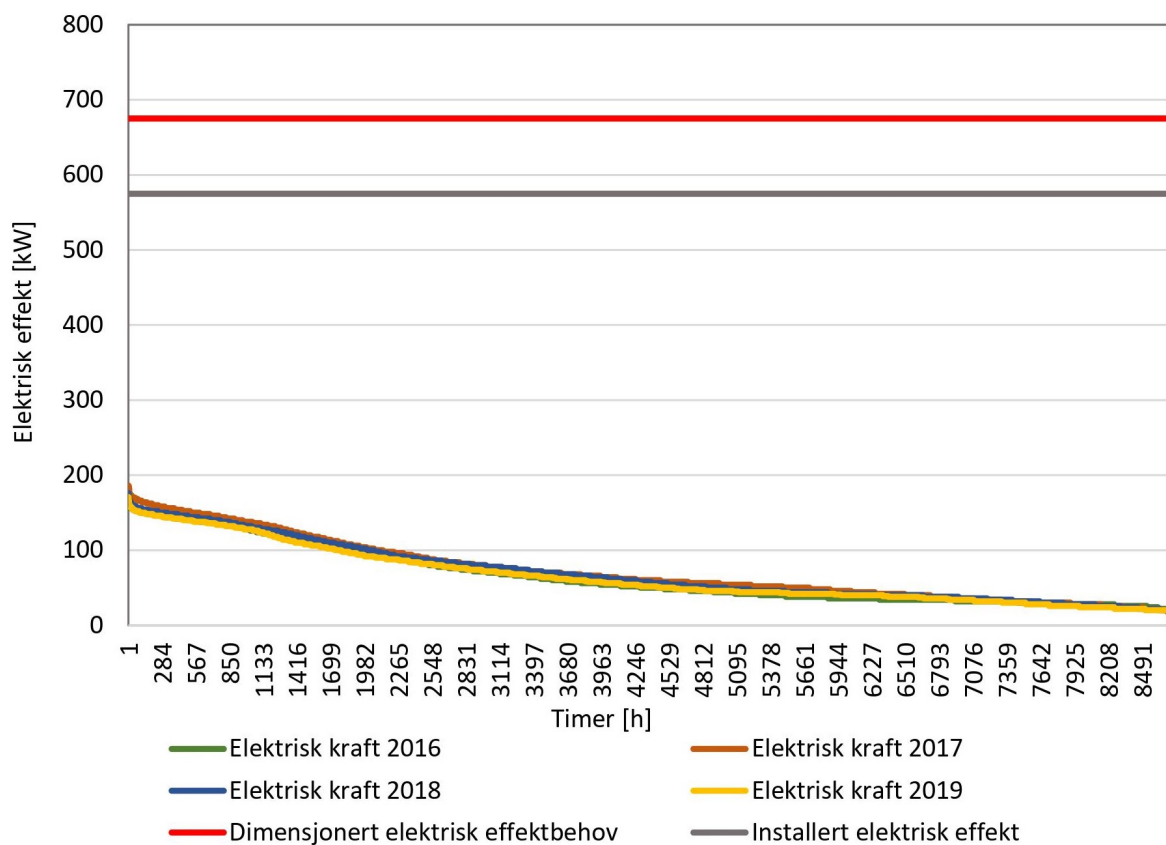
1. Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt: Viser det målte elektriske effektforbruket i timesverdier for hvert driftsår, i rekkefølgen høy til lav. Grafen sammenligner målingene med installert elektrisk effekt og dimensjonert elektrisk effektbehov.
2. Elektriske effekttopper: Viser effekttoppene som i denne rapporten anses å være de fem timene fra varighetsdiagrammet med høyest målt elektrisk effektforbruk hvert år. Grafen sammenligner målingene med installert elektrisk effekt og dimensjonert elektrisk effektbehov og anvendes for å finne ΔP_{Dim} og ΔP_{Inst} .
3. Elektrisk effektforbruk: Viser to ulike uker med forbruk av elektrisk effekt sammenlignet med installert elektrisk effekt og dimensjonert elektrisk effektbehov. Ukene er valgt med ønske om å se på forbruksmønsteret i en vinter- og sommeruke og en eventuell påvirkning av temperatur på forbruk av elektrisk effekt.
4. Varighetsdiagram for totalt effektforbruk: Viser det totale effektforbruket i timesverdier for hvert driftsår i rekkefølgen høy til lav. Grafen sammenligner målingene med installert elektrisk effekt og dimensjonert elektrisk effektbehov.

I grafene er det dimensjonerte elektriske effektbehovet hentet fra A VEDLEGG: Prosjekteringsgrunnlag og den installerte elektriske effekten er beregnet ut i fra hovedsikringen, som vist i D VEDLEGG: Utregninger.

4.1.1 Åsveien skole

Her presenteres resultater for Åsveien skole. Grafene er basert på fire år med målinger fra hovedmåleren til elektrisk kraft og fjernvarme.

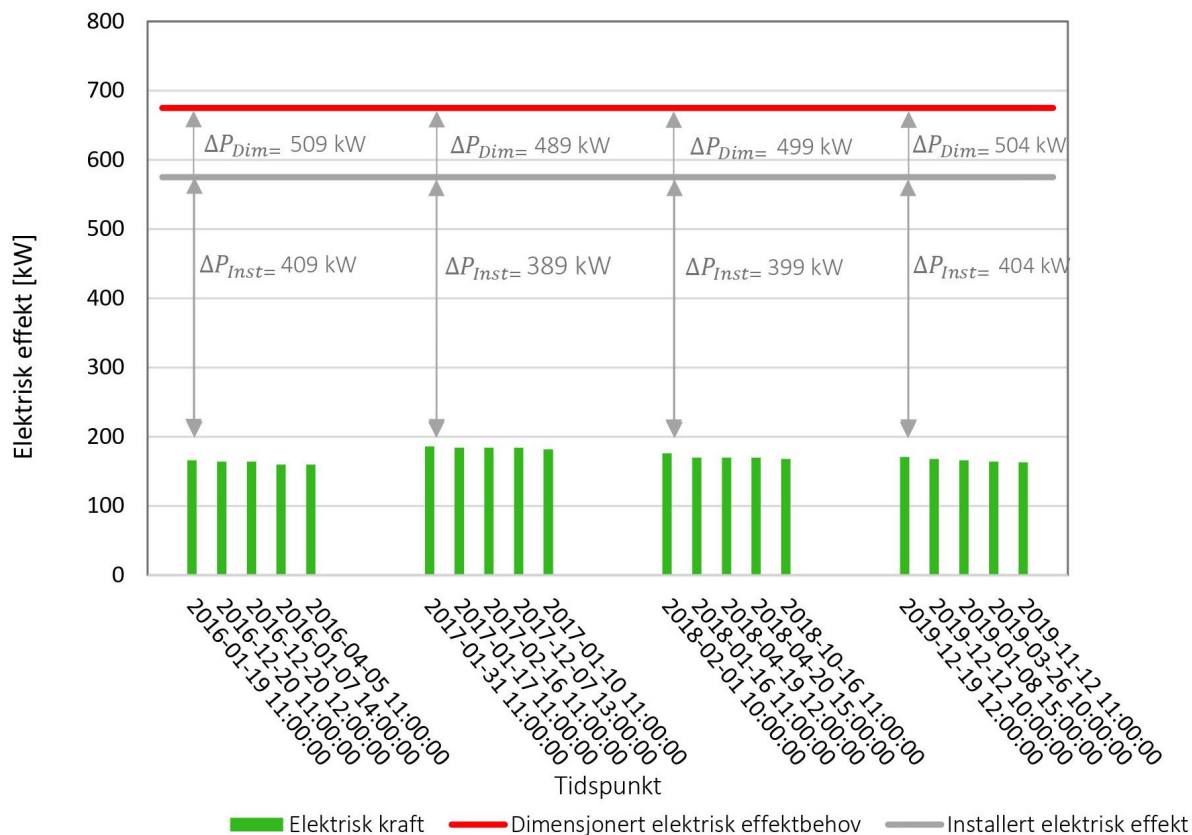
Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt



Figur 4.1: Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Åsveien skole

I figur 4.1 framstilles det målte elektriske effektforbruket ved Åsveien skole i et varighetsdiagram. Det er få variasjoner, men det er antydning til størst elektrisk forbruk i 2017.

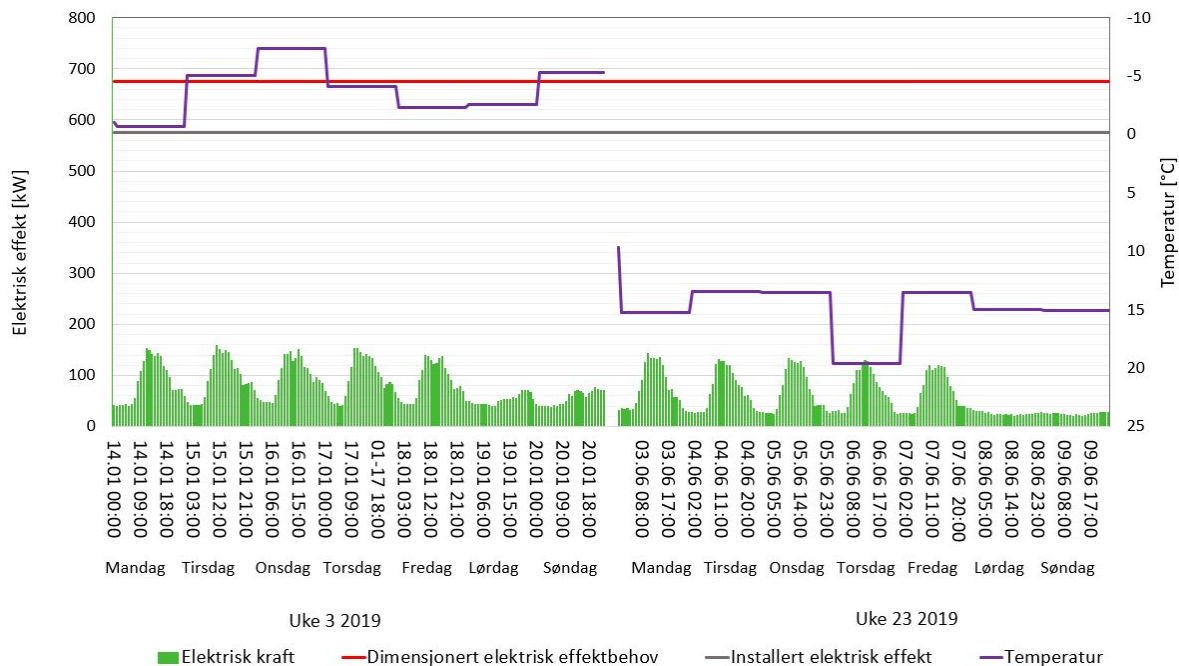
Elektriske effekttopper



Figur 4.2: Elektriske effekttopper ved Åsveien skole

Figur 4.2 tar utgangspunkt i figur 4.1 og de fem timene med høyeste forbruk av elektrisk effekt hvert år. Ut fra grafen kan vi se at de største effekttoppene oppstår mellom kl. 11:00-15:00 og som oftest i de kaldeste månedene. Alle viser stor differanse mellom installert elektrisk effekt, dimensjonert elektrisk effektbehov og målt elektrisk effektforbruk. 2016 var året med størst differanse med $\Delta P_{Dim}=509\text{kW}$ og $\Delta P_{Inst}=409\text{kW}$.

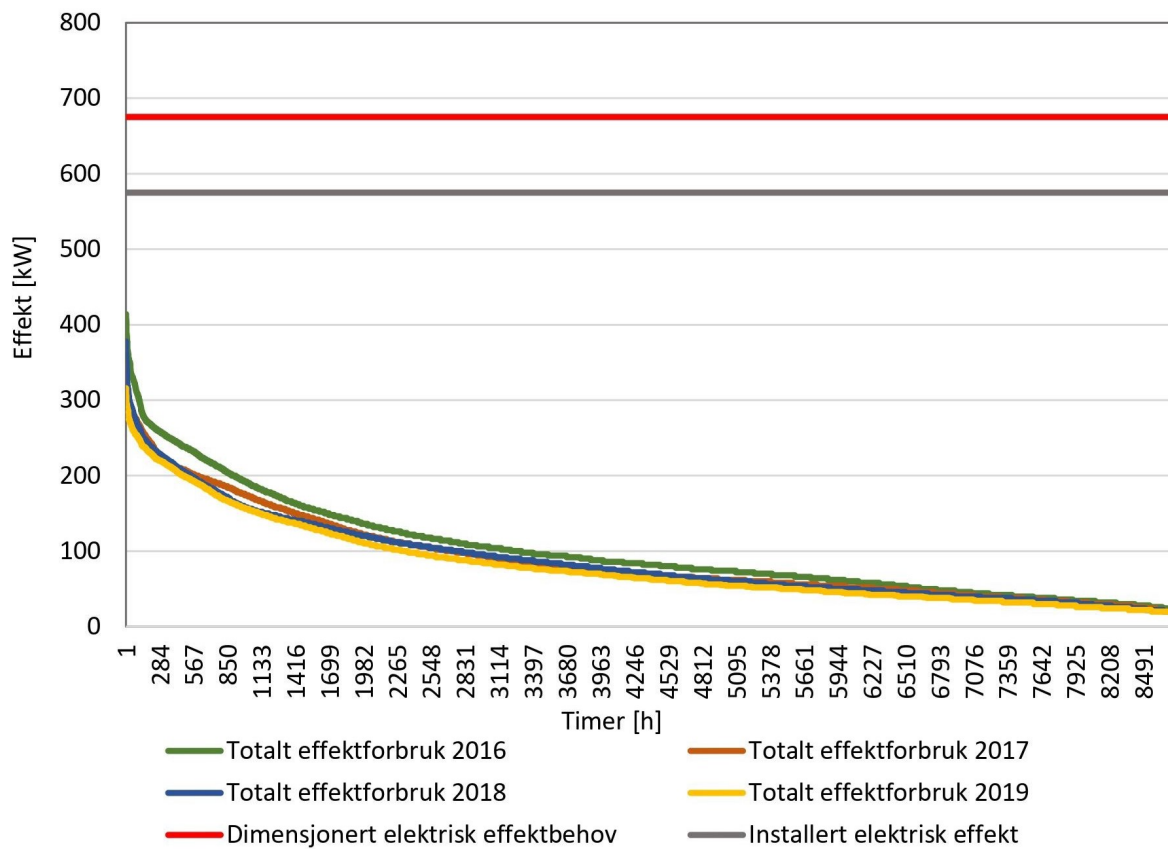
Elektrisk effektforbruk



Figur 4.3: Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Åsveien skole

Figur 4.3 viser to normale driftsuker med forbruk av elektrisk effekt i en vinter- og sommeruke. Fra målingene for elektrisk forbruk er effekttoppene som opptrer i løpet av uken tydelig, og det er lett å se forbruksmønsteret til bygget. Forskjellen er liten i når effekttoppene opptrer og hvor mye forbruket ligger på i ukedagene, både i vinter- og sommeruken. Det er en endring i forbruket på natten med mer forbruk i vinteruken.

Varighetsdiagram for totalt effektforbruk



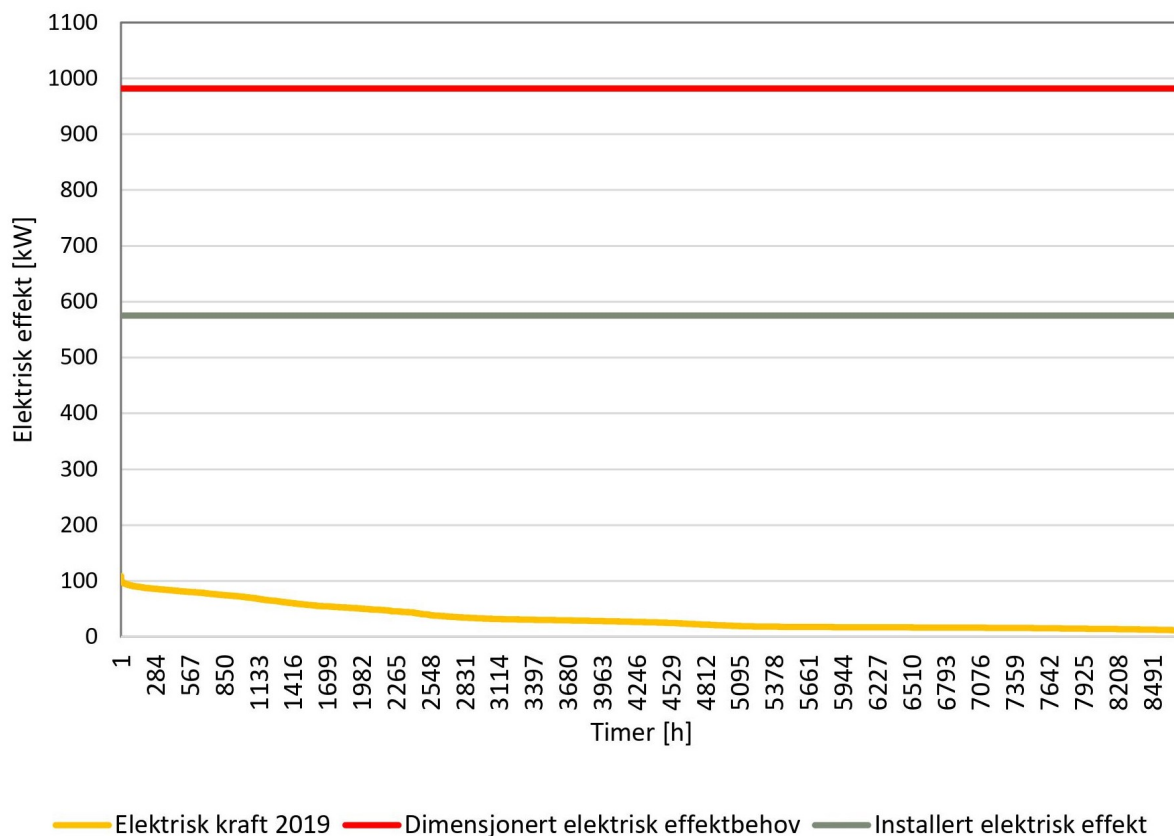
Figur 4.4: Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Åsveien skole

I figur 4.4 framstilles det totale effektforbruket ved Åsveien skole i et varighetsdiagram. Sammenlignet med figur 4.1 har grafen en brattere kurve. Det totale effektforbruket har høyest elektrisk effekttopp i 2016.

