



OPPGAVE NR.
5

TILGJENGELIGHET
Åpen

OsloMet – storbyuniversitetet

Telefon: 22 45 20 00

Institutt for Bygg- og energiteknikk – Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL	DATO 22/05/2018
Dimensjonering av effekttopper. Estimering av effektbehov i tidlig prosjekteringsfase	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 46 / 16
FÖRFATTER Martin Stene	VEILEDER Tor Arvid Vik
UTFÖRT I SAMARBEID MED COWI	KONTAKTPERSON Anne Kristine Amble

SAMMENDRAG

Fra samarbeidende bedrift er det fremmet en problematikk rundt dimensjonering av elektriske effekter og at leverings-transformatorer overdimensjoneres. En stor andel av elektriske effekter i bygninger går til VVS-teknisk utstyr. Når effekter skal meldes inn til nettleverandør er det ofte slik at man har begrenset med informasjon om bygget.

Masteroppgaven skal gjennom samtaler med rådgivere og analyse av to bygninger se på hvordan dette gjøres i praksis og om det er noen svakheter med metodikken. Ut fra konklusjonen er det også et ønske å komme med noen videre anbefalinger for beregning av én eller flere poster i effektbudsjettet.

Det viser seg at når rådgivere skal estimere effekter til nye bygninger brukes det ofte gamle normtall fra Enova. Disse normtallene er basert på bygninger fra TEK87 og TEK97. Det er derfor lite sannsynlig at de er like aktuelle i dag.

I samtaler med rådgivere har det kommet frem at det er lite kommunikasjon og tverrfaglig forståelse mellom fagområdene VVS og elektro. Dette kan føre til misforståelser rundt forskjellen mellom termiske og elektriske effekter og føre til at estimeringene i tidlig fase blir mindre reflekterte.

Det ser også ut til å være en stor mangel på kunnskapsoverføring fra tidligere prosjekter. Man går sjelden, eller aldri, tilbake og undersøker hva det reelle forbruket faktisk er. Ved å ta med seg lærdom og erfaringsdata fra tidligere prosjekter har man bedre mulighet til å finne gode erfaringstall for nye bygg. Estimering av effekt til belysning er et eksempel på utstyr som har fått en stor endring i nye bygg. Rådgiverne har her vært flinke til å ta hensyn til at mye av moderne belysning er LED og er styrt etter tilstedeværelse. Tilsvarende erfaringer burde også skaffes for annet teknisk utstyr.

STIKKORD
Effekt
Tidlig fase
Erfaringstall

PROSJEKTBESKRIVELSE

Denne masteroppgaven er skrevet våren 2018 ved studiet Energi og miljø i bygg. Den har et totalt arbeidsomfang på 30 studiepoeng og er et videre arbeid fra eget forprosjekt i emnet MAEN5300 - Forskningsmetoder og etikk.

Følgende oppgavetekst ble gitt fra OsloMet og COWI før oppstart med forprosjekt:

I tidlig fase i prosjektering av en bygning skal man oppgi behov for elektrisk effekt til nettleverandøren, slik at de kan dimensjonere transformator. Det er RIE (rådgivende ingeniør elektro) som har ansvar for dette, men en svært stor del av effektbehovet skyldes utstyr som RIV (rådgivende ingeniør VVS) har ansvar for å prosjektere, f.eks vifter, varmepumper og kjølemaskiner. Siden dette som regel skjer i en tidlig fase i prosjekteringen så har man ikke så mange opplysninger om effektbehovet. Eksisterende simuleringsverktøy er trolig heller ikke særlig godt egnet til å simulere el-effektbehov, hvor f.eks oppstart av vifter vil kunne gi høyt effektbehov i svært korte tidsperioder. Man benytter derfor i stor grad erfaringstall eller grove estimater, hvor man gjerne legger på sikkerhetsfaktorer for å være på den sikre siden. Man ser også bort fra samtidigheter, selv om f.eks behovsstyring av ventilasjonsanlegg og belysning nå er veldig utbredt. Økodesigndirektivet og energieffektive motorer gjør også at man får mindre effekttopper enn før. Evt bruk av solceller til produksjon av strøm vil også påvirke effektbehovet. Dette fører til at transformatorene blir overdimensjonerte og dermed mye dyrere enn de trenger å være.

Problemstillingen i oppgaven er dermed å komme frem til en metode for å beregne mer realistiske effektbehov i bygninger i tidlig fase.

Følgende deloppgaver er aktuelle:

- 1) Litteratursøk og litteraturstudium for å undersøke hva som allerede finnes av kunnskap og erfaring
- 2) Se på prosedyre for prosjektering av effektbehov i tidlig fase. Evt foreta intervjuer av RIV og RIE.
- 3) Analyse av eksisterende case-bygg:
 - o Gjennomgå eksisterende måledata på elektrisk effekt
 - o Gjennomføre målinger på elektrisk effektbehov.
- 4) Utvikle modell for å simulere effektbehov, f.eks i Matlab. Foreta simuleringer av ulike scenarier, hvor det tas hensyn til f.eks driftstider, samtidighet, virkningsgrader og bidrag fra solceller.
- 5) Vurdering av dimensjoneringsgrunnlag for hovedkabler eller andre el-installasjoner kan også være aktuelt.

Ut fra oppgaveteksten er det valgt å se på deloppgave 1), 2) og delvis 3).

Oppgaven har som hovedmål å undersøke hvordan rådgivere prosjekterer effektbehov i tidlig fase og om det finnes noen svakheter med metodikken som fører til at elektriske effekter som meldes til nettleverandør er overdimensjonerte. For å finne ut av dette er det

- Tatt utgangspunkt i to casebygninger og sett på beregningsunderlaget fra disse.
- Gjennomført samtaler med rådgivere som var involvert i prosjekteringen av byggene.
- Gjennomført samtaler med rådgivere fra flere selskaper for å finne ut hvordan de helt generelt dimensjonerer effekter i tidlig fase.

Det har også vært et ønske å komme med noen anbefalinger etter konklusjonen som kan forbedre metodikken til rådgiverne i en eller flere av postene i effektbudsjettet.

FORORD

Effekter er et tema som er veldig aktuelt for tiden og et område som ikke ser ut til å ha vært viet mye oppmerksomhet tidligere. I forskrifter og lover, og i andre prosjektoppgaver, er det mye fokus på energibruk og behov. Jeg føler at fokuset på effekter burde være langt større. Det koster mye for miljøet, for oss som samfunn og forbrukere.

Det har vært utrolig spennende å få se hvordan de ulike rådgiverne jobber og få en titt på innsiden av bransjen som man snart skal bli en del av. Det har også gjort at jeg kan ta med meg noen erfaringer fra masteroppgaven som forhåpentligvis gjør meg til en bedre rådgiver.

Jeg vil rette en stor takk til alle rådgiverne som har vært villig til å sette av tid til meg. Jeg er fullt klar over at disse personene har en ganske travel arbeidsdag. De er en stor grunn til at masteroppgaven kunne gjennomføres som planlagt.

Videre vil jeg takke veilederen ved OsloMet, Tor Arvid Vik, for god oppfølging underveis med ukentlige møter. Tor Arvid var til stor hjelp i prosessen med å få tak i casebygninger og til hjelp på motivasjonen da problemene sto i kø.

Oslo, mai 2018



Martin Stene

SAMMENDRAG

Fra samarbeidende bedrift er det fremmet en problematikk rundt dimensjoneringer av elektriske effekter og at leveringstransformatorer overdimensjoneres. En stor andel av elektriske effekter i bygninger går til VVS-teknisk utstyr. Når effekter skal meldes inn til nettleverandør er det ofte slik at man har begrenset med informasjon om bygget.

Masteroppgaven skal gjennom samtaler med rådgivere og analyse av to bygninger se på hvordan dette gjøres i praksis og om det er noen svakheter med metodikken. Ut fra konklusjonen er det også et ønske å komme med noen videre anbefalinger for beregning av én eller flere poster i effektbudsjettet.

Det viser seg at når rådgivere skal estimere effekter til nye bygninger brukes det ofte gamle normtall fra Enova. Disse normtallene er basert på bygninger fra TEK87 og TEK97. Det er derfor lite sannsynlig at de er like aktuelle i dag.

I samtaler med rådgivere har det kommet frem at det er lite kommunikasjon og tverrfaglig forståelse mellom fagområdene VVS og elektro. Dette kan føre til misforståelser rundt forskjellen mellom termiske og elektriske effekter og føre til at estimeringene i tidlig fase blir mindre reflekterte.

Det ser også ut til å være en stor mangel på kunnskapsoverføring fra tidligere prosjekter. Man går sjelden, eller aldri, tilbake og undersøker hva det reelle forbruket faktisk er. Ved å ta med seg lærdom og erfaringsdata fra tidligere prosjekter har man bedre mulighet til å finne gode erfaringstall for nye bygg. Estimering av effekt til belysning er et eksempel på utstyr som har fått en stor endring i nye bygg. Rådgiverne har her vært flinke til å ta hensyn til at mye av moderne belysning er LED og er styrt etter tilstedeværelse. Tilsvarende erfaringer burde også skaffes for annet teknisk utstyr.