4.1.2 Lade skole

Her presenteres resultater for Lade skole. Grafene er basert på ett år med målinger fra hovedmåleren til elektrisk kraft og fjernvarme.

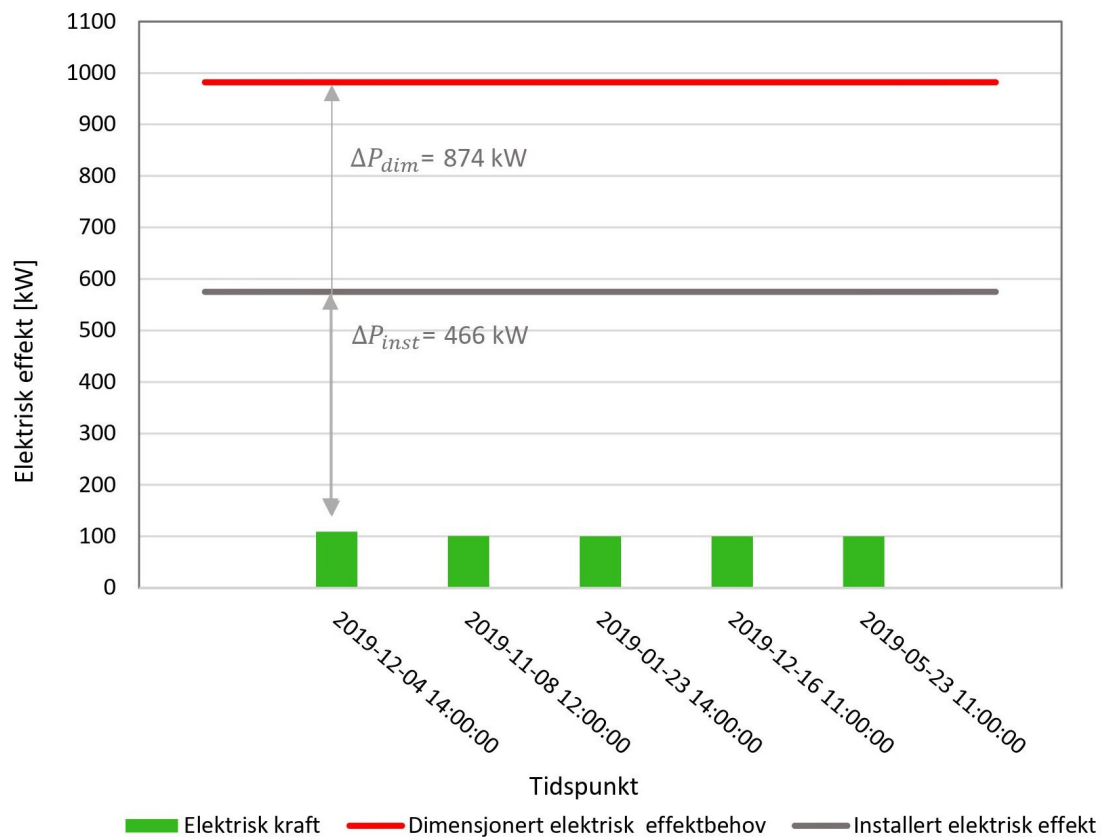
Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt



Figur 4.5: Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Lade skole

I figur 4.5 framstilles målinger for den målte elektriske effekten ved Lade skole i et varighetsdiagram. Da Lade skole kun har ett år med målinger er det her ikke mulig å sammenligne med tidligere år. Kurven for elektrisk kraft i 2019 er slak.

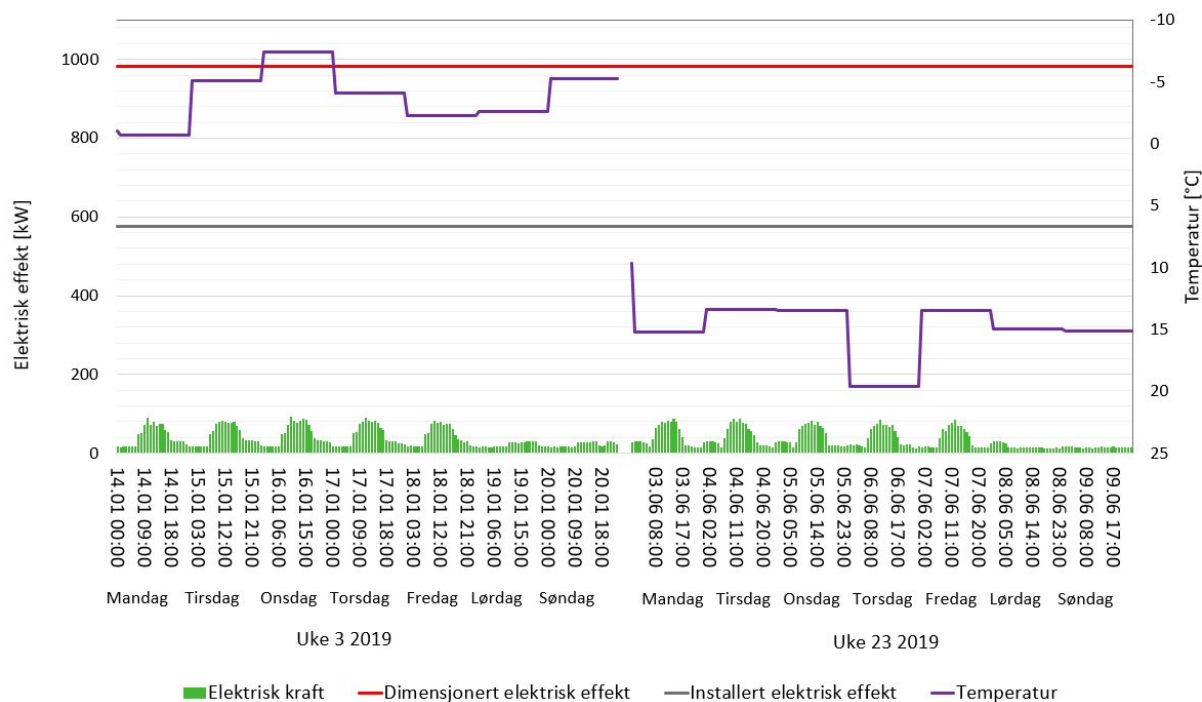
Elektriske effekttopper



Figur 4.6: Elektriske effekttopper ved Lade skole

Figur 4.6 tar utgangspunkt i figur 4.5 og de fem timene fra varighetsdiagrammet med høyest målinger av elektrisk effekt for hvert år. Ut fra grafen kan vi se at de største effekttoppene oppstår mellom kl. 11:00-14:00, noe som antas er tidsrommet hvor det er flest mennesker på skolen. Toppene oppstår hovedsakelig i november til januar, bortsett fra en høy måling i mai 4. desember kl. 14:00 var tidspunktet med størst differanse med $\Delta P_{Dim}=874\text{kW}$ og $\Delta P_{Inst}=466\text{kW}$.

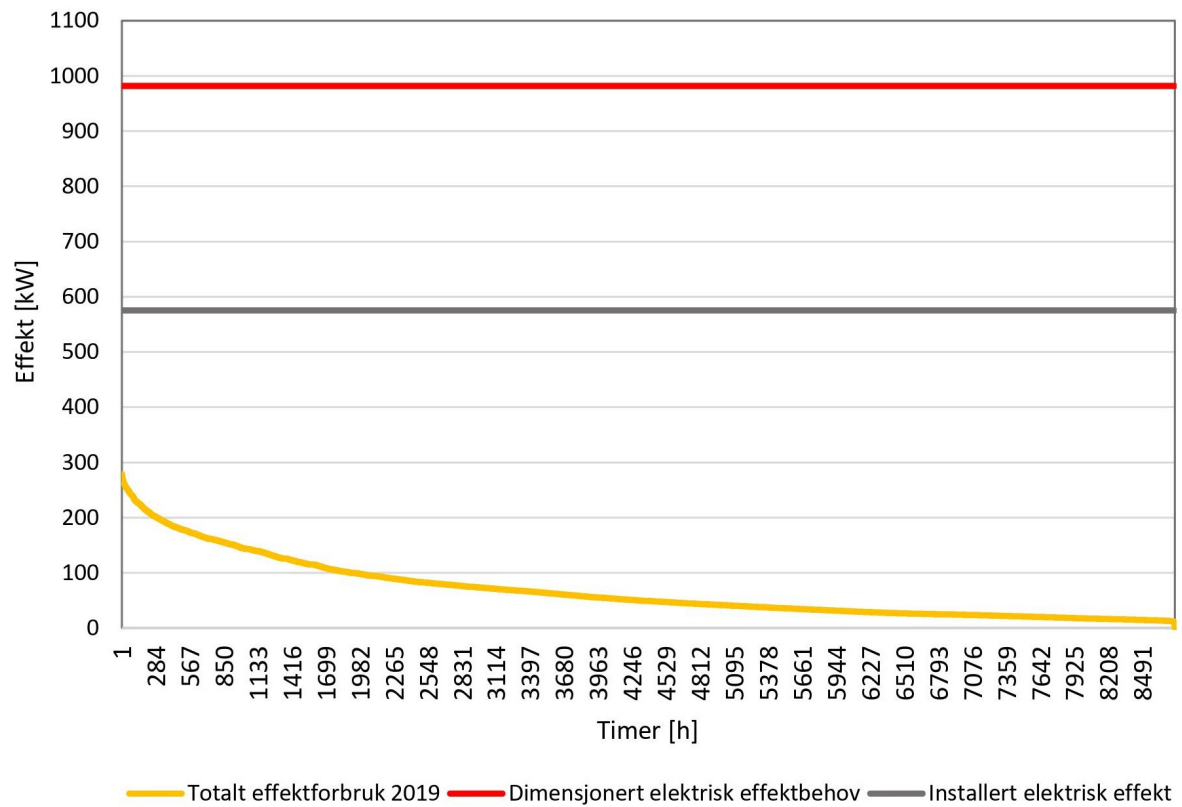
Elektrisk effektforbruk



Figur 4.7: Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Lade skole

Figur 4.7 viser to normale driftsuker med forbruk av elektrisk effekt i en vinter- og sommeruke. Grafen for Lade skole viser tydelig hvilke dager skolen er i drift basert på forbruket av elektrisk effekt. Stigningen på effekttoppen starter senere på sommeren, og synker mer gradvis på vinteren. Det elektriske forbruket i ukedager gir ikke inntrykk av å bli påvirket av temperaturen, men i helgene er det betydelig mer forbruk av elektrisk effekt om vinteren. Det kan antas at skolens hall er utleid eller et ønske om jevn temperatur for å holde varmen i bygget over helgen.

Varighetsdiagram for totalt effektforbruk



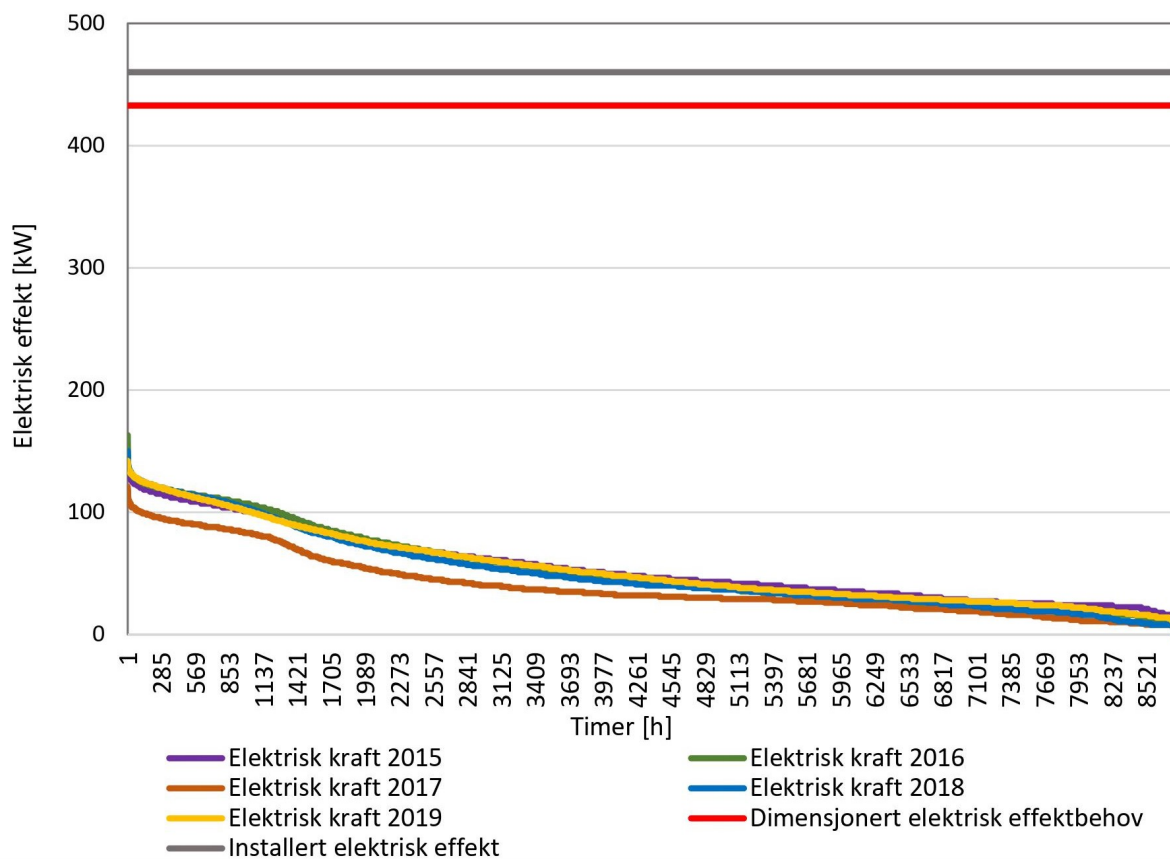
Figur 4.8: Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Lade skole

I figur 4.8 framstilles det totale effektforbruket for 2019 i et varighetsdiagram. Sammenlignet med figur 4.5 har grafen en betydelig brattere kurve.

4.1.3 Spongdal skole

Her presenteres resultater for Spongdal skole. Grafene er basert på fem år med målinger fra hovedmåleren til elektrisk kraft og nærvarme

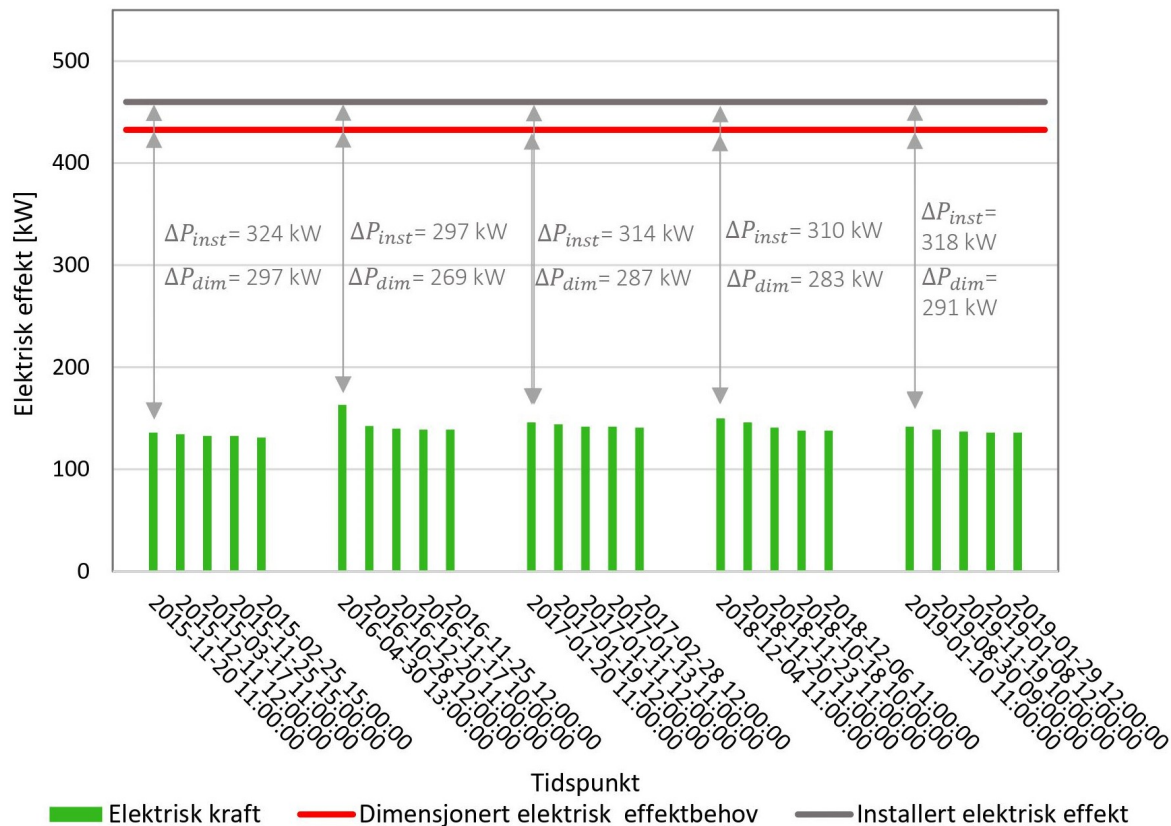
Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt



Figur 4.9: Varighetsdiagram for elektrisk kraft ved Spongdal skole

I figur 4.9 presenteres målinger for det elektriske forbruket ved Spongdal skole i et varighetsdiagram. Grafen viser at de fleste årene er relativt like, bortsett fra 2017 med noe lavere målt elektrisk effektforbruk.

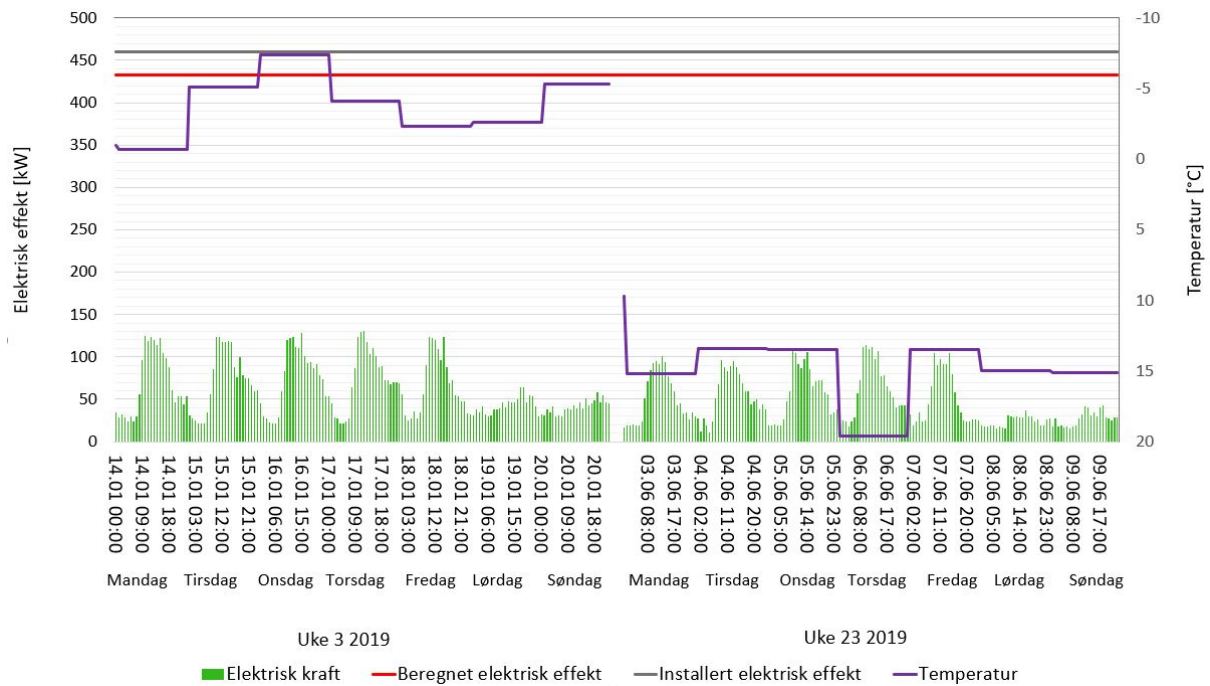
Elektriske effektopper



Figur 4.10: Elektriske effektopper ved Spongdal skole

Figur 4.10 tar utgangspunkt i figur 4.9 og de fem timene med høyeste forbruk av elektrisk effekt hvert år. Grafen viser at effekttoppene opptrer mellom kl.09:00 og kl. 15:00, i månedene november til februar. Driftsårene viser stor differanse mellom installert elektrisk effekt, dimensjonert elektrisk effektbehov og målt elektrisk effekt forbruk. 2016 var året med størst differanse med $\Delta P_{Dim}=297\text{kW}$ og $\Delta P_{Inst}=324\text{kW}$.

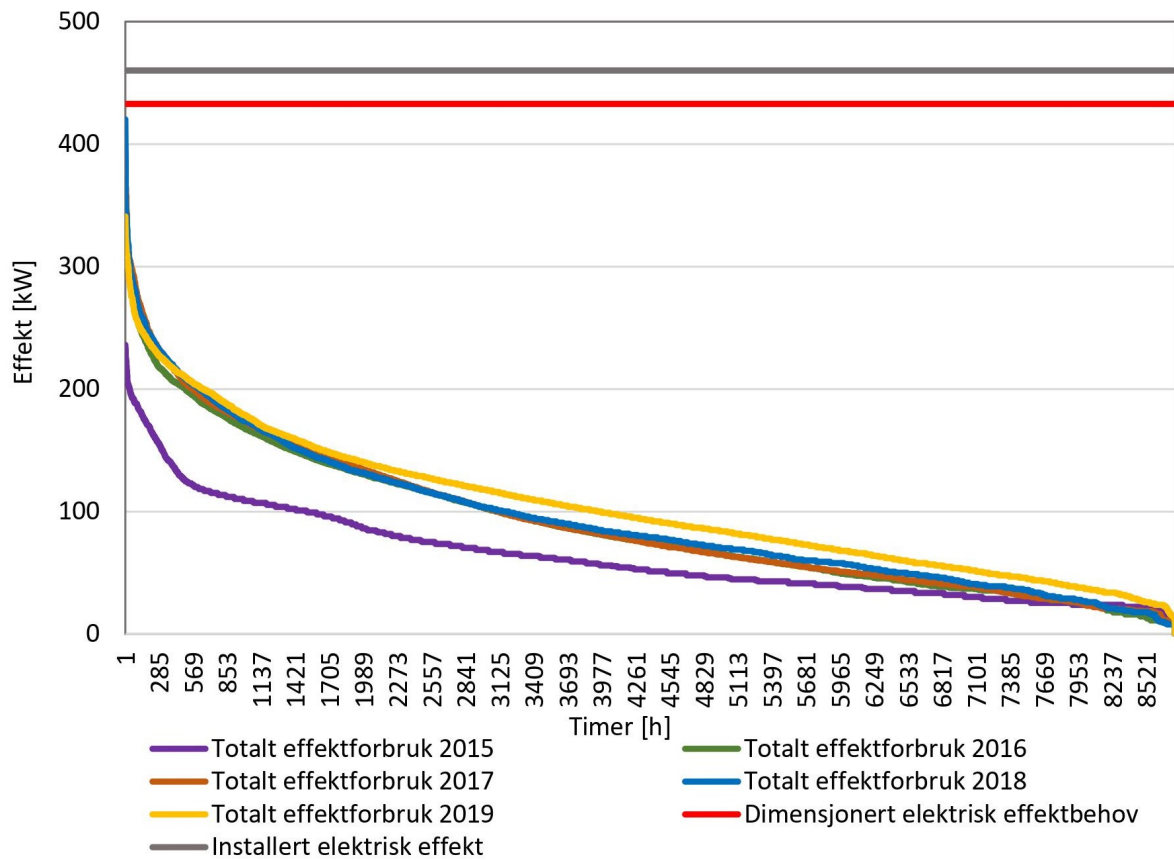
Elektrisk effektforbruk



Figur 4.11: Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Spongdal skole

Figur 4.6 viser to valgte uker med forbruk av elektrisk effekt ved Spongdal skole, en vinteruke og en sommeruke. Spongdal skole har også tydelig forbruksmønster. Det er en forskjell på forbruket på vinter og sommer.

Varighetsdiagram for totalt effektforbruk



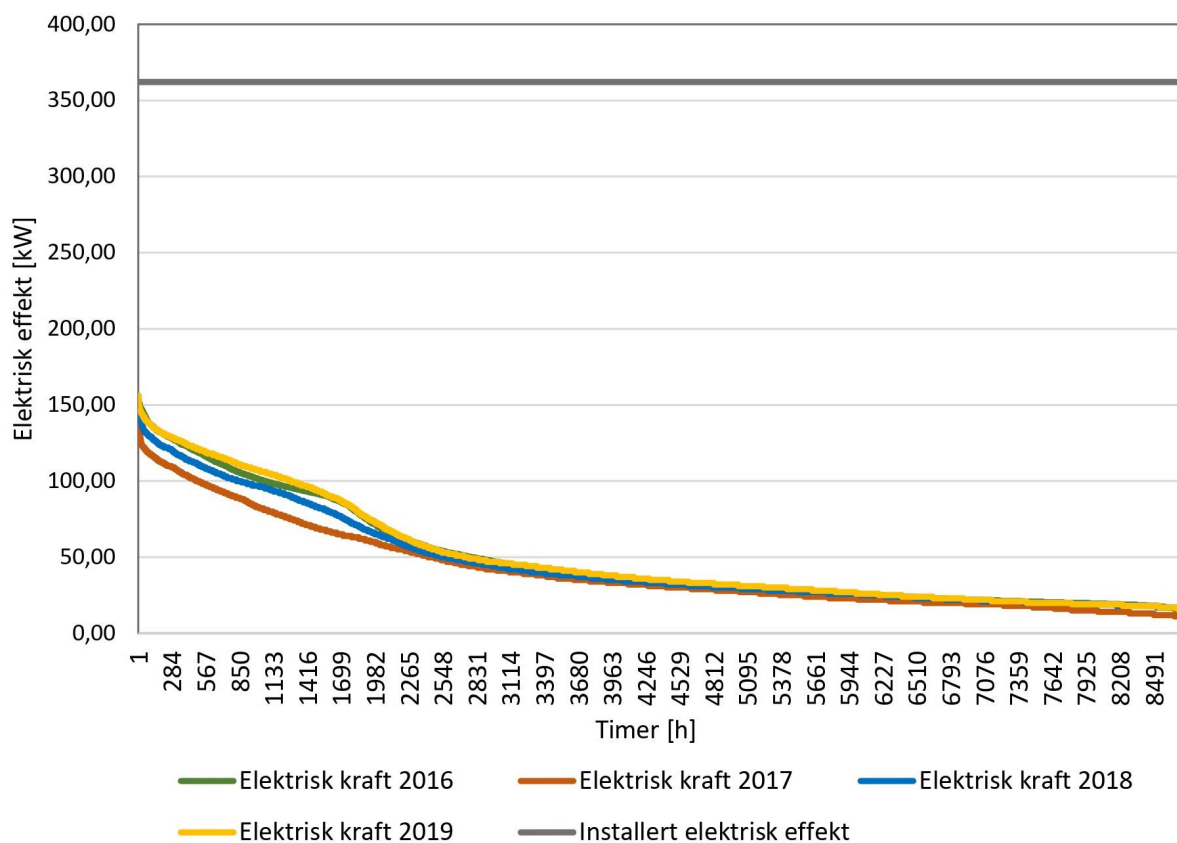
Figur 4.12: Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Spondal skole

Figur 4.12 viser totalt effektforbruk for driftsårene i et varighetsdiagram. Sammenlignet med figur 4.9 har grafen en skarpere kurve og et større effektforbruk, noe som tyder på at effekten skolen bruker hovedsakelig kommer fra Spondal varmesentral. Det totale effektforbruket er størst i 2018 og lavest i 2015.

4.1.4 Nardo skole

Her presenteres resultater for Nardo skole. Grafene er basert på fire år med målinger fra hovedmåleren til elektrisk kraft og fjernvarme

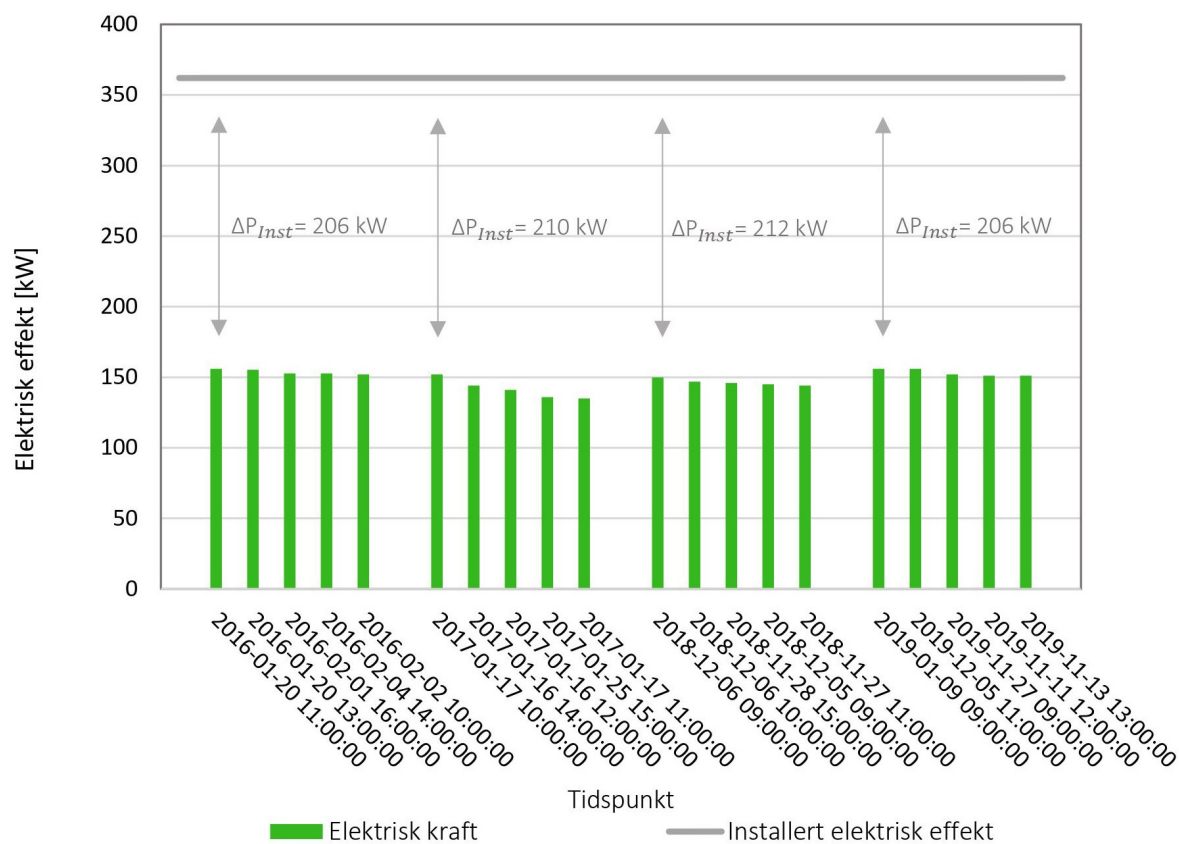
Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt



Figur 4.13: Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Nardo skole

I figur 4.13 framstilles målinger for den elektriske kraften for Nardo skole i et varighetsdiagram. Sammenligner man alle årene ser man at det er få variasjoner i målingene, men kan se at det er antydning til størst forbruk av elektrisk kraft i 2019 og lavest i 2017.

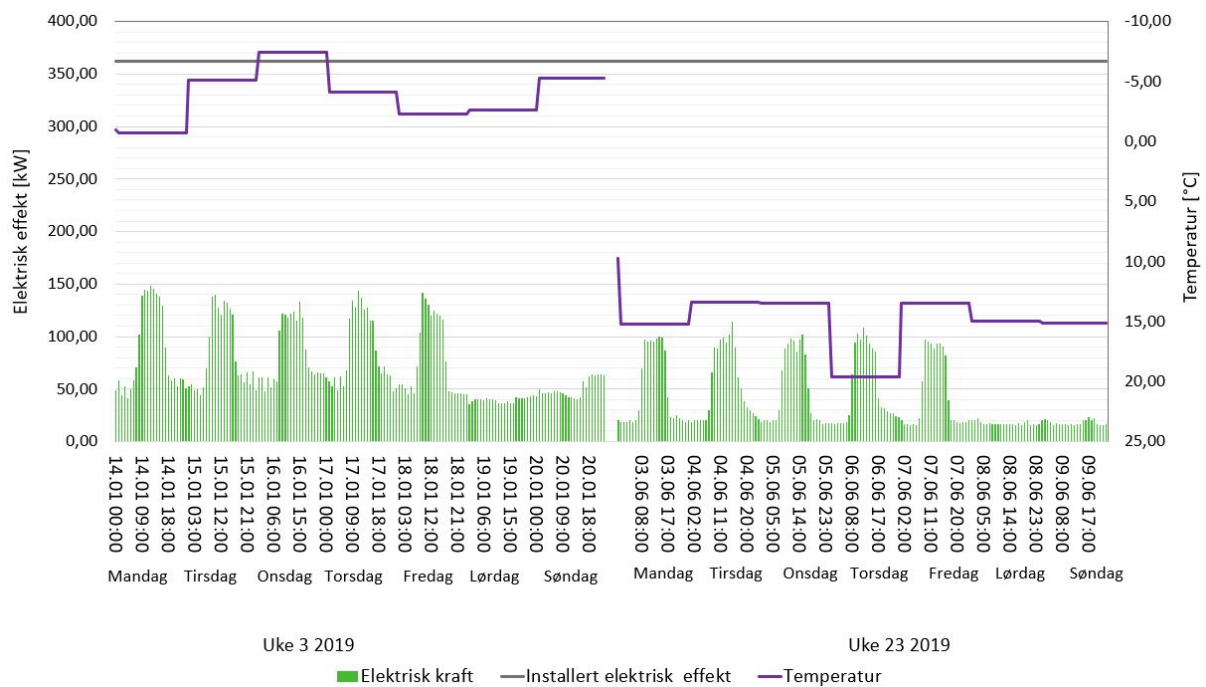
Elektriske effektopper



Figur 4.14: Elektriske effektopper ved Nardo skole

Figur 4.14 tar utgangspunkt i de fem timene fra figur 4.13 med høyest målinger av elektrisk kraft hvert år. Ut fra grafen ser man at de største effektoppene oppstår mellom kl. 09:00 og kl. 15:00, som er gjentakende hos skolene da det er tiden med mest aktivitet i byggene. Toppene er også i de kaldeste månedene, november til februar. Alle driftsårene viser stor differanse mellom installert elektrisk effekt og målt elektrisk effekt forbruk, men 2018 var året med den største differanse med $\Delta P_{Inst}=212\text{kW}$.