1	INNLEDNING	9
1.1	BAKGRUNN OG AKTUALITET.....	9
1.2	PROBLEMSTILLING.....	11
1.3	OMFANG OG AVGRENSNINGER.....	11
1.4	FREMGANGSMÅTE.....	11
2	DIMENSJONERING AV TERMISK EFFEKTBEHOV	12
2.1	NS-EN 12831 – METODE FOR BREGNING AV DIMENSJONERENDE EFFEKTBEHOV.....	12
2.2	EFFEKT TIL KJØLING.....	12
2.3	SIMIEN.....	13
2.4	IDA ICE.....	15
2.5	KLIMADATA OG DIMENSJONERENDE TEMPERATUR	15
3	EL.-ANLEGG OG FORDELINGSNETT	19
3.1	STRØMNETTET.....	19
3.2	TOPOLOGI I FORDELINGSNETT	19
3.3	ELEKTRISKE EFFEKTER.....	20
3.4	PRISING AV ENERGI OG EFFEKT TIL BEDRIFTSKUNDE	21
4	NORMTALL FOR DIMENSJONERING AV ELEKTRISK EFFEKT	23
4.1	NS 3032:1984 – BYGNINGERS ENERGI- OG EFFEKTBUJSJETT	23
4.2	ENOVA – MANUAL FOR ENØK NORMTALL.....	24
5	METODE.....	26
5.1	BEFARING AV BYGG	26
5.1.1	<i>Bygg A</i>	26
5.1.2	<i>Bygg B</i>	26
5.2	SAMTALE MED RÅDGIVERE	26
5.2.1	<i>Bygg A</i>	27
5.2.2	<i>Bygg B</i>	28
6	BYGNINGER MED PROSJEKTERINGSUNDERLAG	29
6.1	BYGG A.....	29
6.2	BYGG B.....	34
7	RESULTAT OG DISKUSJON	39
7.1	BYGG A.....	39
7.2	DISKUSJON BYGG A.....	40
7.3	BYGG B.....	43
7.4	DISKUSJON BYGG B	43
7.5	GENERELL PROSJEKTERING TIDLIG FASE	44
7.6	GENERELL PROSJEKTERING DETALJFASE	45
7.7	DISKUSJON GENERELL PROSJEKTERING	45
8	KONKLUSJON	48
9	ANBEFALINGER	49

VIDERE ARBEID.....	50
REFERANSER	51
VEDLEGG	53
FIGUR 2-1 EKSEMPEL PÅ DEKNINGSGRAD AV VARMEEFFEKT I SIMIEN UTEN NATTSENKING.....	14
FIGUR 2-2 EKSEMPEL PÅ DEKNINGSGRAD AV VARMEEFFEKT I SIMIEN MED NATTSENKING.....	14
FIGUR 2-3 VARMEEFFEKT GJENNOM ET KALDT VINTERDØGN MED NATTSENKING I BYGG A	15
FIGUR 2-4 MÅNEDSMIDDELTEMPERATURER FOR OSLO. NORMALPERIODE OG SISTE 30 ÅR.....	16
FIGUR 3-1 HVORDAN STRØMNETTET I NORGE ER INNDELTT (NETTSTRUKTUR OG ORGANISERING, U.D.).....	19
FIGUR 3-2 ANSVARSFORDELING MELLOM NETTLEVERANDØR OG KUNDE	19
FIGUR 3-3 TOPOLOGIER. STRÅLENETT TIL VENSTRE OG RADIALNETT TIL HØYRE	20
FIGUR 4-1 BLANKETT FOR OPPSETT AV EFFEKTBUDSJETT. TILLEGG D I NS 3032	23
FIGUR 6-1 SYSTEMSKJEMA FOR GULVVARME, RADIATORER OG SNØSMELTEANLEGG I BYGG A	30
FIGUR 6-2 SYSTEMSKJEMA FOR VARMEBATTERIER OG AEROTEMPERE I BYGG A.....	31
FIGUR 6-3 SYSTEMSKJEMA FOR VARMT TAPPEVANN I BYGG A	32
FIGUR 6-4 SYSTEMSKJEMA FOR FJERNVARMEKURS I BYGG A OG KURS FOR VARMEUTVEKSLING MED NABOBYGG.....	32
FIGUR 6-5 SYSTEMSKJEMA AV KJØLING I BYGG A. VENTILASJON-, PROSESS- OG LOKAL KJØLING	33
FIGUR 6-6 SYSTEMSKJEMA FOR KOMBIBATTERI TIL VENTILASJON I BYGG B	35
FIGUR 6-7 SYSTEMSKJEMA FOR EL-KJEL I BYGG B.....	36
FIGUR 6-8 SYSTEMSKJEMA FOR SNØSMELTEANLEGG I BYGG B.....	36
FIGUR 6-9 SYSTEMSKJEMA FOR VARMT TAPPEVAN I BYGG B	37
FIGUR 7-1 SAMTIDIGHETSBEHANDLING FOR ET BYGG	47
TABELL 2-1 TEMPERATURER I 2017 FRA MÅLESTASJONEN PÅ BLINDERN I OSLO	17
TABELL 2-2 TEMPERATURER I 2017 FRA MÅLESTASJONEN PÅ BYGDØY I OSLO	17
TABELL 3-1 ENERGITARIFF FOR BEDRIFTER HOS HAFSLUND	22
TABELL 3-2 EFFEKTTARIFF PÅ MÅNEDSBASIS I TIDSMÅLTE ANLEGG HOS HAFSLUND	22
TABELL 3-3 EFFEKTTARIFF PÅ ÅRSBASIS HOS HAFSLUND.....	22
TABELL 4-1 ENØK NORMTALL FOR KONTORBYGG I MIDT-NORGE, KYST (ENOVA, 2004)	24
TABELL 4-2 ENØK NORMTALL FOR KONTORBYGG I SØR-NORGE, KYST (ENOVA, 2004).....	24
TABELL 6-1 BEREGNEDE OG INSTALLERTE EFFEKTER FOR VARME I BYGG A.....	29
TABELL 6-2 BEREGNEDE OG INSTALLERTE EFFEKTER FOR KJØLING I BYGG A	33
TABELL 6-3 VARMEPUMPE/KJØLEMASKIN SOM ER INSTALLERT I BYGG A	34
TABELL 6-4 BEREGNEDE OG INSTALLERTE EFFEKTER FOR VARME I BYGG B.....	35
TABELL 6-5 BEREGNEDE OG INSTALLERTE EFFEKTER FOR KJØLING I BYGG B	37
TABELL 6-6 VARMEPUMPER/KJØLEMASKINER SOM ER INSTALLERT I BYGG B	38
TABELL 6-7 KJØLEMASKIN TIL DATAROM I BYGG B	38
TABELL 9-1 EKSEMPEL PÅ ESTIMERING AV ELEKTRISK EFFEKT TIL VENTILASJON	49

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN OG AKTUALITET

Myndighetene i Norge har bestemt at det skal være forbud mot fossil oppvarming av bygninger fra og med 2020. Det er forventet at mange av disse bygningene går over til elektrisk oppvarming med el-kjel, varmepumpe eller liknende. Dette kan være med på å skape en stor ekstra belastning på el-nettet som eksisterer i dag. Det er et ønske fra nettleverandørene at man i tiden fremover skal redusere den totale toppbelastningen som kundene påfører nettet, slik at man reduserer behovet for store oppgraderinger og høye kostnader forbundet med nye investeringer. Det er ikke energiuttaket som er den kostbare faktoren for nettleverandørene, men effektuttaket. Disse kostnadene vil i stor grad bli flyttet over på kundene. I 2015 sendt Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) ut et dokument på høring der de skisserer hvordan nettselskapene kan utforme tariffer for uttak i distribusjonsnettet. NVE ser hovedsakelig på tre modeller for fordeling av nettkostnader: *Kundens målte effektuttak i fastsatte referansetimer, kundens sikringsstørrelse og kundens abonnerte effekt* (Andresen & Mook, 2015). AMS-målere, som blir å finne i alle norske hjem fra og med 2019 (Enova, u.d.), skal være blant tiltakene som forhåpentligvis reduserer de verste toppene og sprer forbruket fra norske hjem jevnere ut gjennom døgnet. Det er forventet at effekt kommer til å være den primære delen av energikostnaden og prisen man betaler regnes ut fra maks belastning og hvilke tidspunkter disse toppene inntraff. Typiske tidspunkter på døgnet der det normalt er høy belastning på distribusjonsnettet vil dermed også bli de dyreste. Hvordan man styrer oppvarmingen til bygningen kan dermed endre seg ganske mye fra dagens praksis. I forskningsprosjektet «Alternativer til nett», utarbeidet av Vista Analyse og Asplan Viak for Enova og Statnett, gis det en anbefaling å øke temperaturen med to grader om natten for å redusere den samtidige belastningen på nettet i dimensjonerende perioder (Vennemo, Grorud, Skjelvik, & Erlandsen, 2017).