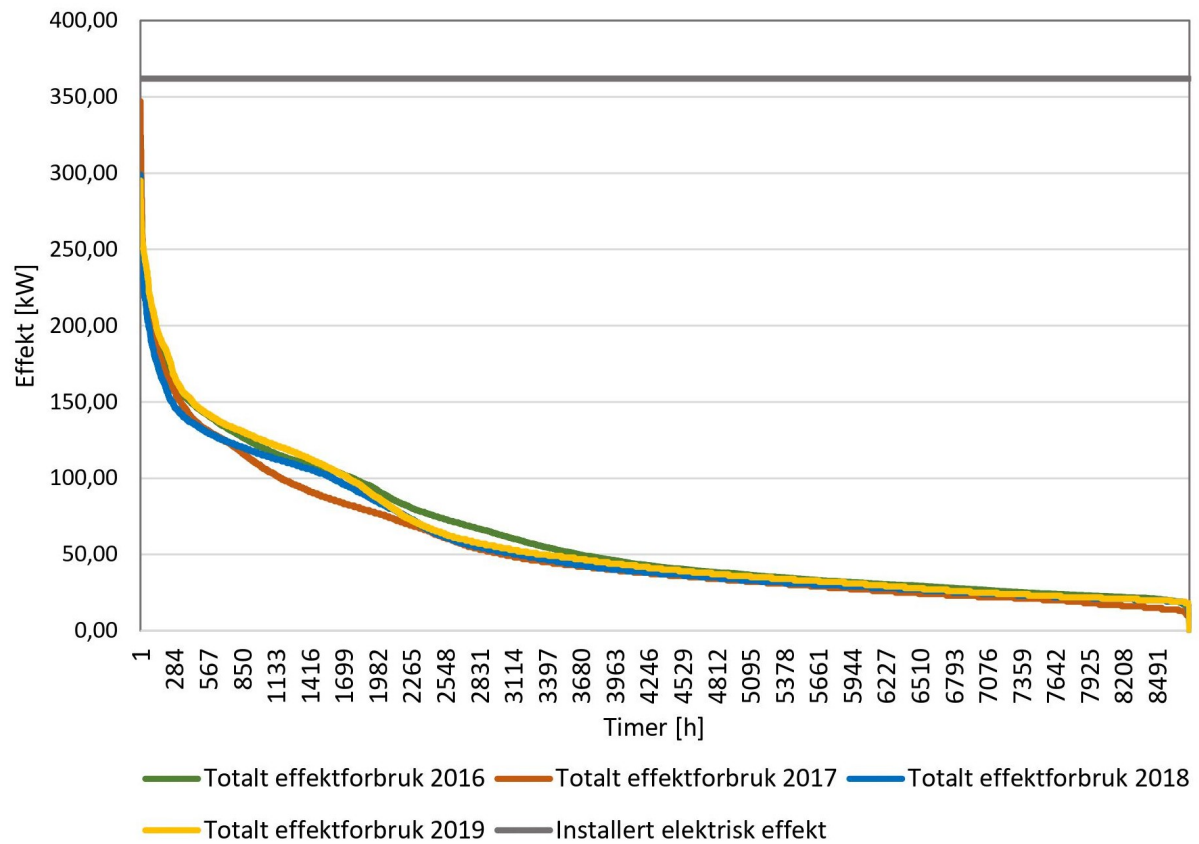
Elektrisk effektforbruk



Figur 4.15: Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Nardo skole

Figur 4.15 viser to normale uker med drift på skolen, en vinteruke og en sommeruke. Det gjentakende forbruksmønsteret for skolene vises tydelig. Ved Nardo skole er det større forskjell på forbruk i ukedag, helg og natt i vinteruken enn i sommeruken. .

Varighetsdiagram for totalt effektforbruk



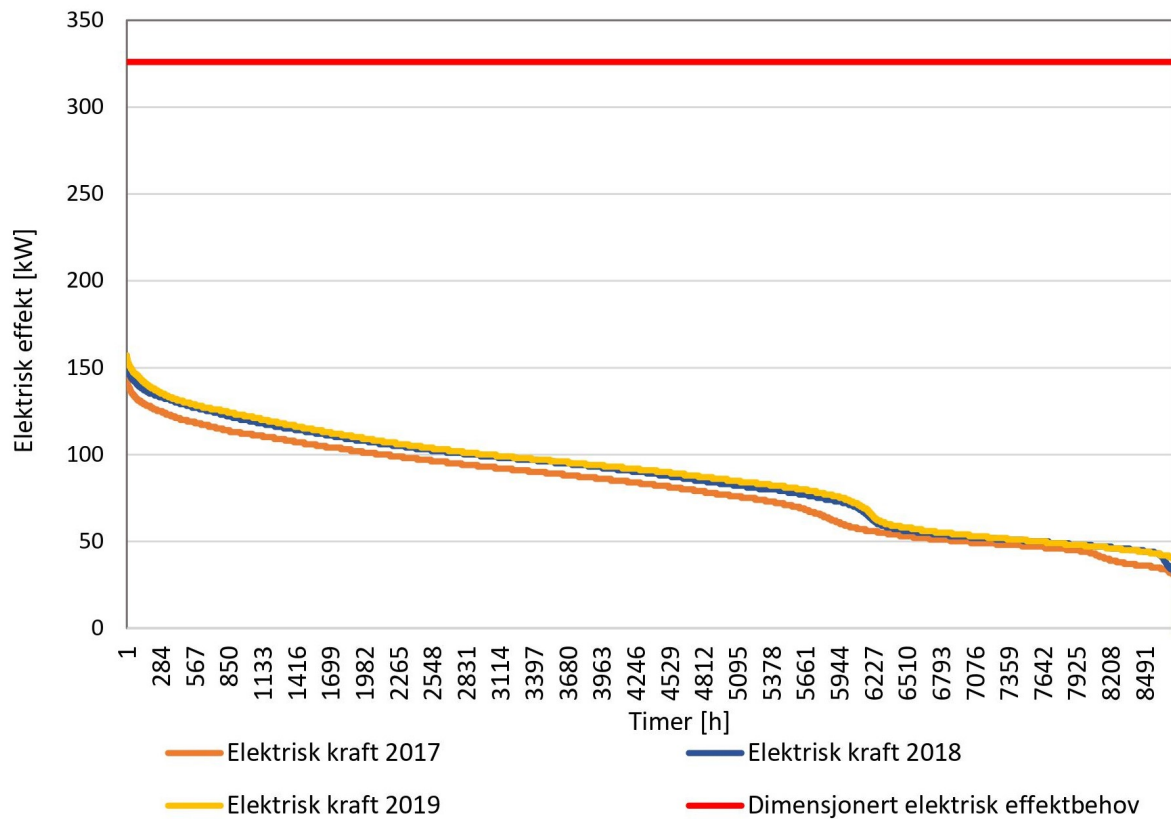
Figur 4.16: Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Nardo skole

I figur 4.16 framstilles det totale effektforbruket ved Nardo skole i et varighetsdiagram. Sammenlignet med figur 4.13 har grafen en brattere kurve. Det totale effektforbruket har høyest elektrisk effekttopp i 2016.

4.1.5 Persaunet helse- og velferdssenter

Her presenteres resultater for Persaunet hvs. Grafene er basert på tre år med målinger fra hovedmålerne til elektrisk kraft og fjernvarme

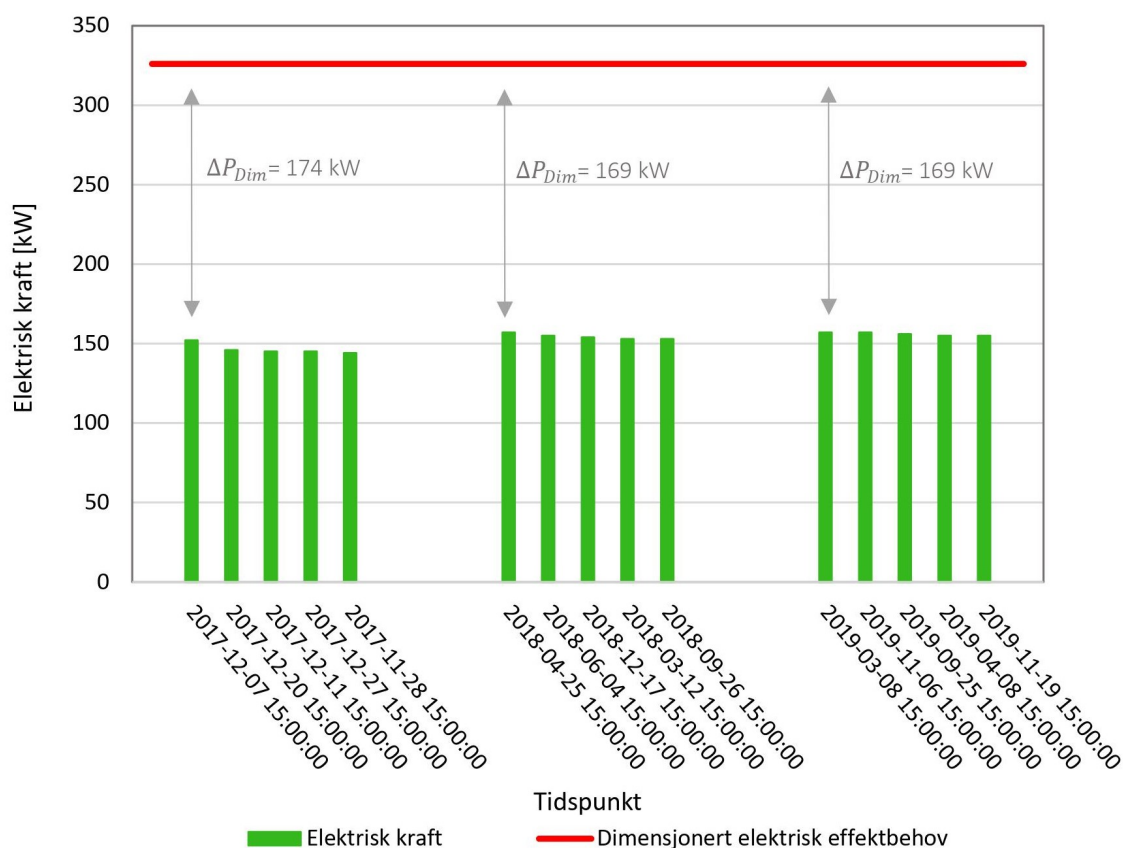
Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt



Figur 4.17: Varighetsdiagram for målt elektrisk effekt ved Persaunet hvs

I figur 4.17 framstilles det målte elektriske effektforbruket i et varighetsdiagram. Grafen viser liten variasjon for målingene i 2018 og 2019, mens 2017 er noe lavere.

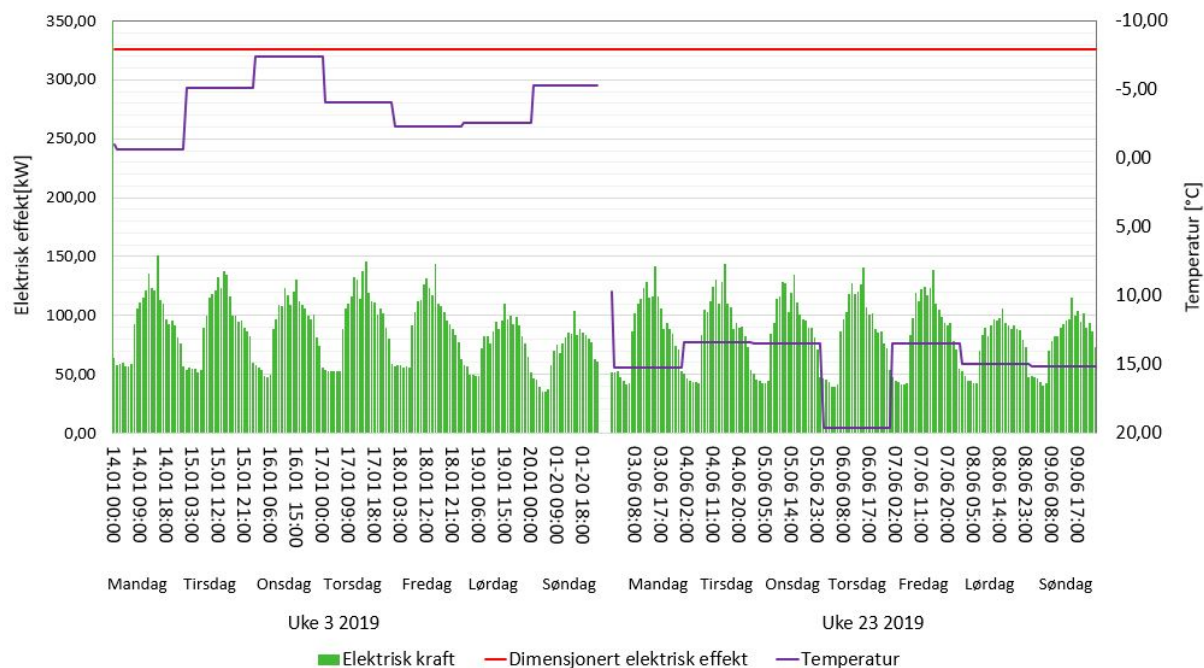
Elektriske effekttopper



Figur 4.18: Elektriske effekttopper ved Persaunet hvis

Figur 4.18 tar utgangspunkt i figur 4.17 og de fem timene fra varighetsdiagrammet med høyest målinger av elektrisk effekt hvert år. Grafen viser at alle effekttoppene opptrer kl. 15:00, mens månedene varierer betraktelig. Åsaken til effekttopper på samme tidspunkt kan antas å være middagstid på sykehjemmet. Året 2017 har størst differanse på dimensjonert elektrisk effektbehov og målt elektrisk effektforbruk med $\Delta P_{Dim}=174\text{kW}$.

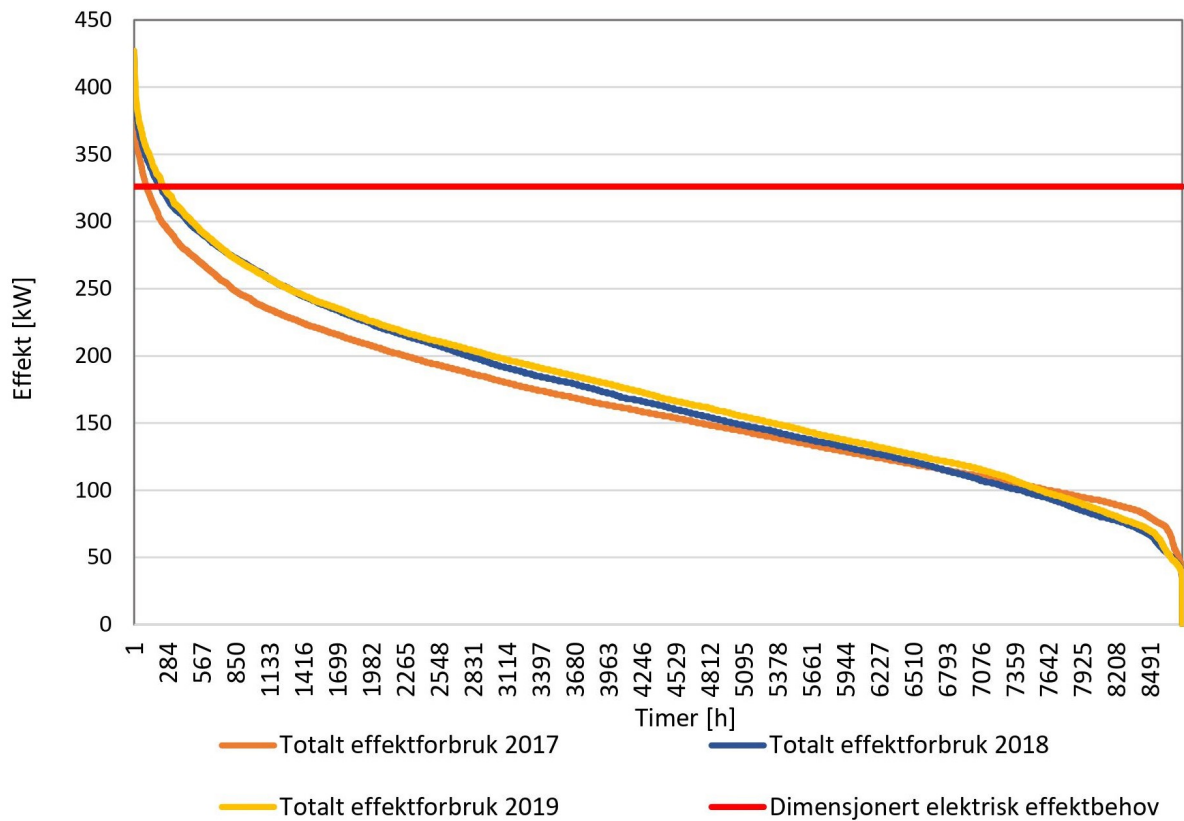
Elektrisk effektforbruk



Figur 4.19: Elektrisk effektforbruk i to normale driftsuker ved Persaunet hvis

Figur 4.19 viser to valgte uker med forbruk av elektrisk effekt. Forbruksmønsteret ved Persaunet er noe annerledes enn ved skolene. Mønsteret viser tydelig døgnene i ukene og noe lavere forbruk i helgene. Det kan antas å være mindre bemanning, aktivitetssenter som kun er åpent i hverdager og beboere som har permisjon i helger. Det er lite variasjon i forbruk av elektrisk effekt på vinter og sommer i ukedagene, men noe forskjellig i helgen.