Når det gjelder strømforsyningen til hvert enkelt bygg legges den opp i en ganske tidlig fase av byggeprosessen. Dimensjoneringen av leveringstransformator må dermed gjøres på et tidspunkt der man har relativt lite informasjon tilgjengelig om bygget. Det er kanskje ikke tatt noen endelig beslutning på hvordan det tekniske anlegget til slutt skal bli og hvilken nødvendig effekt man trenger til varme, kjøling, belysning og annet elektrisk utstyr. Det er ansett som et stort problem i byggebransjen at tekniske anlegg overdimensjoneres, og skaper forhøyede investeringskostnader, og i mange tilfeller dårlige driftspunkt for de tekniske anleggene. En rapport utarbeidet av blant annet Sykehusbygg viste at de kunne spare flere titalls millioner på hvert nye sykehusprosjekt ved å tenke annerledes på hvordan de tekniske utførelsene skal være (Sykehusbygg, 2017). Mindre installert effekt gir lavere driftskostnad og mindre vedlikehold. Problematikken er også blitt presentert av Erichsen & Horgen ved varmepumpekonferansen 2016 (TU.no, 2016). Der fremmes dette som et bransjeproblem og peker på unødvendig plassbruk, langt høyere kostnader enn nødvendig og anlegg som i stor del av tiden kjører med dårlig virkningsgrad. Igjen refereres det til ekstra kostnader i millionklassen. I interne rapporter som er presentert for undertegnede fra forprosjekteringen av det nye Livsvitenskapsbygget, har Erichsen & Horgen fått tilbakemeldinger i møter med Hafslund at kunder ofte melder inn dobbel så stor elektrisk effekt i forhold til forbruk. Andre rapporter peker på 50 % større energiforbruk enn de

beregnet i prosjekteringsfasen. Disse kan også ha en direkte sammenheng på grunn av dårlige driftsforhold. En rapport som COWI har utarbeidet for Enova peker også på en stor forskjell i netto og brutto effektbehov til oppvarming. I rapporten oppgis det en forskjell på omkring 60 % for yrkesbygg (Stene & Smedegård, 2013). Dette kan tyde på at man i alt for dårlig grad tar hensyn til interne varmekilder ved dimensjonering og at det er selve metoden som er kilden til problemet. En analyse utført av Sintef rundt energi og effektforbruk av kjøling i kontor og forretningsbygg viste at det i mange tilfeller er installert alt for stor kjøleeffekt slik at anlegget går på dellast i store deler av året (Tyholt, Lien, & Dokka, 2001). Dette begynner å bli en aldrende rapport, men i moderne bygg der varmetapet ofte er veldig lavt, er det nå som regel kjølingen som er den dimensjonerende faktoren. De interne varmelastene tar seg av en stor andel av varmebehovet. Rapporten viste at den installerte effekten ofte er 50-100% større enn målt forbruk i de byggene som er undersøkt.

Overdimensjonering av VVS-komponenter vil også ha en direkte innvirkning på dimensjonene til elektriske installasjoner «nedstrøms», slik som kabler, tavler, effektbrytere og annet strømførende utstyr. Dette kan være unødvendige ekstra kostnader på toppen av den samfunnsøkonomiske kostnaden det innebærer å installere langt større dimensjoner enn det man trenger.

1.2 PROBLEMSTILLING

Som utgangspunkt for denne prosjektoppgaven skal det ses nærmere på hypotesen som er fremmet av samarbeidende bedrift: «leveringstransformatorer overdimensjoneres». Den skal belyse hvilke metoder som benyttes av rådgivende ingeniører innen VVS og elektro. Det er ofte utstyret til varme, ventilasjon og kjøling som står for de største effektene i et bygg. Det vil være størst fokus på å få frem hvordan rådgiverne beregner effekter i den delen av prosjektet der effekter skal meldes inn til nettleverandør. Denne fasen vil i oppgaven omtales mye som tidlig fase, siden tidspunktet for innmelding av effekter varierer noe mellom ulike byggeprosjekter.

Rapporten ønsker å se på følgende spørsmål:

- Hvilke kilder og metoder bruker rådgivere i tidlig fase når effektbehovet skal meldes inn og det er lite tilgjengelig informasjon om bygget?
- Hvordan er informasjonsflyten mellom rådgiverne innen fagområdene VVS og elektro?
- Er det noen metoder eller rutiner som bør endres ved dimensjonering av effekttopper?
- Har det noen reelle konsekvenser å overdimensjonere leveringstransformatorer?

1.3 OMFANG OG AVGRENSNINGER

- Det var i utgangspunktet tenkt at oppgaven skulle ta med måledata og driftsfasen til bygget. Dette ble vurdert droppet siden det krysset over i problemstillingen til en annen masteroppgave som omhandler samme tema. Det ble også vurdert det slik at det er spesielt den tidlige fasen som var av interesse å se på.
- Oppgaven baserer seg mye på samtaler med rådgivere og er derfor avhengig av at nok personer kunne sette av tid. Det var satt som mål å få snakket med fem eller flere fra hvert fagområde, men det var problemer med å få tak i personer som hadde mulighet.
- Det skulle vært gjennomført analyse av tre bygninger, men tilgang på nok beregningsunderlag og stans i kommunikasjonen, gjorde at analyse av tre bygninger ikke var mulig å gjennomføre. Ett bygg ble dermed fjernet fra oppgaven og ett bygg har ganske begrenset med informasjon.
- Det var et ønske om å se på hvordan leveringstransformatorer til casebygningene ble dimensjonert. Det viste etter hvert at begge casebygningene allerede hadde en eksisterende transformator på tomten der de skulle oppføres.

1.4 FREMGANGSMÅTE

- Litteratursøk for å undersøke om det er gjort noe tidligere arbeid rundt samme tema.
- Innhentet mulige bygninger som kan brukes som case for analyser.
- Innhentet beregnings- og prosjekteringsunderlag for casebygninger.
- Analysert talldata, systemskjemaer og annet beregningsunderlag for to casebygninger.
- Kontaktet personer som har vært med under prosjekteringen av bygningene og gjennomført samtaler med disse.
- Kontaktet rådgivere for samtale om hvordan de generelt prosjekterer effekter.

2 DIMENSJONERING AV TERMISK EFFEKTBEHOV

2.1 NS-EN 12831 – METODE FOR BEREKNING AV DIMENSJONERENDE EFFEKTBEHOV

En ganske vanlig metode for å beregne nødvendig effekt til oppvarming er å benytte *NS-EN 12831:2003 – Varmesystemer i bygninger - Metode for beregning av dimensjonerende effektbehov*. Denne standarden tar utgangspunkt i beregning av alle varmetapsposter for et bygg, uten å ta hensyn til interne varmekilder eller solinnstråling. Det totale varmetapet er summen av alle tap fra transmisjon, ventilasjon og infiltrasjon. Beregningen er statisk og beregnes ved en dimensjonerende temperatur for det området bygget skal stå. Den dimensjonerende temperaturen er da som regel den laveste 3-døgns middeltemperatur for området over en 30-årsperiode, DUT (Dimensjonerende UteTemperatur).

Effektene beregnes videre ut fra ønsket innetemperatur for bygningen i forhold til utetemperaturen som er valgt å dimensjonere etter. Mer om klima og utetemperatur i kapittel 2.5. Etter at det totale varmebehovet er funnet legger man også gjerne til en sikkerhetsfaktor. Sikkerhetsfaktoren skal normalt ta høyde for avvik i bygningsfysikken og avvik i virkelige temperaturforhold i forhold til beregnet. Sikkerhetsfaktor brukes for å forsikre seg mot underdimensjonering.

For detaljerte beregninger av varmebehovet til et bygg går man gjerne ned på romnivå for dimensjonere varmetapet. Deretter summerer man opp effektene for alle rom i bygningen. Dette skal sørge for at varmebehovet er tilfredsstillende for hvert eneste rom i bygningen, samme hvilken funksjon det har. Man legger sammen tapene for transmisjon, ventilasjon, infiltrasjon og varmeovergang fra naborom med annen temperatur, og trekker til slutt fra eventuelle interne varmekilder. På romnivå legges det også ofte til en sikkerhetsfaktor. Denne ligger gjerne på 10-20 %.

I den siste versjonen av standarden, NS 12831-1:2017, er det lagt inn et tillegg for beregning av termisk masse sin påvirkning på effektbehovet. Hvis det er lang tid siden driftstid vil anlegget kreve en ekstra effekt og energi for å varme opp luften og materialene i bygget. Den ekstra effekten som er nødvendig er da avhengig av bygningens tidskonstant basert på den totale termiske massen i bygget eller rommet. Den nødvendige effekten vil dermed øke etter hvor lang tid bygget har vært utenfor driftstid.

Termisk masse kan hjelpe til mye på effektbehovet ved å jevne ut raske temperatursvingninger. Lave utetemperaturer i kortere perioder vil ikke nødvendigvis kreve noe særlig ekstra effekt, siden den termiske massen vil avgi varme til rommet når lufttemperaturen i rommet synker.

2.2 EFFEKT TIL KJØLING

Det finnes ingen standarder for beregning av kjøling av bygninger. Disse beregningene kan gjøres med ganske lik metode som ved NS 12831, men at man her også tar høyde for sol og interne laster i større grad. I moderne bygninger kan det være ganske stort behov for kjøling gjennom hele året til for eksempel serverrom og annet teknisk utstyr som genererer mye varme. De lave varmetapstallene til moderne bygninger og krav til komfort, gjør også at det ofte er kjølingen som blir den dimensjonerende effekten. Avhengig av størrelsen på interne laster kan kjølebehovet til nye bygninger oppstå ved ganske lave utetemperaturer. For et av casebygningene kan man dekke varmebehovet kun med internlast

ved utetemperatur på rundt 2°C (Parfenau, 2018). Det er viktig å identifisere rom med ekstra høy varmebelastning, slik som små arealer med høy persontetthet og rom med høy solbelastning mot sør og vest. Siden disse beregningene som regel er ganske komplekse benyttes det som regel simuleringsprogrammer for å beregne den totale effekten. Driftstiden for kjøling er som regel ganske kort for moderne bygninger og energi- og effektbehov varierer stort etter klima (Stene & Smedegård, 2013). Det er foreløpig ingen konkrete krav for kjøling i byggt teknisk forskrift. Passivhusstandarden setter krav til maks energibehov til kjøling.

For dimensjonering av kjøling er det også viktig at man prøver å unngå at kjølingen jobber imot varmeanlegget. Dette kan for eksempel hende i perioder der den interne varmebelastningen endrer seg raskt. Ulik solbelastning rundt bygget kan også ha stor innvirkning på dette. Hvis varme- og kjøleanlegget jobber mot hverandre vil det også være slik at den termiske massen i bygget ikke får gjort den jobben den skal gjøre (Tyholt, Lien, & Dokka, 2001). Den termiske massen kan brukes for å holde en jevn temperatur i bygget under varme- eller kjølebehov.

Det totale kjølebehovet vil bli en sum av prosesskjøling, sentral ventilasjonskjøling og lokal kjøling til rom med høy varmebelastning.

2.3 SIMIEN

Simuleringsprogramvaren Simien er blitt nærmest en bransjestandard for å simulere energiforbruket til bygninger. Programmet er enkelt å bruke og fungerer godt ved evaluering mot Byggt teknisk Forskrift som tar utgangspunkt i beregningsmetoder fra Norsk Standard *NS 3031 - Beregning av energibehov og energiforsyning*. Programmet inneholder også egne moduler for beregning mot Passivhusstandarden NS 3700/3701 og energimerkeordningen.

Siden Simien brukes så ofte til å lage modeller av bygninger til energisimulering er mulighetene for å kunne dimensjonere effekten til varme og kjøling dermed ganske lett tilgjengelig. Egne sommer- og vintersimulering kan kjøres direkte ut fra samme modell som evalueres mot Byggt teknisk Forskrift. Det er spesielt utbredt å beregne kjøleeffekt i dette programmet. Ved beregning av varmebehov er det som regel bare grove estimater som regnes ut i Simien. Det er generelt ikke anbefalt å bruke Simien til å regne varmebehov. Lokalt klima eller egen utetemperatur kan legges inn manuelt for å beregne effekten.

Beregner man med årssimulering i Simien kan man også hente ut dekningsgrader for effekt og energi, i tillegg til varighetskurve for effekt. Figur 2-1 er hentet fra årssimulering for et av casebygningene, senere kalt bygg A. I denne simuleringen er det ikke lagt inn nattsinking. Innetemperaturen er satt til det samme setpunkt hele døgnet.

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
139 kW (90 %)	100 %
124 kW (80 %)	100 %
108 kW (70 %)	99 %
93 kW (60 %)	97 %
77 kW (50 %)	94 %
62 kW (40 %)	87 %
46 kW (30 %)	76 %
31 kW (20 %)	59 %
15 kW (10 %)	34 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

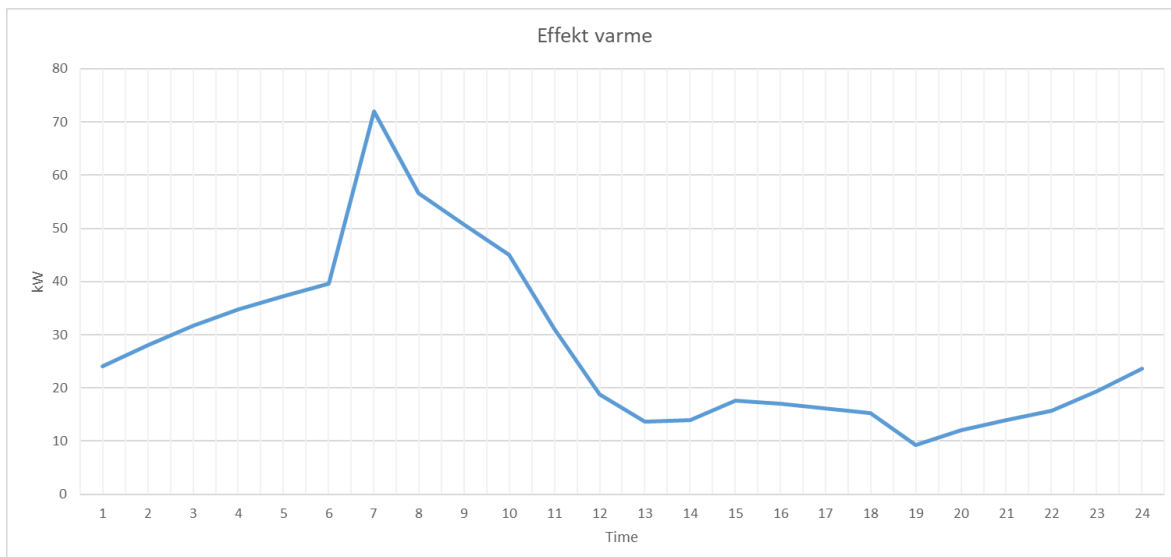
Figur 2-1 Eksempel på dekningsgrad av varmeeffekt i Simien uten nattsenking

Figur 2-2 viser effekter i Simien med nattsenking. Forskjellen i maks effektbehov kan bli ganske stor for samme bygg. Skal man bruke Simien til beregning av energi- og effektbehov bør man ikke bruke nattsenking.

Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
204 kW (90 %)	100 %
182 kW (80 %)	100 %
159 kW (70 %)	100 %
136 kW (60 %)	99 %
113 kW (50 %)	98 %
91 kW (40 %)	95 %
68 kW (30 %)	90 %
45 kW (20 %)	76 %
23 kW (10 %)	50 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-

Figur 2-2 Eksempel på dekningsgrad av varmeeffekt i Simien med nattsenking

Programmet beregner effekten ut fra en respons på 15 minutter (Rinholm, 2015). Det vil si at riktig temperaturnivå skal nås i løpet av 15 minutter. En slik kurve ligger ikke inne i vintersimuleringen til den Simien-versjonen som er brukt her. Det fins ingen innstillinger som kan justere denne responstiden. Henter man ut timesverdier får man ikke ut denne kurven. Figur 2-3 under viser sprangrespons på start av driftstid med nattsenking. Tall hentet fra det døgnet med de høyeste effekttoppene i siste Simien-fil for bygg A.



Figur 2-3 Varmeeffekt gjennom et kaldt vinterdøgn med nattsenking i bygg A

2.4 IDA ICE

IDA-ICE er et dynamisk simuleringsprogram som utviklet av EQUA Simulation. Programmet inneholder mange avanserte funksjoner for inndata og justering helt ned på komponentnivå. Man kan justere på tilnærmet alle verdier for sin bygningsmodell. Det er spesielt mye brukt for å simulere mindre soner i forhold effekt, energi, soltilskudd og ulike reguleringsstrategier. Det inneholder også gode funksjoner for logging av resultater. IDA-ICE støtter også import av BIM-filer slik at man kan få et visuelt uttrykk av bygget og jobbe ut fra samme modell som de andre fagområdene. En 3D-modell gir bedre oversikt over lysforhold og posisjon til sone og bygning.

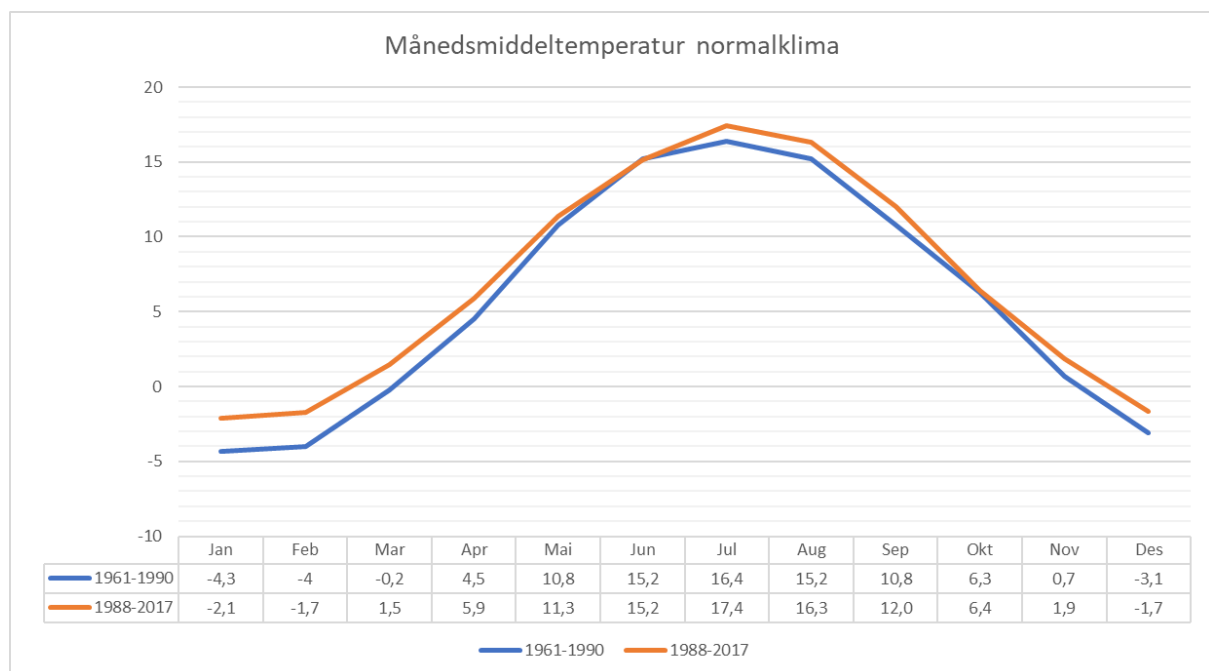
Det er spesielt i detaljeringsfasen at programmet er svært nyttig. I sammenhenger der man eksempelvis ønsker å simulere kritiske soner får man en god fremstilling av resultatene med ulike reguleringsstrategier. Læringskurven er ganske høy og programmet inneholder ingen funksjoner for simulering opp mot byggt teknisk forskrift eller passivhusstandarder.