Varighetsdiagram for totalt effektforbruk

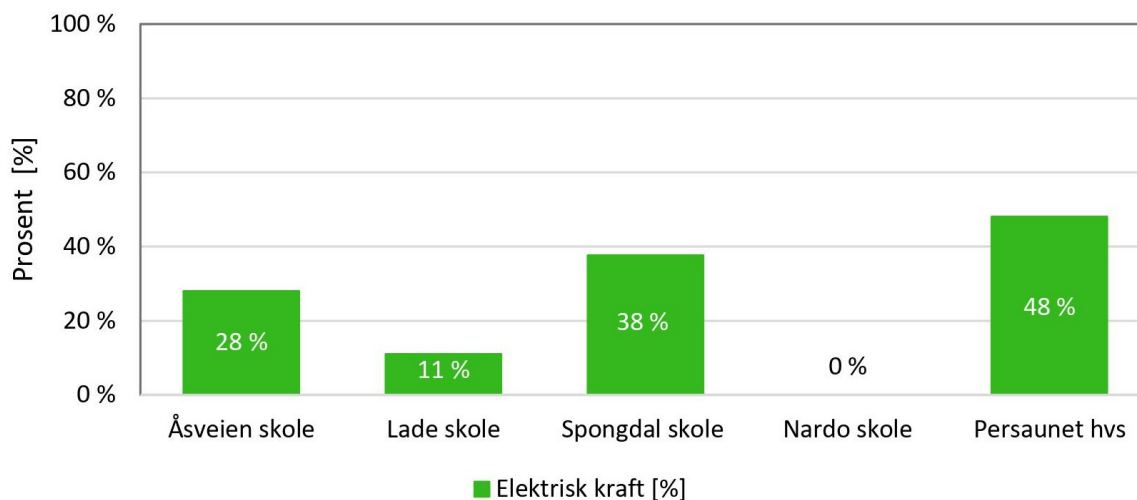


Figur 4.20: Varighetsdiagram for totalt effektforbruk ved Persaunet hvs

I figur 4.20 framstilles det totale effektforbruket i et varighetsdiagram. Sammenlignet med figur 4.17 er kurven brattere og høyere. Det totale effektforbruket overstiger dimensjonert elektrisk effektbehov hvert år.

4.1.6 Utnyttelse av elektrisk kapasitet

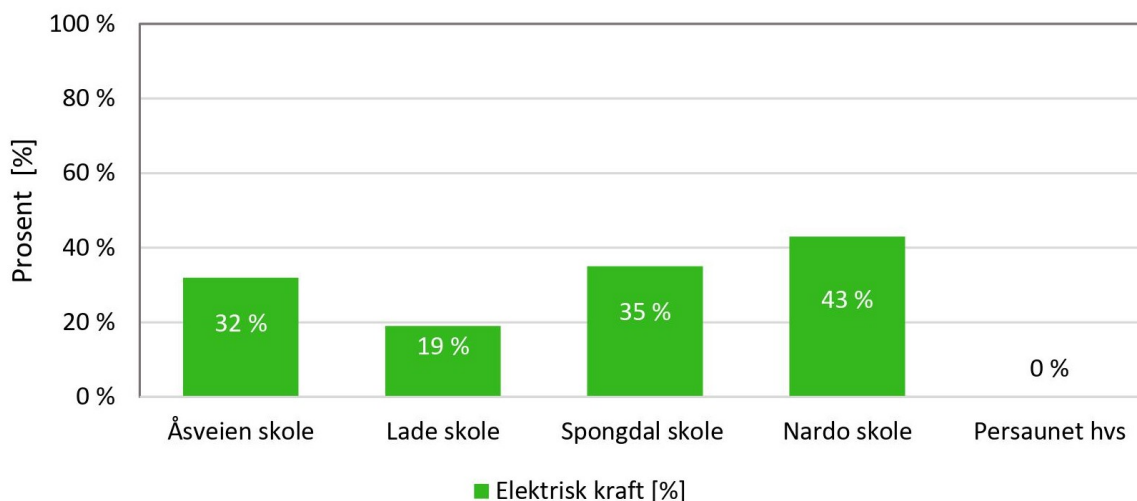
Dimensjonert elektrisk effektbehov



Figur 4.21: Utnyttelse av dimensjonert effektbehov

Figur 4.21 viser prosentvis utnyttelse i forhold til dimensjonert effekt. Det er tatt utgangspunkt byggenes høyeste effekttopper gjennom måleperioden. (se Tabell 4.1).

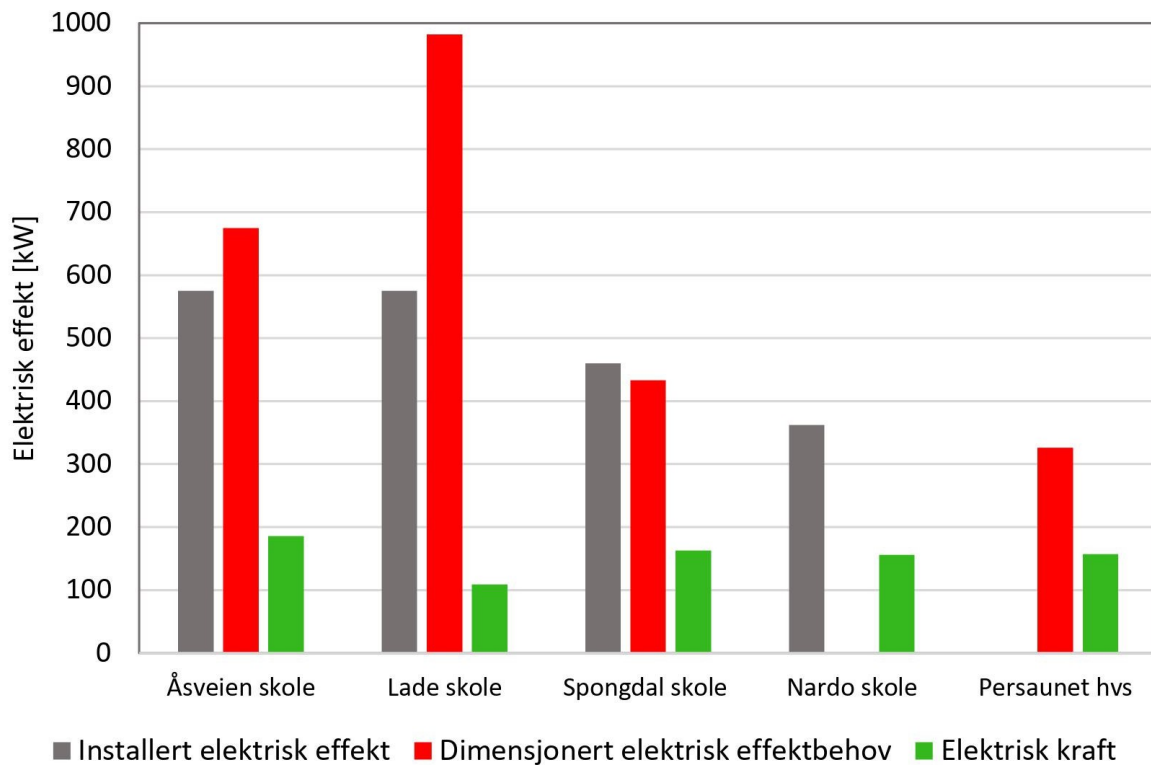
Installert elektrisk effekt



Figur 4.22: Utnyttelse av installert effekt

Figur 4.22 viser prosentvis utnyttelse av det elektriske anlegget. Det er tatt utgangspunkt i byggenes høyeste effekttopper gjennom måleperioden. Den installerte effekten er anleggets kapasitet. Ut fra grafen kan man se at det elektriske anlegget er betydelig overdimensjonert.

4.1.7 Oppsummering av resultat fra målinger

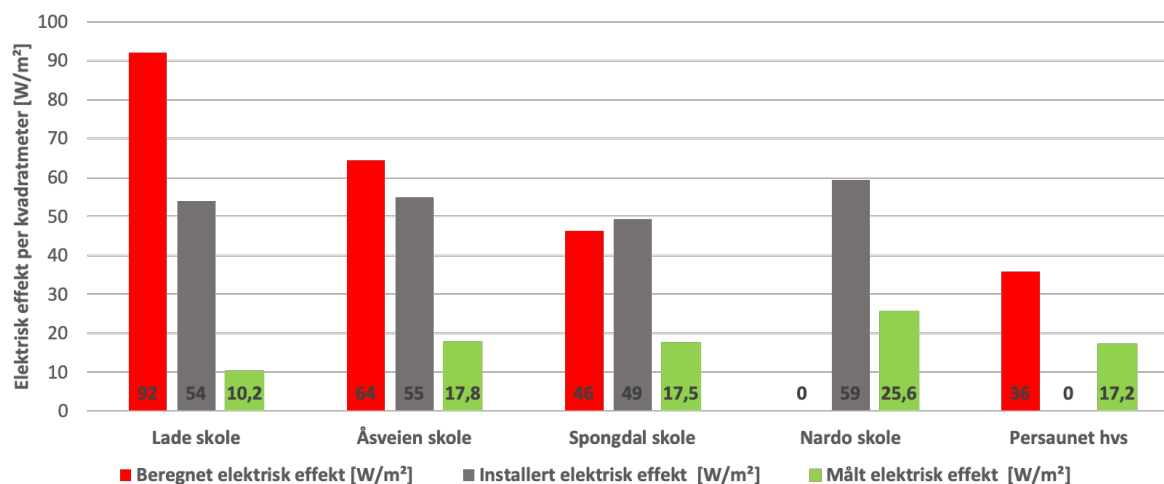


Figur 4.23: Oppsummering installert, dimensjonert og målt elektrisk effekt

Figur 4.23 viser forholdene mellom byggenes installerte, dimensjonerte og målte elektriske effekt. Det fremgår av oversikten at Åsveien og Spondal skole har en installert effekt noe høyere enn det dimensjonerte effektbehovet. Den installerte effekten ved Lade skole er ca. 400 kW lavere enn det dimensjonerte behovet.

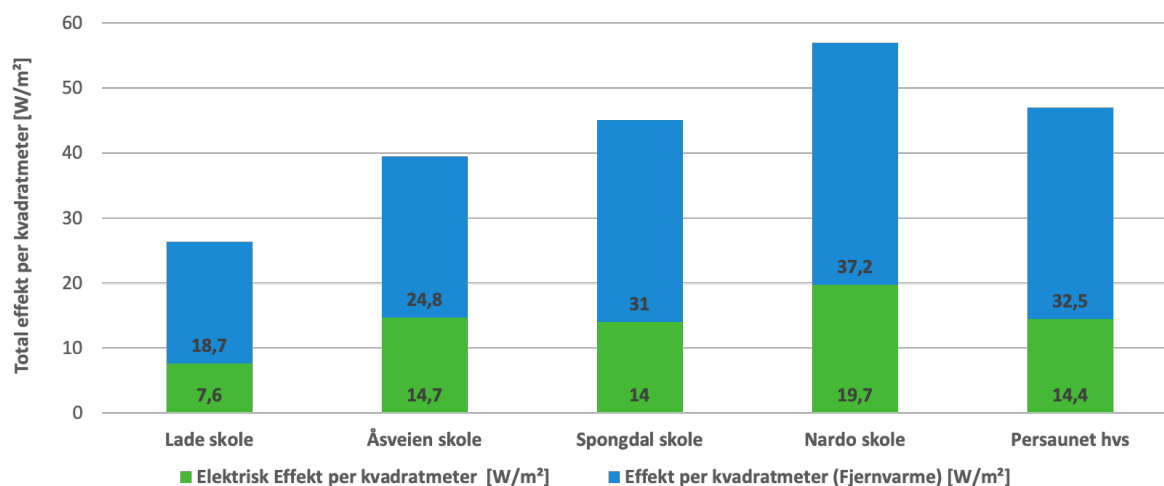
4.2 Effektforbruk pr. kvadratmeter

4.2.1 Effektforbruk pr. kvadratmeter for bygg i rapporten



Figur 4.24: Dimensjonert, installert og målt elektrisk effekt

Figur 4.24 viser elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter [$\frac{W}{m^2}$] i byggene. Grafen har tatt utgangspunkt i byggenes høyeste registrerte elektriske effekt. Det fremgår av figuren at det elektriske behovet er betydelig overestimert.



Figur 4.25: Målt total effekt (fjernvarme og elektrisitet)

Figur 2.25 viser høyeste registrerte effekt pr. kvadratmeter [$\frac{W}{m^2}$]. Målingen er ment for å vise det totale forbruket. Det er ikke over alt man har tilknytning til fjernvarme slik at bygget blir totalavhengig av elektrisk kraft.

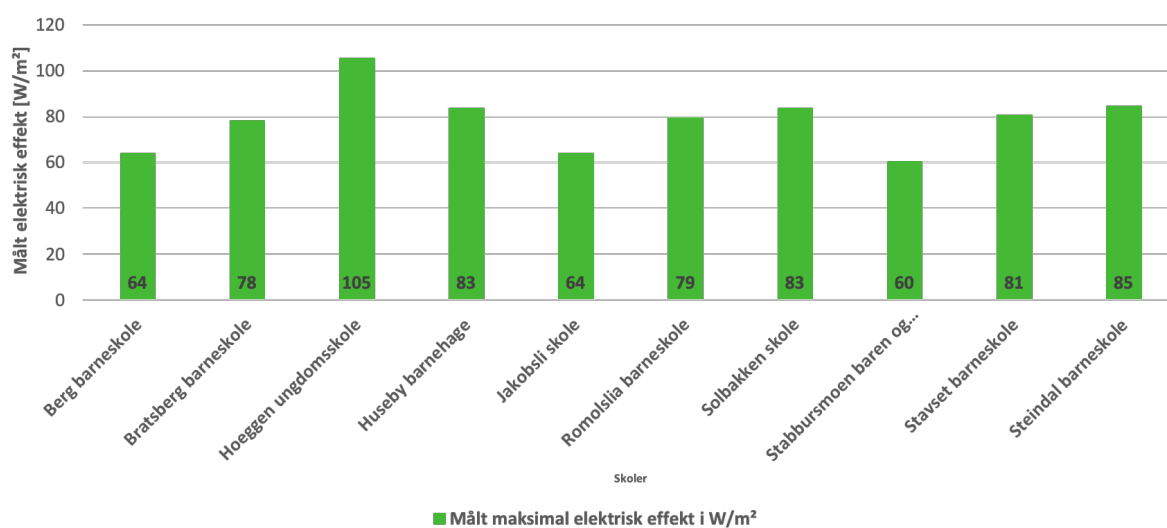
	Lade skole	Åsveien skole	Spondal skole	Nardo skole	Persaunet hvs
Dimensjonert elektrisk effekt [kW]	982	675	433	-	326
Inntakssikring [A]	1000	1000	800	630	-
Installert elektrisk effekt [kW]	575	575	460	362	-
Målt elektrisk effekt [kW]	109	186	163	156	157
BRA [m ²]	10 657	10 473	9 342	6 097	9 108
Elektrisk effekt pr. kvadratmeter [$\frac{W}{m^2}$]	10	18	24	26	33
Total effekt pr. kvadratmeter [$\frac{W}{m^2}$]	26	40	45	57	47

Tabell 4.1: Oppsummering av bygningsdata

Tabell 4.1 viser en oppsummering av beregninger og målinger som er registrert. Effekt pr. kvadratmeter er rundet av til nærmeste hele tall.

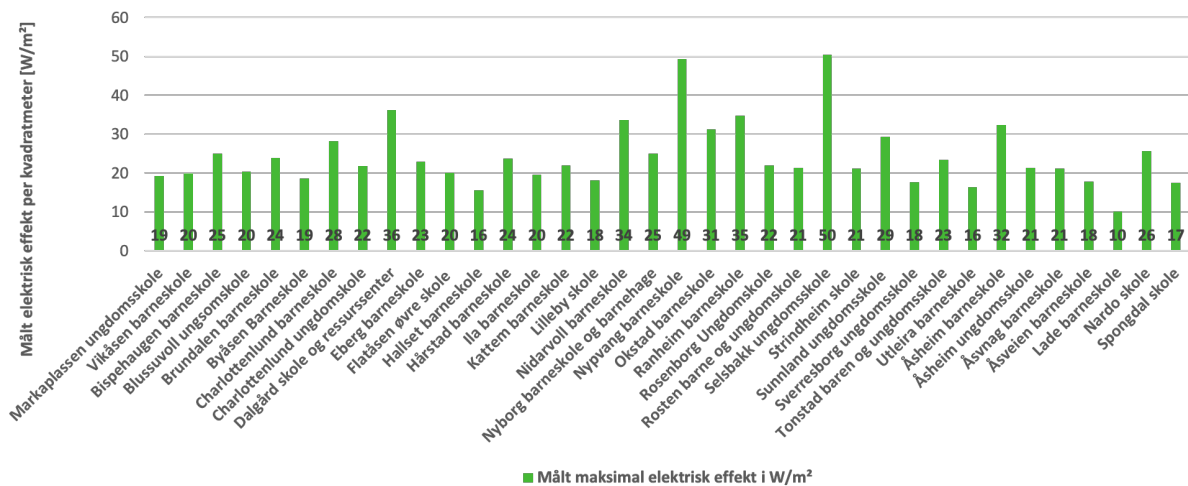
4.2.2 Effektforbruk pr. kvadratmeter i et større antall bygg

Dette underkapittelet undersøker elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter i 46 undervisningsbygg i Trondheim kommune. 10 av byggene benytter elektrisitet som primærkilde til oppvarming, mens de 36 resterende benytter fjern- eller nærvarme. Hensikten med øvelsen er å kunne kartlegge om resultatene som rapporten konkluderer med viser seg i flere tilfeller. Data om areal og maksimalt effektuttak knyttet til de respektive byggene er hentet fra Esave. Komplette datagrunnlag finnes i C VEDLEGG: Effekt pr. kvadratmeter.



Figur 4.26: Elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter bygg m/ eloppvarming

Figur 4.26 viser elektrisk effekt pr. kvadratmeter for undervisningsbygg. Oppvarmingskilden er primært elektrisk kraft



Figur 4.27: Elektrisk effektforbruk pr. kvadratmeter bygg u/ eloppvarming

Figur 4.27 viser elektrisk effekt pr kvadrat for undervisningsbygg. Byggende er tilknyttet fjern – eller nærvarmeanlegg til oppvarming.

Bygningstype	Antall	Oppvarming	Effekt pr. kvadratmeter $\left[\frac{W}{m^2}\right]$
Undervisningsbygg	10	Elektrisk effekt	78
Undervisningsbygg	36	Fjernvarme/ Nærvarme	25

Tabell 4.2: Gjennomsnittlig målt elektrisk effekt for utvalgte undervisningsbygg

Tabell 4.2 viser gjennomsnittet resultat av undersøkelsen. Resultatet viser at verdiene er godt under tallene som oppdragsgiver sier er bransjestandarden. Byggene i undersøkelsen er av eldre årgang og må antas å ha dårligere teknisk standard enn de fem primærbyggene.