2.5 KLIMADATA OG DIMENSJONERENDE TEMPERATUR

En svært viktig faktor ved beregning av effektbehovet er det lokale klimaet hvor bygningen er plassert. Beregninger av energirammekravet i TEK17 gjøres etter NS 3031 der et normal klima benyttes. Dette er Oslo-klima for perioden 1961-1990. Dette kan være en fornuftig klimamodell å bruke for å sammenlikne ulike bygninger, men for reelle beregninger vil dette klimaet antagelig ikke gjenspeile virkeligheten. Man kan ikke forutse hvordan været kommer til å bli, men man bør bruke en modell som er så likt det lokale klimaet som overhode mulig.

I de siste årene har det vært stort fokus på global oppvarming og klimaendringer. Det vil si at det som er modellert som normalt klima for et område kan har forandret seg mye de seneste årene. Dette kan være mer vind, nedbør og andre temperaturforhold. I figur 2-4 kan man se månedsmiddeltemperatur for normalperioden (1961-1990) og månedsmiddeltemperatur for de siste 30 årene. Statistikken er hentet eklima.no og behandlet videre i Excel. Eklima.no er en nettside der man kan hente værdata fra

Meteorologisk institutts klimadatabase. Hvis man bruker langsiktig statistikk kan man tydelig se at vintrene har blitt mye mildere. Disse verdiene er døgnmiddeltemperatur midlet igjen for måned og deretter midlet for alle 30 år.



Figur 2-4 Månedsmiddeltemperaturer for Oslo. Normalperiode og siste 30 år.

Også Meteorologisk institutt melder i sine analyser om langt mildere vintre nå enn tidligere (Rommetveit, 2010). Andelen dager med kuldegrader har sunket ut på 1990- og 2000-tallet. Denne statistikken tar for seg alle vintrene siden 1957.

For å beregne effekt til varme eller kjøling bør man benytte en utendørs referansetemperatur som er representativ for det lokale området bygningen skal oppføres. Her finnes det ulike temperaturer som brukes. Den vanligste er DUT, slik som nevnt i kapittel 2.1. Her er det likevel flere ulike praksiser på temperatur som brukes. Blant annet Sintef Byggforsk anvisning 451.021 angir klimadata for 1-, 2-, 3- og 4-døgns middel (Byggforsk, 2012). Det vanlige DUT som brukes baserer seg på den laveste 3-døgns middel over en 30-års periode. Statistikken i den anvisningen bruker midlede klimadata fra perioden 1971-2000. Alle værstasjoner tas da med, bort sett fra stasjoner som ligger i fjellområder over en viss høyde. Da unngår man at målinger gjort i fjellområdene påvirker resultatene mer enn i de tettbygde strøkene. Med disse temperaturene kan det likevel være stor forskjell på lokalklima til bygningen sammenliknet med den midlede referanseverdien. Hvis man går opp i høyden vil lufttemperaturen synke og vindhastigheten øke. For hver 100 meter vil temperaturen synke med rundt 0,5-1,0 °C (Sivle, 2018). I tillegg kommer andre lokale forhold som terreng og solforhold. Temperaturen som brukes i effektberegningen bør derfor være fra den stasjonen som best representerer klimaet for bygningen. Når effekter skal beregnes i eksempelvis Simien er det standardisert at klimaet som hentes inn er normalperioden.

Den laveste tre døgns middel har forandret seg ganske mye de siste 30 årene sammenliknet med normalklimaet i perioden 1961-1990. For Oslo er det vanlig å beregne etter en DUT på -20 °C. Skal man

ta utgangspunkt i laveste tre døgns middel for Blindern i Oslo for å beregne effekt kan man ut fra klimadata hentet fra eklima.no se at DUT på -20 °C kun forekommer én gang i normalperioden. Dette er januar 1987. Tar man de siste 30 årene, perioden 1988-2017, så er den laveste tre døgns middel -16,6 °C. Dette var i januar 2010. Grafer fra beregningene ligger i vedlegg I. Den dimensjonerende utetemperatur som brukes i Oslo har altså forekommet kun én gang de siste 60 årene, da med utgangspunkt i målestasjonen på Blindern. En lavere temperaturforskjell på 3,4 °C mellom inne og ute kan resultere i en ganske stor reduksjon i effektbehov.

Som et eksempel på lokale forskjeller er det hentet ut to stasjoner i Oslo med verdier fra 2017. Stasjonene som er hentet ut er målestasjonen på Blindern og på Bygdøy. Blindern ligger på 94 meter over havet og Bygdøy på 15 meter over havet. Tabellene under viser eksporterte verdier fra eklima.no.

Tabell 2-1 Temperaturer i 2017 fra målestasjonen på Blindern i Oslo

Stasjon	Måned	Middel		Midlere		Midlere	
		TAM	TAN	Minimum	Maksimum	TANM	TAXM
OSLO - BLINDERN	jan.17	-1,4	-12,6	-3,7	5,5	1,4	
OSLO - BLINDERN	feb.17	-1,5	-9,5	-3,6	5,4	1	
OSLO - BLINDERN	mar.17	2,6	-5,7	-0,7	20	6,6	
OSLO - BLINDERN	apr.17	5,2	-4,4	1	17,6	10,1	
OSLO - BLINDERN	mai.17	11,6	0,2	7,2	23,9	16,8	
OSLO - BLINDERN	jun.17	15,1	3,5	10,9	25,6	19,5	
OSLO - BLINDERN	jul.17	16,9	7	12,8	27,3	22	
OSLO - BLINDERN	aug.17	15,3	6,9	11,5	23,6	19,9	
OSLO - BLINDERN	sep.17	12,2	6,6	10,1	18,9	15,3	
OSLO - BLINDERN	okt.17	7,2	-1,3	4	16,9	10,9	
OSLO - BLINDERN	nov.17	1,6	-7,4	-0,9	10,9	4,6	
OSLO - BLINDERN	des.17	-1,5	-10,4	-3,8	8,4	0,9	
Gjennomsnitt av temperaturer			-2,3	3,7	17,0	10,8	

Tabell 2-2 Temperaturer i 2017 fra målestasjonen på Bygdøy i Oslo

Stasjon	Måned	Middel		Midlere		Midlere	
		TAM	TAN	Minimum	Maksimum	TANM	TAXM
OSLO - BYGDØY	jan.17	-2,1	-13,4	-4,8	6,2	0,9	
OSLO - BYGDØY	feb.17	-1,6	-11,2	-4,1	5,5	1,3	
OSLO - BYGDØY	mar.17	2,7	-6,5	-1,1	20,9	7,2	
OSLO - BYGDØY	apr.17	5,5	-4,8	0,4	18,2	11,1	
OSLO - BYGDØY	mai.17	11,9	-1	6,8	24,9	17,3	
OSLO - BYGDØY	jun.17	15,7	2,6	10,8	26	20,5	
OSLO - BYGDØY	jul.17	17,3	6,1	12,4	26,7	22,7	
OSLO - BYGDØY	aug.17	15,7	5,5	11,4	25,5	21,1	
OSLO - BYGDØY	sep.17	12,5	5	9,9	19,7	16	
OSLO - BYGDØY	okt.17	7	-3,1	3,2	17,8	11,4	
OSLO - BYGDØY	nov.17	1,2	-7,2	-2	11,4	4,7	
OSLO - BYGDØY	des.17	-2	-12,2	-4,8	8,8	0,6	
Gjennomsnitt av temperaturer			-3,4	3,2	17,6	11,2	

Ut fra målingene i tabellene kan man se at stasjonen på Bygdøy både har de laveste og høyeste temperaturene av disse to stasjonene. Temperaturen synker altså ikke nødvendigvis når man går opp

i høyden. På grunn av topografien vil antagelig inversjon gjøre at den kalde luften legger seg i lavlandet og man får en temperatur som ligger under målingene fra Blindern.

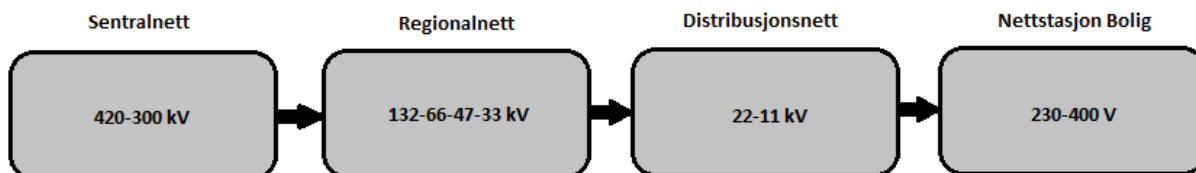
Temperaturforholdene som er brukt som eksempler over er ikke voldsomt store, men gjennom et år eller i byggets levetid, kan slike forskjeller utgjøre en vesentlig energimengde. Effektbehovet vil i 2017 antagelig være høyere på Bygdøy enn Blindern.

I Norge er det ganske store variasjoner i type klima. Raske værømslag og fluktuasjoner i temperatur er noe nordmenn flest er godt kjent med. Fra det vindutsatte og fuktige vestlandet, til det snødekkede og kalde innlandet, og til slutt det frosne polare klimaet i nord. Utfordringene med å få et teknisk klimaanlegg til kjøre godt under alle årstider i de ulike områdene kan være komplisert. I enkelte målte områder er temperaturvariasjonene mellom høyeste og laveste temperatur over 80 °C (Mamen, 2013). For Oslo er eksempelvis en typisk temperaturvariasjon på omtrent 40 °C. Det kan være vanskelig å få en varmepumpe til å kjøre optimalt under alle disse forholdene. Systemet skal da kjøre like godt ved -20 °C på vinteren som ved 25 °C om sommeren.

3 EL.-ANLEGG OG FORDELINGSNETT

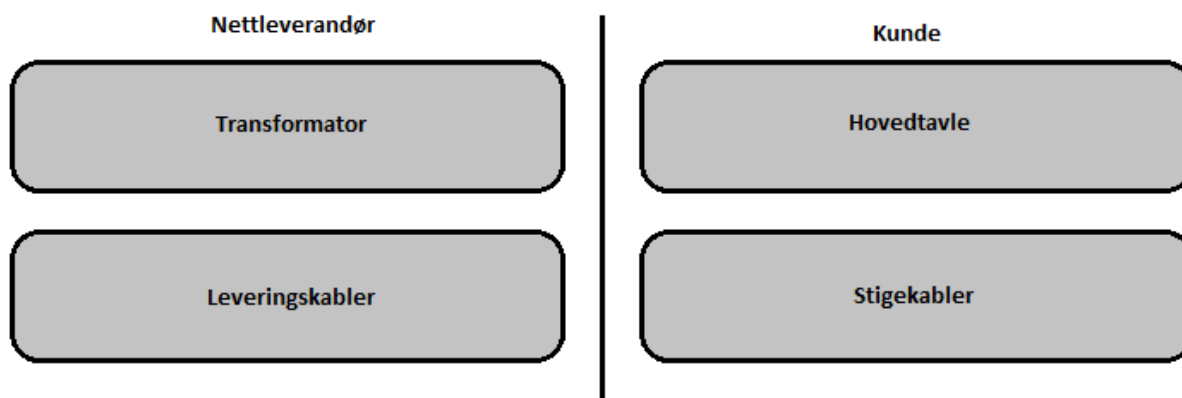
3.1 STRØMNETTET

Nettforsyningen i Norge består av et trefasesystem, som vil si at man distribuerer strømmen i et nett med tre ledere. Elektrisiteten distribueres over lange avstander med høy spenning. Den høye spenningen gjør at man får mindre strøm i ledningene, og dermed mindre tap og tverrsnitt på kabler. Inndelingen av nettet er som vist i figur 3-1.



Figur 3-1 Hvordan strømnettet i Norge er inndelt (Nettstruktur og organisering, u.d.)

Kunder kobler seg på nærmeste nettstasjon der spenningen transformeres ned til lavspenning på 230 V enfase eller 400 V trefase. Figur 3-2 viser ansvarsfordelingen mellom nettleverandør og kunde ved tilknytningspunkt til bygningen.

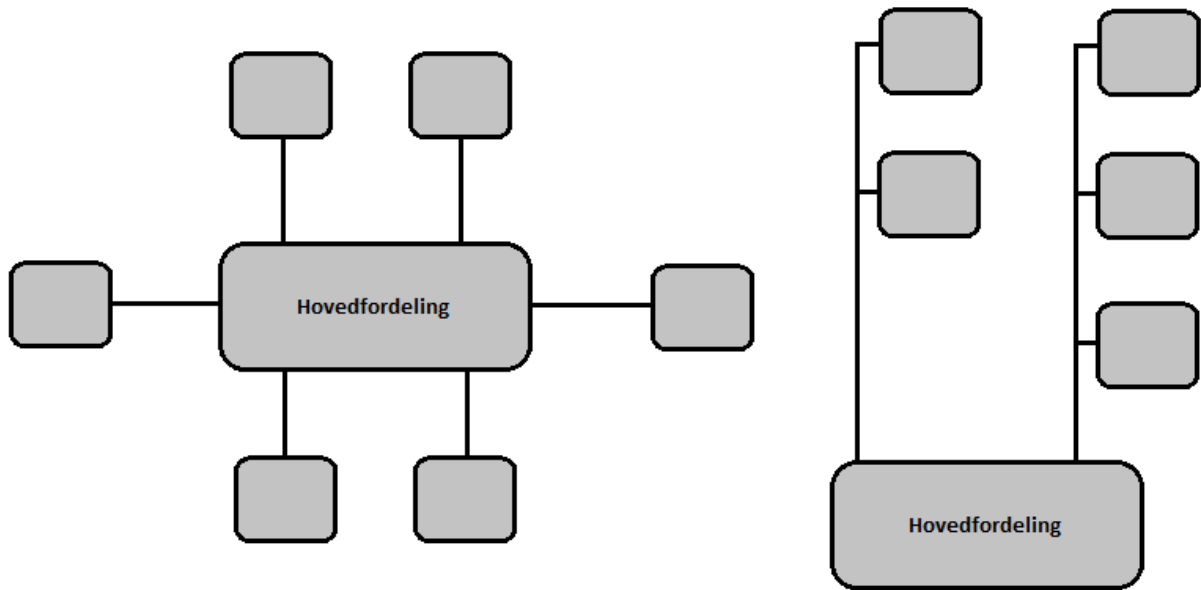


Figur 3-2 Ansvarsfordeling mellom nettleverandør og kunde

Hovedtavlen i bygget er der forsyningskablene til bygget kobles på. Derfra fordeles strømmen i bygget etter valgt topologi med stigekabler opp gjennom bygget.

3.2 TOPOLOGI I FORDELINGSNETT

De ulike topologiene inndeles vanligvis etter fire grunntopologier; ringnett, strålenett, radialnett og skinnefordeling. De to vanligste er utgaver av strålenett og radialnett (Johansen, 2013). Figur 3-3 viser skisse av hvordan disse to topologiene ser ut. Det er også ganske vanlig med kombinasjoner av de fire ulike topologiene. I vedlegg V kan man se eksempel på hvordan et fordelingsanlegg er. Dette er fordelingsanlegget til casebygning A.



Figur 3-3 Topologier. Strålenett til venstre og radialnett til høyre

3.3 ELEKTRISKE EFFEKTER

For å beregne effekten til et trefaseanlegg brukes formelen:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \text{ [W]}$$

Der

U er spenningen til anlegget [V]

I er strømmen til anlegget [A]

$\cos \varphi$ er faseforskyvningen mellom strøm og spenning. Effektfaktor [-]

Det vil si at for et anlegg med trefasespenning på 400 V og en effektbryter på 200 A, uten faseforskyvning, vil det tilsvare en elektrisk effekt på 139 kW.

For et ènfaseanlegg brukes Ohms lov direkte:

$$P = U * I$$

Effekter for elektriske anlegg fordeles etter følgende:

- S [VA] – Tilsynelatende effekt. Dette er den effekten som er dimensjonerende for det elektriske anlegget. Strømmen og spenningen på tilførselskabelen måles og deretter regnes effekten ut fra dette. Ved ohmske laster vil det ikke være avvik mellom den aktive og tilsynelatende effekten. Transformatorer dimensjoneres etter denne effekten.
- Q [VAR] – Reaktiv effekt. Den reaktive effekten er effekten som oppstår ved faseforskyvning mellom spenning og strøm. Denne er forårsaket av kondensatorer eller spoler som forsinker enten spenningen eller strømmen. Den reaktive effekten kan ikke nyttiggjøres til arbeid eller

omdannes til varme og er ikke en del av den effekten man betaler for hos nettleverandøren. Forsyningen kan regnes ut som en effektfaktor.

- P [W] – Aktiv effekt. Den aktive effekten er den effekten som kan nyttiggjøres til arbeid og varme. Det er den effekten man betaler for hos nettleverandøren. Denne regnes ut ved at man tar produktet av spenningen og strømmen og multipliserer med effektfaktoren.

3.4 PRISING AV ENERGI OG EFFEKT TIL BEDRIFTSKUNDE

Når bygninger søker om tilknytning til strømmettet kan det av nettselskapene kreves et såkalt anleggsbidrag. Dette skal være etter bestemmelser i § 17-5 i forskrift av 11. mars 1999 om Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomhet. Den sier blant annet følgende (Lovdata, 2017):

«Nettselskapene kan fastsette et anleggsbidrag for å dekke anleggskostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder».

«Anleggsbidrag ved forsterkning av en tilknytning kan beregnes når kunden krever økt kapasitet eller kvalitet som utløser behov for forsterkning. Anleggsbidraget skal beregnes ut fra kostnadene som følger av kundens tilknytning til nettet».

«Når en tilknytning som beskrevet i første og annet ledd utløser forsterkninger i radielle fellesanlegg kan en forholdsmessig andel av disse kostnadene inngå i anleggsbidraget».

«Anleggsbidrag skal fastsettes uavhengig av kundens forventede energiuttak og kan maksimalt settes til anleggskostnad for anlegget minus tilknytningsgebyr».

«Anleggskostnad settes lik nødvendige kostnader ved tilknytningen eller forsterkningen, inklusive timeverk for personell, maskiner og utstyr».

«Nettselskapet kan fordele anleggsbidraget mellom kunder som blir tilknyttet på tidspunktet for ferdigstillelse av anlegget og kunder som blir tilknyttet på et senere tidspunkt, men senest innen ti år etter ferdigstillelse av anlegget. Fordelingen kan skje i form av en etterberegning av anleggsbidraget, når nye kunder bli tilknyttet eller ved at nettselskapet forskutterer investeringskostnadene og fastsetter anleggsbidraget andelsvis overfor de kunder som etter hvert blir tilknyttet nettet».

«Nettselskapet skal på forhånd informere kunden om innkreving av, og beregningsgrunnlaget for, anleggsbidraget».