4.3 Trafo ved Spongdal skole

Under prosjekteringen av Spongdal skole og Byneshallen ble det med grunnlag i det beregnede effektbehovet vurdert at det var behov for ny transformator. Rådgivende ingeniører i prosjektet beregnet i utgangspunktet et effektbehov på 1058 kW. Dette tallet ble senere redusert til 433 kW da det ble bestemt at en elkjel på 650 kW skulle erstattes av et nærvarmeanlegg. Tensio, som har ansvar for strømforsyningen i Trøndelag, ettergår imidlertid alle bestillinger og tilpasser dimensjoneringen etter egen standard og erfaring. Med bakgrunn i nettselskapets nye beregninger ble det i tilknytning til skolen montert en transformator på 800 kVA.

Tensio har uttalt at behovet for ny transformator ikke ville vært tilstede om det maksimale effektuttaket var på 170 kW eller lavere. Ved et maksimalt effektuttak på 170 kW, kunne skolen og hallen heller vært tilknyttet eksisterende transformator NS02105 (Se E VEDLEGG: Mailkorrespondanse).

Målinger i denne rapporten viser at skolen og hallen i løpet av de fem siste årene aldri har hatt en effekttopp større enn 163,2 kW. Det er verdt å merke seg at effekttoppene i denne rapporten er basert på timesverdier [$\frac{\text{kWh}}{h}$]. Det kan derfor hende at den faktiske, høyeste effekttoppen er noe høyere enn den som er målt. Gitt at den reelle effekttoppen ikke er mer enn 5% større enn den målte, kan det se ut til at ny transformator faktisk ikke var nødvendig. Tensio hevder at tilknytning til den allerede eksisterende transformatoren ville gitt en kostnadsbesparelse på 500.000 kr minimum.

4.4 Årsaker til overdimensjonering

Det har vært indikert fra de som prosjekterer elektriske anlegg at fokuset rundt overdimensjonering til nå har vært lite. Tidligere har det ikke vært like enkelt å verifisere effektberegningene – så lenge det var nok kraft tilgjengelig i nettet, og så lenge sikringene holdt, ble det antatt at anleggene var riktig dimensjonert.

Energioppfølgingsystemer som Esave har heller ikke vært særlig utbredt før i senere tid.

Bransjen har uttrykt en frykt for å underdimensjonere. Det ser ikke ut til at noen blir ansvarliggjort for overdimensjonering av elektriske anlegg i bygg. På den andre siden er det likevel nærliggende å tro at ingen ønsker å være ansvarlig for eventuell driftsproblematikk knyttet til underdimensjonering.

Dagens regelverk rundt anleggsbidrag bidrar til å fange opp litt av problematikken knyttet til overdimensjonering.

Nettselskapene skal fastsette og kreve inn anleggsbidrag for å dekke hele eller deler av kostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder. I tillegg skal nettselskapet fastsette anleggsbidrag når kunden ber om økt kvalitet. Formålet med en plikt for nettselskapet til å ta betalt, er å synliggjøre kostnadene ved en ny tilknytning eller forsterkning av en eksisterende tilknytning. 27

Det betyr at nettselskapets kunder må nøyerere vurdere nettilknytningen opp mot alternative tiltak. Det være seg å redusere effektbehovet eller endre lokasjon til et sted med bedre nettkapasitet.

Tensio mener det ville vært store overinvesteringer om nettet hadde blitt dimensjonert i henhold til kunders estimater. Nettselskapene har gjerne det siste ordet i kundenes bestillinger, og ettergår dimensjoneringen i henhold til deres egen standard eller erfaring.

5 Diskusjon

5.1 Usikkerhet

5.1.1 Målinger

Alle målinger brukt i denne rapporten er hentet fra Esave. Det er knyttet usikkerhet til disse målingenes nøyaktighet og pålitelighet. Hvordan målerne er koblet opp, og hvorvidt de er plassert slik Esave beskriver, har det ikke vært anledning til å verifisere, (se F VEDLEGG: KORONAVIRUSET). Med bakgrunn i Trondheim kommunes lit til Esave er det besluttet at målingsgrunnlaget er godt nok til denne rapportens formål.

5.1.2 Prosjekteringsgrunnlag

De dimensjonerte effektbehovene er hentet fra prosjekteringsgrunnlag tilsendt fra de respektive byggeprosjekters rådgivende elektroingeniører. Flere av bedriftene som var ansvarlig for el-prosjekteringen har opplyst at det har vært vanskelig å oppdrive prosjekteringsgrunnlaget, noe grunnet dårlige arkiveringsløsninger. Det er derfor usikkert om de tilsendte grunnlagene er fullstendige med alle relevante detaljer. Alle prosjekteringsgrunnlagene inneholder likevel et tall for dimensjonert elektrisk effektbehov, og det er antatt at dette tallet er korrekt.

5.1.2.1 Nardo skole

Det foreligger ikke noe prosjekteringsgrunnlag for Nardo skole i denne rapporten. I stedet er det tatt utgangspunkt i størrelsen på inntakssikringen. Det er antatt at denne sikringsstørrelsen er i samme størrelsesorden tilsvarende det dimensjonerte effektbehovet.

5.1.2.2 Persaunet helse- og velferdssenter

Manglende informasjon om inntakets sikringstørrelse medfører at den installerte elektriske effekten til Persaunet hvs er ukjent.

5.1.3 Byggenes areal

Det er store variasjoner i undervisningsbyggene hva angår størrelse, byggeår og byggekvalitet. De fleste av byggene bærer preg av flere utbedringer og utbygginger gjort over lange tidsperioder. Et eksempel er Bispehaugen skole som ble tatt i bruk for første gang i 1898. Skolen er påbygd og utbedret gjennom flere byggetrinn i senere år. Det er derfor vanskelig å si noe konkret om alder på byggenes elektriske anlegg. Ulike kilder oppgir ulike arealmål på de samme byggene. Det er i rapporten derfor besluttet å bruke arealmål oppgitt i Esave. Dette fordi Esave hevder at deres areal er oppvarmet bruksareal. Arealmålet har innvirkning på beregninger av effektbehov pr. kvadratmeter.

5.2 Validitet og reliabilitet

Det er ønskelig at oppgaven har høy validitet og reliabilitet for at den skal legge ett bedre grunnlag for oppdragsgiver. Dette krever at rapporten har god gyldighet og at andre har lett tilgang til, og mulighet for å teste de målingene og prosjektberegningene som har blitt brukt. Det kan diskuteres om målerne tilgjengelig for utførelsen av rapporten ikke er troverdige nok, og det er derfor satt rammer med hensyn på slik tilgjengelig informasjon.

Grunnet eksterne restriksjoner, samt tilgjengelig tid og ressurser, anses den fremgangsmåten som er brukt som en god måte å løse problemstillingen. Undersøkelser på lignende anlegg som allerede er utført har fått resultater som samsvarer med de som har framkommet her. Funnene i rapporten vil med litt justering kunne overføres til andre lignende anlegg, av typen kontorer og idrettshaller, som har lignende oppsett og behov.

5.3 Etikk

Den miljømessige bakgrunnen for denne rapporten kan knyttes til miljøetiske utfordringer. I et samfunn hvor den elektriske infrastrukturen er i stadig endring, og dets tilstedeværelse er viktigere enn noen gang, har alle aktørene i bransjen et ansvar for å ivareta samfunnets interesser for miljø, bærekraft og økonomi. At Rambøll som en global samfunnsrådgiver ønsker å ta en bransjeledende rolle ved å levere miljømessige og sosialt bærekraftige løsninger er et steg i riktig retning.

Det foreligger ingen åpenbare etiske utfordringer knyttet til utarbeidelse av rapporten. Det vil likevel kunne argumenteres for at valg, fremgangsmåter og synspunkter kan være farget av for eksempel intern eller ekstern veileder. Et ønske fra gruppen er at rapporten er utført med størst mulig nøyaktighet og etter beste evne, noe som kan ses på som en etisk forpliktelse overfor oppdragsgiver.

6 Konklusjon

Med bakgrunn i resultatene fra denne rapporten, kan man med stor sikkerhet si at de elektriske anleggene i Trondheim kommunes skolebygg er overdimensjonerte. Det er i alle byggene store forskjeller mellom dimensjonert effektbehov, installert effekt og målt effektforbruk – selv når reservekapasiteten er tatt med i betraktning. Graden av overdimensjonering varierer fra bygg til bygg. Det største avviket i denne rapporten finnes ved Lade skole som kun benytter 19% av sin elektriske kapasitet. Dette er altså en overdimensjonering på mer enn 420%.

Det er nærliggende å anta at bransjens tall på $\frac{W}{m^2}$ er en stor bidragsyter til overdimensjoneringen. Målinger av faktisk forbrukt effekt pr. kvadratmeter fra 36 skoler i Trondheim viser et gjennomsnittlig effektforbruk på $25 \frac{W}{m^2}$. Ser man på Lade, Åsveien og Spongdal skole som alle er bygget etter TEK10 eller nyere, er gjennomsnittlig effektforbruk på $17,5 \frac{W}{m^2}$. Det er 22,5 watt mindre enn bransjens tommelfingerregel på $40 \frac{W}{m^2}$ for bygg uten elektrisk oppvarming. I bygg på flere tusen kvadratmeter kan dette gi store utslag.

Foruten effekt pr. kvadratmeter, er det gitt uttrykk fra oppdragsgiver at samtidighetsfaktorer gjerne er erfaringsbasert, og avviker i dag stort fra faktisk målt samtidighet. Denne rapporten innehar likevel ikke nok data til å kunne konkludere sikkert hva samtidighet angår. En annen viktig faktor kan være bransjens frykt for underdimensjonering, da ingen ønsker å være ansvarlig for driftsproblematikk knyttet til for lave effektbehovestimater.

Resultater i rapporten viser at installasjon av ny transformator ved Spongdal skole og Byneshallen muligens ikke var nødvendig. Fra områdets ansvarlige nettselskap, Tensio, ble det opplyst at ny transformator ikke hadde vært nødvendig om det maksimale effektuttaket aldri overskred 170 kW. Målinger fra Esave viser et maksimalt effektuttak på 163 kW. Fordi effekttoppene i denne rapporten er maksimale effektuttak midlet over en periode på én time [$\frac{kWh}{h}$], er det vanskelig å vite reelle effekttoppers størrelse. Derfor kan man heller ikke konkludere sikkert om trafoinstallasjonen var nødvendig eller ikke.

Det kan se ut til at metoden for beregning av effektbehov har stått på stedet hvil. Tidligere ble det antatt at anleggene var riktig dimensjonert så lenge sikringene holdt. Dette til tross for at energieffektiv LED-belysning har tatt over for gamle glødepærer, standarden på byggene har økt, passivhus er mer aktuelt og elektriske apparater er mer energieffektive enn før. Det anbefales videre arbeid rundt denne problemstillingen for å gi et enda mer detaljert grunnlag for utvikling av nye retningslinjer. Utplassering av målere på flere kurser i byggene anbefales for å kunne gi et bedre bilde av samtidighetsfaktorer, og om enkelte komponenter eller funksjoner skiller seg markant ut.

6 Referanser

- [1] Andersen, O. *Spongdal skole - Byneshallen*. Hentet fra: <http://www.bygg.no/article/1219333>, (2014).
- [2] Andersen, O. *Lade Skole*. Hentet fra: <http://www.bygg.no/article/1349617>, (2018).
- [3] Dahl. *Varmebok*. Hentet fra: <https://byggebolig.no/imageoriginals/6f572083f2761a800db823b9c49ee38ea1a4de0d.pdf>.
- [4] Direktoratet for byggkvalitet. *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/14/14-2/>.
- [5] Kothari D.P and Nagrath I.J. *Electric machines*. McGraw hill education, India, (2018).
- [6] Eggen arkitekter AS. *Åsveien Skole*. Hentet fra: <https://www.eggen-arkitekter.no/asveien-skole-og-idrettshall/>.
- [7] Eggen arkitekter AS. *Åsveien skole og idrettshall*. Hentet fra: <https://www.eggen-arkitekter.no/asveien-skole-og-idrettshall/>.
- [8] Eimhjellen, L. *Nardo skole og barnehage*. Hentet fra: <http://www.bygg.no/article/37274>, (2008).
- [9] Eriksson, C. *Spongdal Skole*. Hentet fra: <https://bit.ly/2yMBSfX>, (2014).
- [10] Esave AS. *Om Esave*. Hentet fra: <https://erognan.nu/om-esave/>.
- [11] Grønn byggallianse. *BREEAM*. Hentet fra: <https://byggalliansen.no/sertifisering/breeam/>.
- [12] Gunvaldsen, I. *Trefase - vekselstrøm*. Hentet fra: https://snl.no/trefase_-_vekselstr%C3%B8m, (2019).
- [13] Habberstad, J . *Nardo skole*. Hentet fra: https://www.strindahistorielag.no/Wikitest/index.php/Nardo_skole, (2009).
- [14] Eilif Hugo Hansen. *Elektroinnstallasjoner*. Classica forlag AS, Norge, (2010).
- [15] Eilif Hugo Hansen. *Elektroinnstallasjoner*. Classica forlag AS, Norge, (2010).

- [16] Eilif Hugo Hansen. *Elektroinnstallasjoner*. Classica forlag AS, Norge, (2010).
- [17] Hasenmüller, B. / Selstrøm, A.M. . *Passivhuskole tilrettelagt for sambruk og nærmiljøfunksjoner* . Hentet fra: <https://www.arkitektur.no/asveien-skole>, (2018).
- [18] Hofstad, K. *Effekt*. Hentet fra: <https://snl.no/effekt>, (2019).
- [19] Høyte, F. *Effektfaktor*. Hentet fra: https://snl.no/effektfaktor_for_en_vekselstr%C3%B8mskrets, (2018).
- [20] Lavenergiprogrammet. *Hva er en kuldebro?* Hentet fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/hva-er-en-kuldebro/>, (2016).
- [21] Lavenergiprogrammet. *Balansert ventilasjon med varmegjenvinning*. Hentet fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/balansert-ventilasjon-med-varmegjenvinning>, (2018).
- [22] Lie, Ø. *Mener vi kaster bort energi på altfor kraftige varmeanlegg*. Hentet fra: https://www.tu.no/artikler/mener-vi-kaster-bort-energi-pa-alt-for-kraftige-varmeanlegg/320999?fbclid=IwAR3BONChuwWr3atklRXftWDp-k99jz65QehRdha0oPdGjpa_ass1XaSP1Eo, (2016).
- [23] Lillehamre, J. *Å bygge i tre er både tradisjonelt og framtidsrettet*. Hentet fra: <https://trondheim2030.no/2015/11/02/a-bygge-i-tre-er-bade-tradisjonelt-og-framtidsrettet/>, (2015).
- [24] Moe, A.S. *Fremtidens bygg*. Hentet fra: <https://www.arkitektur.no/om-framtidens-bygg>, (2015).
- [25] Nord Energi AS. *Spongdal varmesentral*. Hentet fra: <https://www.nordenergi.no/referanser/ny-spongdal-skole>.
- [26] Norges vassdrags- og energidirektorat. *Anleggsbidrag*. Hentet fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettilknytning/anleggsbidrag/>, (2020).
- [27] Norges vassdrags- og energidirektorat. *Anleggsbidrag*. Hentet fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/nettjenester/nettilknytning/anleggsbidrag/>, (2020). Hentet 02.05.2020.
- [28] Norsk varmepumpeforening. . Hentet fra: <https://www.varmepumpeinfo.no/varmepumpe typer/bergvarmepumpe-og-jordvarmepumpe>, (2019).

- [29] Norske varmeløse AS. . Hentet fra: <http://www.norskevarmeløse.no/produkter--tjenester/utbygging/naervarme.html>, (2013).
- [30] Ormestad, H. *Energi*. Hentet fra: Snl.no/energi, (2018).
- [31] Regjeringen. Tidslinje: myndighetenes håndtering av koronasituasjonen. <https://www.regjeringen.no/no/tema/Koronasituasjonen/tidslinje-koronaviruset/id2692402/>, (2020). Hentet dato 08.04.2020.
- [32] Sivertstøl, A. *Åsveien skole nominert til nok en byggepris*. Hentet fra: <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/2016/03/03/%C3%85sveien-skole-nominert-til-nok-en-byggepris-12233434.ece>, (2016).
- [33] Standard Norge. *Miljøstandarden ISO 14001 i ny versjon* . Hentet fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/miljo-og-barekraft/2015/miljostandarden-iso-14001-i-ny-versjon-/>, (2016).
- [34] Statkraft Varme AS. *Kart over fjernvarme*. Hentet fra: <https://statkraft.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a68c000c382941e29efaefd12974c9c9&level=3>.
- [35] Statkraft Varme AS. *Fjernvarme kort forklart*. Hentet fra: <https://www.statkraftvarme.no/om-statkraftvarme/vare-anlegg/norge/trondheim/>, (2017).
- [36] Synlig design og foto AS. *Lade skole*. Hentet fra: <https://www.eggen-arkitekter.no/lade-skole-og-idrettshall/>.
- [37] Synlig design og foto AS. *Persaunet hvs*. Hentet fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekt/12771/>.
- [38] Tekna. *Krav til passivhus*. Hentet fra: <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/krav-til-passivhus/>, (2018).
- [39] Trondheim Kommune. *Funksjons- og arealprogram for kommunal skolegang i Trondheim*. Hentet fra: <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/trondheim-eiendom/funksjons--og-arealprogram-skole-endelig-2016-01-12-1.pdf>.
- [40] Trondheim kommune. *Persaunet helse- og velferdssente*. Hentet fra: <https://www.trondheim.kommune.no/org/helse-og-velferd/helse--og-velferdssenter/persaunet-hvsenter/>, (2020).