Nettselskapene er ikke pålagt å kreve anleggsbidrag etter loven. Anleggsbidraget har i utgangspunktet to formål; «å synliggjøre kostnadene ved tilknytning eller forsterkning» for å «kunne vurdere nettilknytning opp mot alternative tiltak». Eller som et annet formål, å «fordele kostnadene mellom kunden som utløser investeringen og nettselskapets øvrige kunder» (NVE, 2017).

Etter kunden er tilknyttet skal også forbruk betales. For beregning av energi i lavspenning for bedrifter som er kunde hos Hafslund, prises dette som vist i tabell 3-1 (Hafslundnett.no, 2018). Prisene gjelder fra 1. januar 2018.

Tabell 3-1 Energitariff for bedrifter hos Hafslund

Bedrift - energitariff		
	Fastledd	Energiledd
Lavspenning 230 V og 400V	1 592 kr/år	20,58 øre/kWh

Hos Hafslund prises effekter for bedrifter slik som i tabell 3-2 og 3-3. Effekttariffen som vises i tabell 3-3 er en utfasende prismodell og vil ikke brukes fremover. Man kan se at prisen varierer mellom de ulike sesongene og hvilken spenningen man er tilknyttet. Den dyreste energien og effektene er i de kaldeste månedene på vinterstid når belastningen i strømmettet er som høyest.

Tabell 3-2 Effekttariff på månedsbasis i timesmålte anlegg hos Hafslund

Bedrift - effekttariff måned (timesmålte anlegg)		
	Lavspenning	Høyspenning
Fastledd	340 kr/mnd	900 kr/mnd
Effektledd* - vinter 1 (jan, feb og des)	150 kr/kW/mnd	122 kr/kW/mnd
Effektledd* - vinter 2 (mar og nov)	77 kr/kW/mnd	50 kr/kW/mnd
Effektledd* - sommer (apr - okt)	19 kr/kW/mnd	14 kr/kW/mnd
Energiledd* - vinter (jan - mar og nov - des)	5,20 øre/kWh	2,50 øre/kWh
Energiledd* - sommer (apr - okt)	3,00 øre/kWh	1,50 øre/kWh

*) Effektleddet avregnes etter anleggets høyeste effektuttak per kalendermåned.

Tabell 3-3 Effekttariff på årsbasis hos Hafslund

Bedrift - effekttariff år			
	Fastledd	Effektledd	Energiledd
Lavspenning 230 V og 400 V	4080 (kr/år)	635 (kr/kW/år)	4,2 (øre/kWh)

I tillegg kommer påslag for reaktiv effekt. Den reaktive effekten legger beslag på kapasitet som fører til økte tap i strømmettet. «Når uttaket av aktiv effekt er over 50 kW og den reaktive effekt overstiger 50 % av aktiv effekt (effektfaktor under 0,9), kan Hafslund Nett kreve at kunden bedrer anleggets effektfaktor. Alternativt kan kunden velge å betale gjeldende tariff for det overskytende uttak av reaktiv effekt som utstyret deres krever» (Hafslundnett.no, 2018). Uttak av reaktiv effekt koster i perioden november til mars 45 kr/kVAr/mnd.

4 NORMTALL FOR DIMENSJONERING AV ELEKTRISK EFFEKT

Det finnes hovedsakelig to offentlige tilgjengelige kilder av normtall for effekter. Dette er den utgatte standarden NS 3032 og Enova sine Enøk normtall for bygninger som er oppført etter TEK87 og TEK97. Enova gir ut en årlig rapport med analyser og statistikk for bygninger som er oppført med støtte fra Enova eller der byggherre har vært inne og gjennomført en analyse i Byggnett. Statistikken kan brukes som et verktøy i forbindelse med drift, planlegging og utvikling av bygninger. Noe tilsvarende finnes ikke for effekt etter TEK97. Kun energi ble videreført med TEK07, TEK10 og i tillegg passivhus og lavenergi.

4.1 NS 3032:1984 – BYGNINGERS ENERGI- OG EFFEKTBUDSJETT

NS 3032 – *Bygningers energi- og effektbudsjett* er standarden som tidligere ble brukt til å fastlegge hvilke poster som skulle inngå i et energi- og effektbudsjett. Parallelt eksisterte også NS 3031 - *Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data* som i dag brukes til å beregne energiforbruk etter rammekravene i Byggeforskriftene, Energimerkeordningen, BREEAM og passivhusstandardene NS 3700 og NS 3701. NS 3031 erstattet NS 3032 i 2007. I den tilbaketrukkede standarden hadde man også oppsett for et eget effektbudsjett inndelt i poster etter type utstyr. Standarden hadde også normtall for både energi og samtidig effekt slik at man kunne etterprøve sine egne beregninger. Et utdrag av normtallene til NS 3032 ligger i vedlegg II. NS 3031 hadde også egne metoder for beregning av effekt, men dette forsvant fullstendig da den nye standarden tok over i 2007.

BLANKETT 2
NS 3032 Tillegg D

EFFEKTBUDSJETT

Bygningstype

Adresse

Brutto oppvarmet gulvareal m²

 ¹⁾	 ¹⁾	 ²⁾	
	kW	W/m ²	kW	W/m ²	kW	W/m ²
1 Oppvarming						
2 Ventilasjon						
3 Varmtvann						
4 Vifter/pumper						
5 Belysning						
6 Diverse						
7 Kjøling						
8 ³⁾						
Samtidig Sum 1 - 8						
Utendørsareal i m ²						
9 Utendørs						
Samtidig Sum 1 - 9						

1) Navn på energiblokk.

2) Navn på energiblokk dersom den ikke skal benyttes som totalt.

3) Brukes dersom det er ønskelig å skille ut noe spesielt fra de andre postene.

Figur 4-1 Blankett for oppsett av effektbudsjett. Tillegg D i NS 3032

Figur 4-1 over viser hvordan en blankett for oppsett av effektbudsjett så ut. Hadde dette blitt videreført ville det kanskje vært bedre tilgang på statistikk over effekter for ulike bygningskategorier og bedre mulighet for å utvikle normtall videre.

4.2 ENOVA – MANUAL FOR ENØK NORMTALL

Siste versjon av *Enova – manual for enøk normtall* ble utgitt i 2004. Denne gir normtall for energi og effekter til ni bygningstyper i syv klimasoner. Hensikten med normtallene er å gi «veiledende verdier for hva energi- og effektbehov bør være etter at lønnsomme ENØK-tiltak er gjennomført» (Enova, 2004).

Normtallene er utarbeidet fra referanseverdier for blant annet U-verdier, luftmengder, driftstider og virkningsgrader fra bygninger i de aktuelle periodene, med klimadata fra et normalår. Disse referanseverdiene er da ifølge manualen «delvis basert på gjeldene forskrifter og standarder, delvis på erfaringsdata fra ulike prosjekter og delvis på vurderinger av hva som bør angis som energieffektive løsninger og driftsforhold» (Enova, 2004). Et av ENØK-tiltakene er blant annet nattsenking. Dette tiltaket er forutsatt å gi en energibesparelse på 7 % (av energibehovet uten temperatursenking). Vedlegg III viser faktaark for kontorbygg i manualen. Manualen sier ikke noe om nattsenking påvirker effektbehov.

Tabell 4-1 Enøk normtall for kontorbygg i midt-Norge, kyst (Enova, 2004)

Klima: Midt-Norge, kyst	Kontorbygg					
	Eldre		1987		1997	
	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²	W/m ²
1. Oppvarming	69	45	41	34	25	27
2. Ventilasjon	29	36	32	41	22	29
3. Varmtvann	10	6	10	6	10	6
4. Vifter & pumper	17	6	21	8	17	6
5. Belysning	32	16	32	16	26	13
6. Diverse	24	14	24	14	24	14
7. Kjøling	4	15	4	15	4	15
Total	185		164		128	

Tabell 4-2 Enøk normtall for kontorbygg i sør-Norge, kyst (Enova, 2004)

Klima: Sør-Norge, kyst	Kontorbygg					
	Eldre		1987		1997	
	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²	W/m ²	kWh/m ²	W/m ²
1. Oppvarming	61	43	36	32	21	26
2. Ventilasjon	26	35	29	39	20	28
3. Varmtvann	10	6	10	6	10	6
4. Vifter & pumper	17	6	21	8	17	6
5. Belysning	32	16	32	16	26	13
6. Diverse	24	14	24	14	24	14
7. Kjøling	5	15	5	15	4	15
Total	175		157		122	

Normtallene for effekter er reduserte for samtidig bruk. I tallene for effektbehov til oppvarming og kjøling er det ikke tatt hensyn til sol eller interne laster, kun brutto effektbehov.

For kjølingen er det ikke gjort noen nøyaktig beregning for å komme frem til et normtall. Her er det brukt noen overslag basert på lengden av kjølesesongen. Kjølesesongen er antatt å være 75% av dagene utenfor oppvarmings sesong. I denne perioden er det videre forutsatt at det samtidige effektbehovet er 40 % av den maksimale effekten. Behovet konverteres mellom energi og effekt ved å regne gjennomsnittlig effektbehov gjennom brukstid.