[41] Utdanningsdirektoratet. *Spongdal skole (1-10), Trondheim*. Hentet fra:

<http://www.skoleanlegg.utdanningsdirektoratet.no/artikkel/253/>

[Spongdal-skole-1-10-Trondheim](#), (2018).

A VEDLEGG - Prosjekteringsgrunnlag

Fordeling	Funksjon	m^2	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{kW}{stk}$	Samtidigheitsfaktor	Effektbehov[kW]
+A=433.11	Lys og stikk	332	35			11,6
+A=433.12	Lys og stikk	850	35			29,8
+A=433.21	Lys og stikk	300	35			10,5
+A=433.22	Lys og stikk	890	35			31,2
+B=433.23	Lys og stikk	1708	35			59,8
+C=433.24	Lys og stikk	1605	35			56,2
+A=433.31	Lys og stikk	307	35			10,8
+A=433.32	Lys og stikk	890	35			31,2
+B=433.33	Lys og stikk	1000	35			35
+B=433.34	Lys og stikk	1000	35			35
+B=433.41	Lys og stikk	1000	35			35
+B=433.42	Lys og stikk	1000	35			35
+A=433-360.01	Lys og stikk			12,4		12,4
+A=433-360.02	Lys og stikk			12,4		12,4
+A=433-360.03	Lys og stikk			12,4		12,4
Varmepumpe				50		50
Areal		10882				
Effektbehov					0,4	519
Reserve					1,30	
Totalt effektbehov						675

Prosjekteringsdata for Åsveien Skole. Beregnet av Vintervoll AS

Fordeling	Funksjon	m^2	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{kW}{stk}$	Samtidighets- faktor	Effekt- behov[kW]
+A=433.101	Lys og stikk	950	40		0,7	151
+A=433.102	Lys og stikk	1650	40		0,7	96
+A=433.103	Lys og stikk	1500	30		0,7	145
+A=433.104	Lys og stikk	2000	40		0,7	230
+A=433.201	Lys og stikk	900	40		0,7	36
+A=433.202	Lys og stikk	1600	40		0,7	64
+A=433.301	Lys og stikk	1150	40		0,7	46
+A=433.302	Lys og stikk	760	40		0,7	30,4
Varmesentral	Teknisk			50	1	50
Ventilasjon	Teknisk			100	1	100
Areal		10510				
Reserve					1,20	
Totalt effektbehov						982

Prosjekteringsdata for Lade skole. Beregnet av Sweco

Fordeling	Funksjon	m^2	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{kW}{stk}$	Samtidighets- faktor	Effekt- behov[kW]
433.01	Lys og stikk	1250	40		0,7	35
433.02	Lys og stikk	1500	40		0,7	42
434.01	Varme			15	0,9	13,5
434.02	Ventilasjon			40	0,9	36
434.03	Ventilasjon			40	0,9	36
433.11	Lys og stikk	1230	45		0,8	44,28
433.12	Lys og stikk	1130	60		0,9	61,02
433.13	Lys og stikk	570	50		0,9	25,65
433.14	Lys og stikk	370	40		0,8	11,84
433.21	Lys og stikk	1050	35		0,8	29,4
433.22	Lys og stikk	1230	45		0,8	44,28
433.14	Lys og stikk	630	30		0,8	15,120
434.21	Ventilasjon			20	0,9	18
Areal		8960				
Effektbehov						412
Reserve					1,05	
Totalt						433
effektbehov						

Prosjekteringsdata for Spongdal Skole. Beregnet av Sweco

Fordeling	Funksjon	m^2	$\frac{W}{m^2}$	$\frac{kW}{stk}$	Samtidigheitsfaktor	Effektbehov [kW]
	Ventilasjon		10			47
	Vifter og pumper		5			24
	Belysning		8			38
	Div. kontorutstyr		30			142
Areal		4746				
Effektbehov						251
Reserve					1,30	
Totalt effektbehov						326

Prosjekteringsdata for Persaunet hvs. Beregnet av GK Elektro

B VEDLEGG - Tekniske spesifikasjoner

	Åsveien Skole	TEK10	≤ Passivhus
U-verdi yttervegg [$\frac{W}{m^2k}$]	0,13	≤ 0,22	≤ 0,15
U-verdi tak [$\frac{W}{m^2k}$]	0,09	≤ 0,18	≤ 0,13
U-verdi for gulv [$\frac{W}{m^2k}$]	0,09	≤ 0,18	≤ 0,15
U-verdi vinduer, dører og glassfelt [$\frac{W}{m^2k}$]	0,80	≤ 1,2	≤ 0,80
Normalisert kuldebroverdi [$\frac{W}{m^2k}$]	0,02	≤ 0,06	≤ 0,03
Lekkasjetall [$\frac{1}{h}$]	0,26	≤ 1,2	≤ 0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	80	≥ 80	≥ 80
SFP [$\frac{kWs}{m^3}$]	1,01	≤ 2,0	≤ 2,0

Tekniske spesifikasjoner for Åsveien Skole sammenlignet med TEK10 (§14-2. Krav til energieffektivitet) og NS 3700 minstekrav for passivhus

	Lade Skole	TEK17	≤ Passivhus
U-verdi yttervegg [$\frac{W}{m^2k}$]	0,17	≤ 0,22	≤ 0,15
U-verdi tak [$\frac{W}{m^2k}$]	0,13	≤ 0,18	≤ 0,13
U-verdi for gulv [$\frac{W}{m^2k}$]	0,12	≤ 0,18	≤ 0,15
U-verdi vinduer, dører og glassfelt [$\frac{W}{m^2k}$]	0,77	≤ 1,2	≤ 0,80
Normalisert kuldebroverdi [$\frac{W}{m^2k}$]	0,02	≤ 0,05	≤ 0,03
Lekkasjetall [$\frac{1}{h}$]	0,20	≤ 1,5	≤ 0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	93	≥ 80	≥ 80
SFP [$\frac{kWs}{m^3}$]	1,49	≤ 2,0	≤ 2,0

Tekniske spesifikasjoner for Lade skole sammenlignet med TEK17 (§14-2. Krav til energieffektivitet) og NS 3700 minstekrav for passivhus

	Spongdal Skole	TEK10	≤ Passivhus
U-verdi yttervegg [$\frac{W}{m^2k}$]	0,17	≤ 0,22	≤ 0,15
U-verdi tak [$\frac{W}{m^2k}$]	0,13	≤ 0,18	≤ 0,13
U-verdi for gulv [$\frac{W}{m^2k}$]	0,10	≤ 0,18	≤ 0,15
U-verdi vinduer, dører og glassfelt [$\frac{W}{m^2k}$]	0,75	≤ 1,20	≤ 0,80
Normalisert kuldebroverdi [$\frac{W}{m^2k}$]	0,02	≤ 0,06	≤ 0,03
Lekkasjetall [$\frac{1}{h}$]	0,20	≤ 1,5	≤ 0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	80	≥ 80	≥ 80
SFP [$\frac{kWs}{m^3}$]	1,50	≤ 2,0	≤ 2,0

Tekniske spesifikasjoner for Spongdal skole sammenlignet med TEK10 (§14-2. Krav til energieffektivitet) og NS 3700 minstekrav for passivhus

	Persaunet hvs	TEK17	≤ Passivhus
U-verdi yttervegg [$\frac{W}{m^2k}$]	0,17	≤ 0,22	≤ 0,15
U-verdi tak [$\frac{W}{m^2k}$]	0,13	≤ 0,18	≤ 0,13
U-verdi for gulv [$\frac{W}{m^2k}$]	0,10	≤ 0,18	≤ 0,15
U-verdi vinduer, dører og glassfelt [$\frac{W}{m^2k}$]	0,75	≤ 1,2	≤ 0,80
Normalisert kuldebroverdi [$\frac{W}{m^2k}$]	0,02	≤ 0,05	≤ 0,03
Lekkasjetall [$\frac{1}{h}$]	0,20	≤ 1,5	≤ 0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	80	≥ 80	≥ 80
SFP [$\frac{kWs}{m^3}$]	1,50	≤ 2,0	≤ 2,0

Tekniske spesifikasjoner for Persaunet HVS sammenlignet med TEK17 (§14-2. Krav til energieffektivitet) og NS 3700 minstekrav for passivhus

	Nardo Skole	TEK07	≤ Passivhus
U-verdi yttervegg [$\frac{W}{m^2k}$]	0,16	≤ 0,18	≤ 0,15
U-verdi tak [$\frac{W}{m^2k}$]	0,13	≤ 0,13	≤ 0,13
U-verdi for gulv [$\frac{W}{m^2k}$]	0,09	≤ 0,15	≤ 0,15
U-verdi vinduer, dører og glassfelt [$\frac{W}{m^2k}$]	1,0	≤ 1,20	≤ 0,80
Normalisert kuldebroverdi [$\frac{W}{m^2k}$]	0,06	≤ 0,06	≤ 0,03
Lekkasjetall [$\frac{1}{h}$]	0,27	≤ 1,5	≤ 0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	80	≥ 80	≥ 80
SFP [$\frac{kWs}{m^3}$]	2,0	≤ 2,5	≤ 2,0

Tekniske spesifikasjoner for Nardo Skole sammenlignet med TEK07

C VEDLEGG - Effekt pr. kvadratmeter

Bygg	BRA [m ²]	Oppvarming	Målt elektrisk effekt [kW]	Målt elektrisk effekt [$\frac{W}{m^2}$]
Markaplassen ungdomsskole	6 041	Nærvarme	116	19
Vikåsen barneskole	6 920	Nærvarme	138	20
Bispehaugen barneskole	8 801	Fjernvarme	220	25
Blussuvoll ungsomskole	7 700	Fjernvarme	157	20
Brundalen barneskole	7 229	Fjernvarme	173	24
Byåsen Barneskole	8 821	Fjernvarme	165	19
Charlottenlund barneskole	8 300	Fjernvarme	234	28
Charlottenlund ungdomsskole	5 255	Fjernvarme	115	22
Dalgård skole og ressurscenter	8 996	Fjernvarme	326	36
Eberg barneskole	4 493	Fjernvarme	103	23
Flatåsen øvre skole	6 041	Fjernvarme	121	20
Hallset barneskole	6 158	Fjernvarme	96	16

Data hentet fra Esave

Bygg	BRA [m ²]	Oppvarming	Målt elektrisk effekt [kW]	Målt elektrisk effekt [$\frac{W}{m^2}$]
Hårstad barneskole	4 135	Fjernvarme	98	24
Ila barneskole	6 355	Fjernvarme	124	20
Kattem barneskole	4 308	Fjernvarme	95	22
Lilleby skole	4 623	Fjernvarme	84	18
Nidarvoll barneskole	6 360	Fjernvarme	214	34
Nyborg barneskole og barnehage	4 471	Fjernvarme	112	25
Nypvang barneskole	3 206	Fjernvarme	158	49
Okstad barneskole	1 822	Fjernvarme	57	31
Ranheim barneskole	4 373	Fjernvarme	152	35
Rosenborg Ungdomskole	7 500	Fjernvarme	164	22
Rosten barne og ungdomskole	6 199	Fjernvarme	132	21
Selsbakk ungdomsskole	6 060	Fjernvarme	306	50
Strindheim skole	7 851	Fjernvarme	166	21
Sunnland ungdomsskole	6 966	Fjernvarme	204	29

Data hentet fra Esave

Bygg	BRA [m ²]	Oppvarming	Målt elektrisk effekt [kW]	Målt elektrisk effekt [$\frac{W}{m^2}$]
Sverresborg ungdomsskole	8 489	Fjernvarme	150	18
Tonstad baren og ungdomsskole	5 937	Fjernvarme	139	23
Utleira barneskole	6 396	Fjernvarme	105	16
Åsheim barneskole	4 885	Fjernvarme	158	32
Åsheim ungdomsskole	5 255	Fjernvarme	112	21
Åsvnag barneskole	6 776	Fjernvarme	144	21
Åsveien barneskole	10 473	Fjernvarme	186	18
Lade barneskole	10 657	Fjernvarme	109	10
Nardo skole	6 097	Fjernvarme	156	26
Spondal skole	9 342	Fjernvarme	163	18
Berg barneskole	4 220	Elektrisk effekt	270	64
Bratsberg barneskole	1 204	Elektrisk effekt	94	78
Hoeggen ungdomsskole	6 851	Elektrisk effekt	721	105
Huseby barnehage	1 318	Elektrisk effekt	110	83
Jakobsli skole	2 930	Elektrisk effekt	187	64

Data hentet fra Esave

Bygg	BRA [m ²]	Oppvarming	Målt elektrisk effekt [kW]	Målt elektrisk effekt [$\frac{W}{m^2}$]
Romolslia barneskole	3 364	Elektrisk effekt	267	79
Solbakken skole	2 157	Elektrisk effekt	180	83
Stabbursmoen baren og ungdomsskole	5 443	Elektrisk effekt	328	60
Stavset barneskole	5 155	Elektrisk effekt	415	81
Steindal barneskole	4 538	Elektrisk effekt	384	85

Data hentet fra Esave

D VEDLEGG - Utregninger

Installert effekt, P for Lade skole:

Spenning: 415 V

Inntakssikring: 1000 A

Effektfaktor: 0.8

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi$$

$$415V \cdot 1000A \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8 = 575kW$$

Installert effekt, P for Åsveien skole:

Spenning: 415 V

Inntakssikring: 1000 A

Effektfaktor: 0.8

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi$$

$$415V \cdot 1000A \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8 = 575kW$$

Installert effekt, P for Spongdal skole:

Spenning: 415 V

Inntakssikring: 800 A

Effektfaktor: 0.8

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi$$

$$415V \cdot 800A \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8 = 465kW$$

Installert effekt, P for Nardo skole:

Spenning: 415 V

Inntakssikring: 630 A

Effektfaktor: 0.8

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi$$

$$415V \cdot 630A \cdot \sqrt{3} \cdot 0.8 = 362kW$$

E VEDLEGG - Mailkorrespondanse



Berg Terje <Terje.Berg@statkraft.com>
to: 23.04.2020 08:09
Til: Trym Skoglund
Kopi: Schjølberg Tor Erik <Tor.Schjolberg@statkraft.com>; Utne Åmund <Amund.Utne@statkraft.com>



Hei,

Takk for din henvendelse.

Fjernvarme har samme leveringssikkerhet som for elektrisk strøm, og det er derfor ikke behov for elektrisk varmereserve i bygg som er tilkoblet vårt nett.

Med vennlig hilsen

Terje Berg
Key Account Manager, Marked

MOBIL +47 906 56 280
SENTRALBORD +47 915 02 450

Statkraft Varme AS
Sluppenvegen 17B, Postboks 2400, 7005 Trondheim
www.statkraftvarme.no


Mail fra Statkraft om fjernvarmes leveringssikkerhet.

@nordenergi.no>

lø. 25.04.2020 12:08
Til: Trym Skoglund

Trym
Kort svar er nei, vi drifter med primærkilde trepellets og har backup med 2 oljekjeler samt 1 EI kjel, alle kildene leverer til alle kundene. Vannbåren distribusjon.

Med hilsen/Best regards



www.nordenergi.no

Fra: Trym Skoglund <trymsko@stud.ntnu.no>
Sendt: fredag 24. april 2020 14.28
Til: @nordenergi.no>
Emne: Sv:

Takk for kjapt svar, tror ikke jeg fikk helt svar på det jeg lurte på. Jeg lurte på om byggene som er tilknyttet lokalvarmeanlegget til Spondal som Spondal skole trenger å dimensjonere for egen elektrisk reserve om det skulle skje noe meg anlegget deres, ref tek §14-4 som sier byggene skal ha energifleksible varmesystemer slik at man ikke er totalt avhengig av en kilde. Eller er anlegget deres sike reserver ?

Hilsen Trym Skoglund

Mail fra Nord Energi angående Spondal varmesentral.

on. 06.05.2020 08:45
Til: Kjersti Magnussen Føllesdal
Kopi: @tronderenergi.no>



2 vedlegg (54 kB) Last ned alle Lagre alle i OneDrive – NTNU

Hei. Denne har blitt liggende hos meg dessverre.

Generelt kan jeg si at faktisk effektbehov er meget relevant for hvordan vi dimensjonerer vårt nett. Vi ønsker derfor så gode og riktige estimat som mulig.

Nå er det riktignok slik at vi av egen erfaring ettergår alle bestillinger og tilpasser vår dimensjonering i henhold til vår egen standard eller erfaring. Disse tallene er ofte er mye lavere enn hva kundenes konsulenter beregner. Dersom vi skulle dimensjonert i henhold til hva vi får av estimat, ville det vært store overinvesteringer i nettet.

Nettselskapene bruker en annen sammenlagningsfaktor enn hva vi tror mange konsulenter bruker. Men det er jo ofte slik at ingen blir ansvarliggjort i dag for overinvesteringen i bygg. Derimot ville det vært krise for en konsulent og ha «tatt i for lite».

Dagens praksis med anleggsbidrag, skal i prinsippet fange opp dette ved at kunden må dekke alle kostnader for bestilt effekt.

For Spongdal skole og hall har vi beregnet dagens effektmaks til ca 170 kW. Dette er riktignok en beregning basert på energibruk og virkelig effektmaks vil sannsynligvis være noe høyere. Det er riktignok vesentlig lavere enn hva konsulent beregnet i bestilling som var på totalt 1058kW.

Vi bygde en ny nettstasjon (NS70157) og monterte en transformator på 800 kVA. Dersom effektmaksen virkelig er på kun 170 kW ville vi unngått ny nettstasjon og forsynt skolen fra eksisterende nettstasjon NS02105.

Mail fra Tensio angående trafo Spongdal

NETBAS Nettstasjon - (Endr. 24.04.2020/KNA - Oppr. 09.09.2013/mariusol)

Driftsmerking	NS70157	Objektnummer*	3080061
Nettstasjonsnavn	SPONGDAL SKOLE	Knutepunkt 1	NS70157
Komponentadresse		Spenning	22.000 ...
Kommune	5001 TRONDHEIM ...	Stasjon	GAUSTAD
Eier	TRØNDERENERGI NETT AS ...	Radial	GAU08
		Netttype	D-NETT ...

Innhold | Nettstasjon | Jording | Anleggsbidrag | Startverdier-nettberegninger | Spøringsinformasjon | Geometri | Drift | Anmerkninger

Objektnum...	Fabrikat	Typebetegnelse	Driftsmerking	Merk...	Merke...	Merk...	
1	3080062	SIEMENS	4HB5967-9ZE09	T1	800	22.000	415

NETBAS Fordelingstransformator - (Endr. 25.04.2020/KNA - Oppr. 09.09.2013/mariusol)

Generelle data | 2 | 3 | Spøringsinformasjon | Beregningsdata | Beregnet fra timesverdier | Geometri | Anmerkninger

Objnr. 3080062

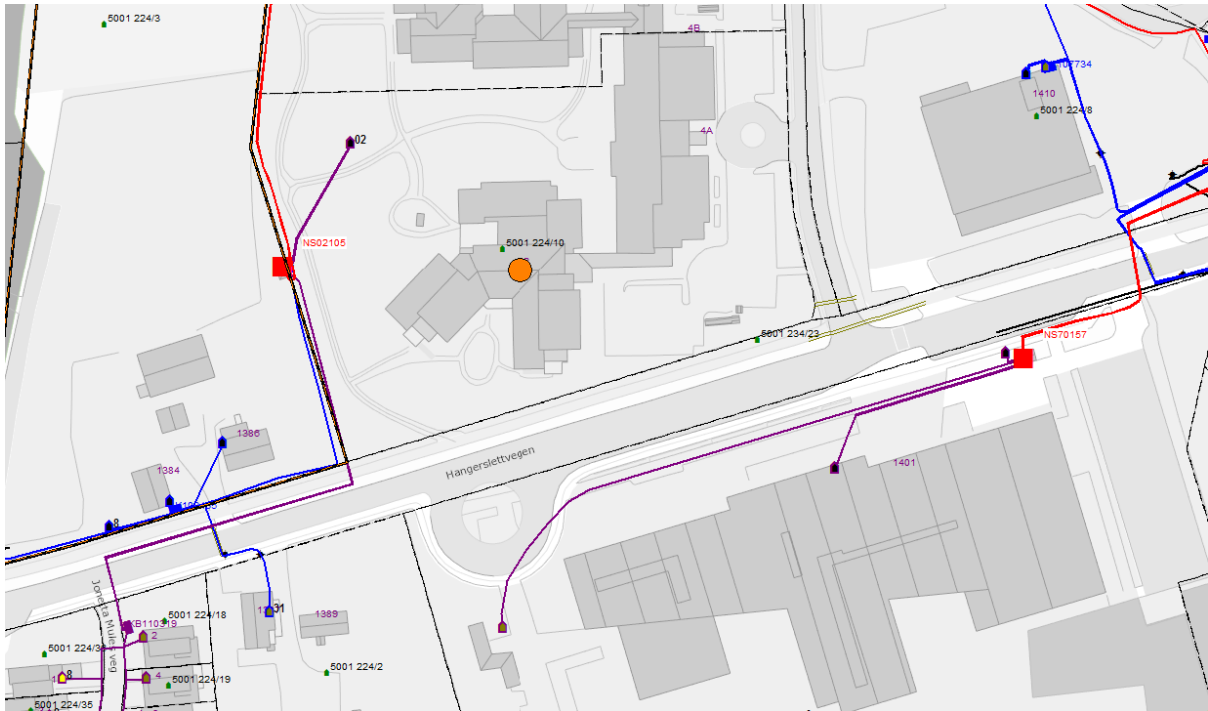
Pålitelighetsdata :

Feilhyppighet, varige feil	0.0000	feil/år	Alderskorreksjon for feilhyppighet, k1:	0.0000
Feilhyppighet, forbigående feil	0.0000	feil/år	Alderskorreksjon for feilhyppighet, k2:	0.0000

Beregningensresultater :

Beregnet dato	25.04.2020
Beregnet strøm	4.42 A
Belastningsgrad	21.07 %

Vedlegg til mail fra Tensio



Vedlegg til mail fra Tensio

SPONGDAL SKOLE OG IDRETTSHALL
374360

FORELØPIG EFFEKTOVERSIKT 12.04.2012

	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING	FORDELING
	433.01	433.02	433.11	433.12	433.13	433.14	433.21	433.22	433.23	434.01	434.02	434.21
Areal	1250	1500	1230	1130	570	370	1050	1230	630			
Effekt (kW)	40	45	43	55	20	13	32	45	20		80	15
										Oppvarming	Ventilasjon	Ventilasjon
										Elkjet		
										650		

408

650

SUM 1058 kW

ca 9000m²

Elkjet:

300 Varmebatterier ventilasjon
180 Oppvarming skole
70 Oppvarming idrettshall
100 VV

650

Vedlegg til mail fra Tensio

@tronderenergi.no >

on. 13.05.2020 14:35
 Til: Kjersti Magnussen Føllesdal

Hei igjen.

- Vår beregning er inklusiv hall.
- 1058 kW er som du så inklusiv elkjel som skulle benyttes til oppvarming av varmt tappevann. Det er mulig skolen har andre energikilde til det formålet. Jeg mener å huske det ble diskutert en Blokkel som skulle bruke flis som energikilde.
- Kostnadsbesparelsen ligger på minimum ca 500.000,-

Mvh

Tensio TS – www.tensio.no

Besøksadresse: Industriveien 3/5 | 7080 | Heimdal
@tronderenergi.no

Kjersti Magnussen Føllesdal
 on. 13.05.2020 13:50
 Til: @tronderenergi.no >

Hei, takk for info og grundig svar!
 Har ett par ekstra spørsmål hvis du har tid.
 For å være sikker, er den beregnede verdien du sendte kun for skolen, eller skole med hall?
 Ser dere har fått oppgjitt 1058kW, mens verdien vi fikk fra konsulentene lå på 433kW, har du noen formening om hvorfor det er en så stor avstand mellom de to?
 Har du noen formeninger om konsadsbesparelse som kunne vært gjort hvis effektmaksen hadde vært lavt nok til å kunne kobles på den eksisterende transformatoren istedenfor å bygge en ny? Den høyeste effektmaksen vi har målt ligger på rundt 178kW.
 Håper du har mulighet til å svare

Mvh
 Kjersti Føllesdal

Mail fra Tensio

Skole	Adresse	NS nr	Trafostørrelse	Inntakskabel	I installasjon	
					Overbelastningsvern	Kortslutningsvern
Nardo Skole	Nardovegen 19A	NS01958	800 kVA	2 stk TFXP 4x240 Al	630A	2x400 A Jean Muller Sikringslist
Spondal skole	Hangerslettveien	NS70157	800 kVA	2 stk TFXP 4x240 Al	800A	2x400 A Jean Muller Sikringslist
Lade skole	Ladehammerveien 45	NS70378	1250 kVA	4 stk TFXP 4x240 Al	1000A	1250 A Compact NS 1250 Schneider Electric
Åsveien Skole	Fagertunveien 2	NS70187	1000 kVA	3 stk TFXP 4x240 Al	1000A	3x400 A Jean Muller Sikringslist

Trafostørrelser og overbelastningsvern

F VEDLEGG - Koronaviruset

Den 12. mars 2020 innførte den norske regjeringen de sterkeste og mest inngripende tiltakene vi har hatt i Norge i fredstid. Helsedirektoratet vedtok blant annet at skoler og utdanningsinstitusjoner skulle stenges ned for studenter og ansatte på ubestemt tid [31]. Som en direkte konsekvens av disse tiltakene har prosessen med utarbeidelsen av bacheloroppgaven blitt påvirket i betydelig grad.

Gruppedynamikk

Fra grupperomsmøter og faglig diskusjon med fysisk tilstedeværelse ble samarbeidet flyttet til digitale plattformer. Foruten enkle beskjeder og meldinger i gruppechatter, har Microsoft Teams vært den foretrukne plattformen å avholde møter, dele dokumenter og holde kontakt på. Overgangen krevde tid med tanke på opplæring og mental omstilling. For å få til et mer effektivt arbeidsmønster ble det bestemt at hvert gruppe medlem påtok seg et hovedansvar for ulike emner. Et resultat av dette ble at ikke alle gruppe medlemmene har fått satt seg like godt inn i de ulike delene av oppgaven. Det ble likevel ansett som et nødvendig tiltak for å opprettholde jevn progresjon i en tid hvor samarbeidet var mer utfordrende.

Mangelfull datainnsmaling

En øvelse som var høyt ønsket av oppdragsgiver, og som gruppen anså som et viktig ledd i den praktiske innsikten av oppgaven, var utplassering av strømmålere. Tanken var å reise ut til de aktuelle byggene og montere strømmålere på forskjellige kurser. På den måten ville vi fått bedre, mer detaljerte og funksjonsorienterte målinger av effektbehovet. Da skolene ble bestemt stengt, og helsebyggene stengt for andre enn pasienter, ble dette en oppgave som ikke lot seg gjennomføre. Det ble vurdert at hvis vi likevel fikk montert målere på skolene, ville målingene vært verdiløse grunnet mangelen på normaldrift i perioden.

Kontakt med tredjeparter

En sentral del i denne oppgaven har vært å opprette kontakt med diverse tredjepartspersoner- og bedrifter for utlevering av tekniske data på bygg, målinger og beregninger av effektbehov. Med tredjepart menes ressurser utover gruppelemmer, veiledere eller fagstoff tilgjengelig på Internett. Oppgaven med å finne engasjerte kontaktpersoner som kunne stille sine bygg til disposisjon var krevende allerede før koronaviruset. Hjemmekontorets inntog i norske virksomheter bidro til en ytterlig forverring av situasjonen. Planlagte møter ble avlyst og motivasjonen blant potensielle tredjeparter opplevdes som dalende. Dette førte til at det ble nærmest umulig å oppdrive nye bygg, og vi måtte jobbe med de dataene vi allerede hadde fått.

Manglende praktisk forståelse

Det var i utgangspunktet planlagt befaring ved noen av anleggene, men disse ble naturligvis avlyst. Befaringene av de elektriske anleggene skulle bidra til å gi en bedre teknisk innsikt i problemstillingen, samt gi en praktisk forståelse av hvordan anleggene er bygd opp.

Summen av disse endringene har primært resultert i mangelfulle målinger. Uten egne detaljerte målinger fra byggene har det ikke vært mulig å lokalisere hvor de største avvikene befinner seg. I denne rapporten er byggene vurdert helhetlig med tanke på effektbehov, og detaljnivået som i utgangspunktet var tenkt og ønsket blir ikke innfridd. Den andre vesentlige endringen er valget av bygg. Tilgangen til større industribygg med mer krevende effektbehov ble vanskelig, og det ble i stedet valgt skoler og helsebygg.

G VEDLEGG - Populærvitenskapelig artikkel

Å SKYTE SPURV MED KANONER

Overdimensjonering

Moderne bygg

Effektbehov

Hva er effekt?

Å sykle 10 kilometer krever en viss mengde energi. Sykler du distansen på 10 minutter kan du si at du har vært effektiv. Bruker du derimot en time har du ikke vært like effektiv. Elektrisk effekt er akkurat det samme – elektrisk energi per tidsenhet. Slik effekt måles i watt. Hvor mye strøm et bygg trenger på én gang for å opprettholde normal drift ved maks belastning omtales som byggets elektriske effektbehov.

Økonomi

Et unødvendig stort elektrisk anlegg fører gjerne med seg unødvendig store kostnader. Kabler, trafoer og hovedtavler som er dimensjonert for å tåle langt høyere strømmer enn hva de utsettes for, bidrar til denne kostnaden. Det er indikert fra elbransjen at 1 megawatt nettkapasitet koster om lag 10 millioner kroner i infrastruktur.

Miljø

De fleste elektriske komponenter består av ikke-fornybare ressurser som for eksempel kobber. I et samfunn hvor den elektriske infrastrukturen er viktigere enn noen gang, har alle aktørene i bransjen et ansvar for å ivareta samfunnets interesser for miljø og bærekraft.



Foto: Shutterstock

Store forskjeller

La oss si at du har fått ansvaret for å bygge en helt ny vei mellom Watteby og Strømstad. Du får vite at veien skal være 50 kilometer lang, og at det passerer 20 biler i timen. Du velger vel ikke da å bygge en firefelts motorvei? Vel, det kan se ut til at det er akkurat det elektroingeniører tenker når de dimensjonerer elektriske anlegg i nye næringsbygg.

En rapport fra NTNU har sammenlignet dimensjonert effektbehov med faktisk effektforbruk i fire moderne skoler og et helsebygg. Funnene i rapporten viser at det er store forskjeller mellom det dimensjonerte og det målte effektbehovet. På Lade skole i Trondheim har det elektriske anlegget aldri blitt belastet med mer enn 19 prosent av den tilgjengelige kapasiteten.

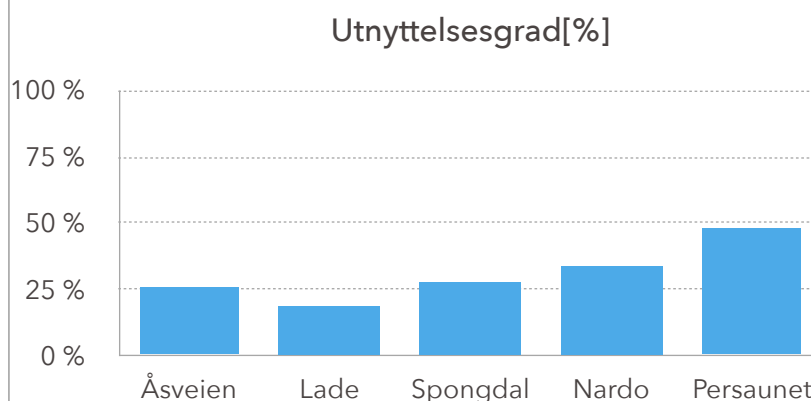




Foto: Shutterstock

Esave

Alle bygg i den nevnte rapporten eies og driftes av Trondheim kommune. Kommunen stiller krav til energioppfølging i alle deres bygg. Esave er et norskutviklet, web-basert energioppfølgingsystem hvor alle kommunens bygg er oppført. Der kan man blant annet finne informasjon om:

- Effektforbruk helt ned på timesverdier
- Akkumulert forbruk
- Driftsavvik
- Utetemperatur

Målingene i rapporten er hentet fra nettopp Esave. Dataene er eksportert til Excel for enklere håndtering. Det er byggenes maksimale effektuttak midlet over én time som er lagt til grunn for sammenligning med de dimensjonerte effektbehovene.

Systemet gir også mulighet for å hente ut informasjon om effektforbruket flere år tilbake i tid. Esave har i følge Trondheim kommune vært et svært viktig verktøy for å holde energiforbruket til et minimum i tråd med deres mål om miljø.

Rapporten antyder at mangelen på standarder for beregninger av effektbehov er den største bidragsyteren til overdimensjonering. Dagens beregninger av effektbehov tar for seg størrelsen på bygget, hvor mange av de elektriske apparatene som belastes samtidig, samt et tall på hvor mye effekt som trengs pr. areal. Særlig samtidighet, altså hvor mange elektriske effektforbrukere som belastes samtidig, og watt per kvadratmeter er faktorer forbundet med usikkerhet. Tallene som brukes har gjerne rot i gammel praksis, og er sjeldent godt dokumentert. Samtidig som nye bygg har blitt mer energieffektive, ser det ut til at metoden for beregning av effektbehov har stått på stedet hvil. Elbransjen opererer med ca 40 watt per kvadratmeter i bygg uten elektrisk oppvarming. Rapporten viser at det er en grov overestimering. Gjennomsnittlig effektforbruk per kvadratmeter for 36 skoler i Trondheim uten elektrisk oppvarming ligger på 25 watt.

Krever mer forskning

Det kan se ut til at ingen i byggeprosessen ønsker å være ansvarlig for eventuell underdimensjonering. Kombinert med en lite presis metode for beregning av effektbehov, ender de elektriske anleggene opp med å bli altfor store. Om man i fremtiden skal kunne klare å unngå overdimensjonering, kreves det mer forskning på området. En forskning verdt å drive for å unngå unødvendige kostnader og bruk av begrensede naturressurser.

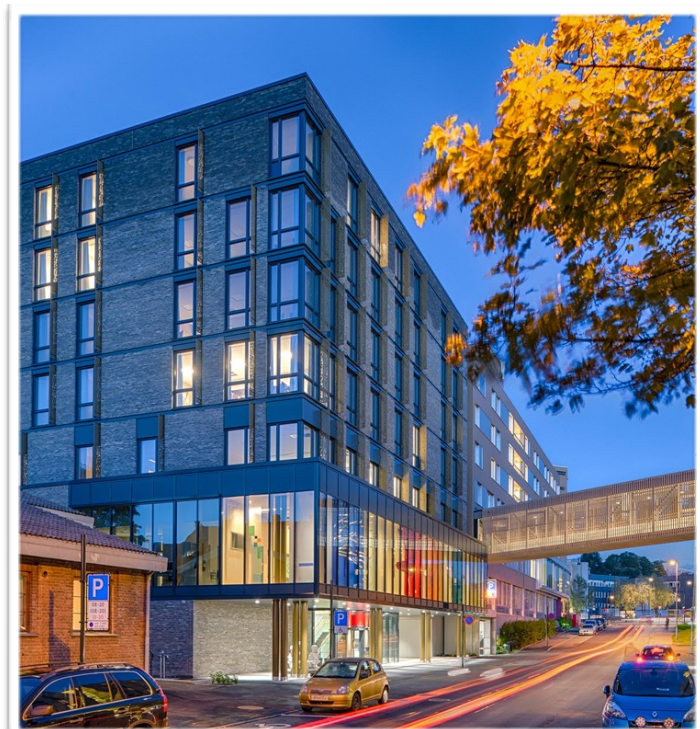


Foto: Geir Mogen