5 METODE

Metodene som er benyttet i prosjektoppgaven er følgende:

- Litteratursøk for å finne mer informasjon om temaene som tas opp i rapporten og finne ut om det er noen tidligere prosjekter som har liknende problemstillinger.
- Innsamling av informasjon om bygninger og analyse av de tekniske anleggene til disse. Analyse og informasjon om byggene presenteres etter metode-kapittelet.
- Gjennomført befaringer av byggene i Oslo og Trondheim for å bli bedre kjent med de tekniske anleggene.
- Samtaler med rådgivere om hvordan de gikk frem for å prosjektere byggene. Det er da tatt utgangspunkt i analysene over for å få en bedre oversikt over hvordan de jobbet.
- Samtaler med rådgivere om hvordan de generelt jobber i byggeprosjekter for å undersøke om det er noen svakheter med metodene som brukes. Det har vært møter med rådgivere innenfor VVS og elektro direkte og over Skype.

5.1 BEFARING AV BYGG

5.1.1 Bygg A

Siden dette bygget er lokalisert i Trondheim ble det sørget for at både befaring og møte med de prosjekterende for bygg A kunne gjennomføres på samme reise 20. april. Det ble utført en befaring sammen med driftsansvarlig på bygget og en av rådgiverne som jobbet med prosjekteringen.

Det ble sett på energisentral, hovedtavle, teknisk rom til ventilasjon og SD-anlegget. Ble brukt tid til å få en forklaring på en del komponenter.

5.1.2 Bygg B

Gjennomført en befaring av bygget i Oslo 9. april. Her ble det sett på en del installasjoner i teknisk rom, energisentral og et ventilasjonsaggregat. Det var ikke anledning til å se på noen av installasjonene noe mer detaljert enn noen minutter i hvert rom. Det ble gitt en generell beskrivelse av noen komponenter.

5.2 SAMTALE MED RÅDGIVERE

I forbindelse med innhenting av informasjon for hvordan rådgivere dimensjonerer teknisk utstyr i bygningsprosjekter, er det gjennomført samtaler med rådgivere innenfor VVS og elektro. Hensikten her er å kunne skape et bilde av hvordan disse jobber, hvilke beregningsmetoder som benyttes og hvilke tanker som ligger bak eventuelle avgjørelser som er tatt. Dette skal kunne bidra til å finne eventuelle svakheter med metodene som vanligvis benyttes og kunne bidra til å gi anbefalinger om forbedring av fremgangsmetode i senere prosjekter.

Som en forberedelse til møter er prosjekteringsunderlag til bygningene innhentet og gjennomgått. Disse gir en oversikt over hvordan de tekniske anleggene er bygget opp og gir et underlag for gjennomføring av møter. Bortsett fra anleggsspesifikke spørsmål er samtaler gjort med ganske åpne spørsmål der fremgangsmetode og beregningsmetodikk er den viktigste informasjonen. Spørsmålene

er utformet slik at man kan få fram hendelsesløpet under prosjekteringen der informasjonen som skal være med er hvilke programvarer, standarder eller eventuelle egenutviklede metoder som brukes. Har de ulike rådgiverne noe til felles i metodene de bruker og er det en metodikk som kanskje fremstår bedre enn de andre? En viktig del er også å få frem hvordan kommunikasjonen mellom rådgivere er og om de utvikler sine metoder noe videre.

I tillegg til samtaler med rådgivere som jobbet med spesifikke bygninger er det også rådgivere fra andre selskaper som skal forklare hvordan de gjennomfører prosjekteringen i sine byggeprosjekter på generell basis. Gjerne også få frem informasjon om hva de mener er problematisk i forbindelse med slike beregninger og dimensjonerings. Det har derfor vært ønskelig å få med rådgivere som har noen års erfaring med slike beregninger slik at de er godt kjent med problemfaktorene.

Alle rådgivere, selskaper og bygninger holdes hemmelig. Siden disse selskapene er direkte konkurrenter kan det hende det ikke er ønskelig fra de sin side å dele sin kunnskap og metodikk. Det vil uansett ha liten hensikt å ha identitetene åpne, siden prosjektoppgaven har hovedfokus på generell metodikk.

Det er laget referater fra alle møter. Disse forklarer hva innholdet i møtet var, men går sjelden i særlig detalj og er ikke en gjenfortelling av alt som ble sagt. Etter å ha snakket med alle rådgiverne er det undersøkt om det er noe samsvar mellom metodene de ulike selskapene bruker. Her kan det også være en del metoder som er prosjektspesifikke. Enkelte bygg kan ha helt spesielle behov som gjør at de skiller seg ut fra andre «standard» prosjekter.

Det er forsøkt å få frem følgende fra rådgivere rundt generell prosjektering:

- Hvordan de dimensjonerer i den tidlige fasen av et prosjekt
- Hvilke tall tar de utgangspunkt i
- Hvordan beregner man i detaljfasen
- Hvordan er utvekslingen av informasjon mellom fagområdene VVS og elektro

5.2.1 Bygg A

En oversikt over temaer for møtene ble klargjort på forhånd. Dette ligger i vedlegg VI. Alle temaer fra vedlegg VI ble ikke nødvendigvis brukt i selve møtet, men flere av de klargjorte temaene kom naturlig opp under samtalene, eller ble sett bort ifra siden de ikke lenger var relevante. Det ble listet opp ting som burde tas opp ut fra analysen som ble gjort av beregningsunderlaget til RIV og RIE. I dokumentene som ble oversendt var det en del ting som ikke kom tydelig frem. Det var blant annet litt problematisk å finne kilden til en del tall som ble brukt. Møtene kunne dermed gi noe oppklaring i kilden til disse og hvordan tankeprosessen var. Direkte spørsmål som kan svares på kortfattet viste seg vanskelig å lage. Dette kunne gjort prosessen langt enklere ved at et standard skjema kunne sendes rundt og besvares. For dette er beregningene og systemene til disse alt for komplekse. Dette ville tatt uhensiktsmessig lang tid for rådgiverne å besvare. Det heller ikke alltid det er noe enkelt svar på avgjørelser som tas.

Det ble brukt Skype for å snakke med elektro-rådgiveren som jobbet med dette bygget i tidlig fase. Referat fra denne samtalen ligger i vedlegg VII. Rådgiveren ble bedt om å gi sin beskrivelse av hvilke

tall som var brukt og prosessen fra tidlig fase. I tillegg ble det lagt en del vekt på å få frem litt generell problematikk rundt slike effektdimensjoneringsprosesser.

Det ble etter Skype-møtet bestemt at det skulle settes opp et møte til slik at flere rådgivere kunne delta. Det ble bestemt at dette møtet skulle holdes i Trondheim. Referat fra dette møtet ligger i vedlegg VIII. Tre rådgivere deltok, en fra VVS og to fra elektro. En av disse var personene som ble kontaktet over Skype. Rådgiverne fikk da også muligheten til å forklare nærmere prosessene rundt dimensjonering av effekter ved å vise frem noen eksempler på andre prosjekter.

VVS-rådgiveren som jobbet med bygget hadde egentlig kommet inn litt senere i prosessen, men kjente til fremgangsmetoden som var benyttet her og hvordan dette vanligvis gjøres. Denne rådgiveren kom inn i forprosjekt-/detaljfasen. Det ble sørget for at rådgiveren fikk redegjort for hvilken metode som ble brukt i de ulike fasene. Tilhørende systemskjema for bygget ble brukt til forklaring. Det ble også lagt vekt på å få frem hvordan denne rådgiveren generelt jobber med slike prosjekter. Kommunikasjonen mellom elektro og VVS ble også tatt opp som et viktig punkt.

5.2.2 Bygg B

Her ble det kun gitt en kort presentasjon om bygget i det første møtet 11. april. Referat fra møtet ligger i vedlegg X. Dette ble mest et introduksjonsmøte med en av de ansatte fra bygget. Befaring ble gjennomført etter møtet. Informasjon om hvilke personer som var deltakende under prosjekteringen av bygget ble gitt.

Det har ikke lyktes i etterkant å få noe møte med elektro-rådgiveren.

Samtale med prosjekteringslederen for VVS fra prosjektet ble gjort i Lillestrøm. Referat fra dette møtet ligger i vedlegg XI. Siden det ikke var oversendt noe beregningsunderlag var det liten mulighet til å kunne forberede noen temaer som skulle tas opp rundt disse. På forhånd var det kun oversendt systemskjema for bygningen uten noen merkede verdier for komponenter. Det ble ut fra prosjekteringsdata som ble presentert på møtet stilt spørsmål om hvordan de ulike effektene ble beregnet og hvilke verdier det ble tatt utgangspunkt i. Selv om elektro-rådgiveren ikke var tilgjengelig ble det også forsøkt å få frem hvordan dimensjonering til transformator var gjort og hvilke tall som ble lagt til grunn.

6 BYGNINGER MED PROSJEKTERINGSUNDERLAG

6.1 BYGG A

Bygg A er et tilbygg av en allerede eksisterende bygningsmasse. Det sto ferdig i 2017 og er evaluert mot TEK10. Det er lokalisert i Trondheim og har et totalt oppvarmet bruksareal på 8940 m². Det er et stort antall sensorer installert som måler temperaturer på varme- og kjølekurser, samt måling av elektrisk energi og effekt.

Bygget benytter et vannbårent klimasystem med varmepumpe/kjølemaskin som skal kunne dekke hele varme- og kjølebehovet til bygget. Varmepumpen er tilknyttet grunnvarme med totalt 25 borehull med boreddybde på 250 meter. Disse borehullene er i stor grad fordelt under parkeringskjeller. Som reserve kapasitet er det også en tilknytning til fjernvarme. Varmepumpesystemet er utekompensert for optimal drift.

Det er installert 420 m² solceller der produksjonen av energi kan deles med de andre byggene på tomten. Den totale effekten fra solcellene er på 75 kW. Automatisk solskjerming er installert for vinduer.

VENTILASJON

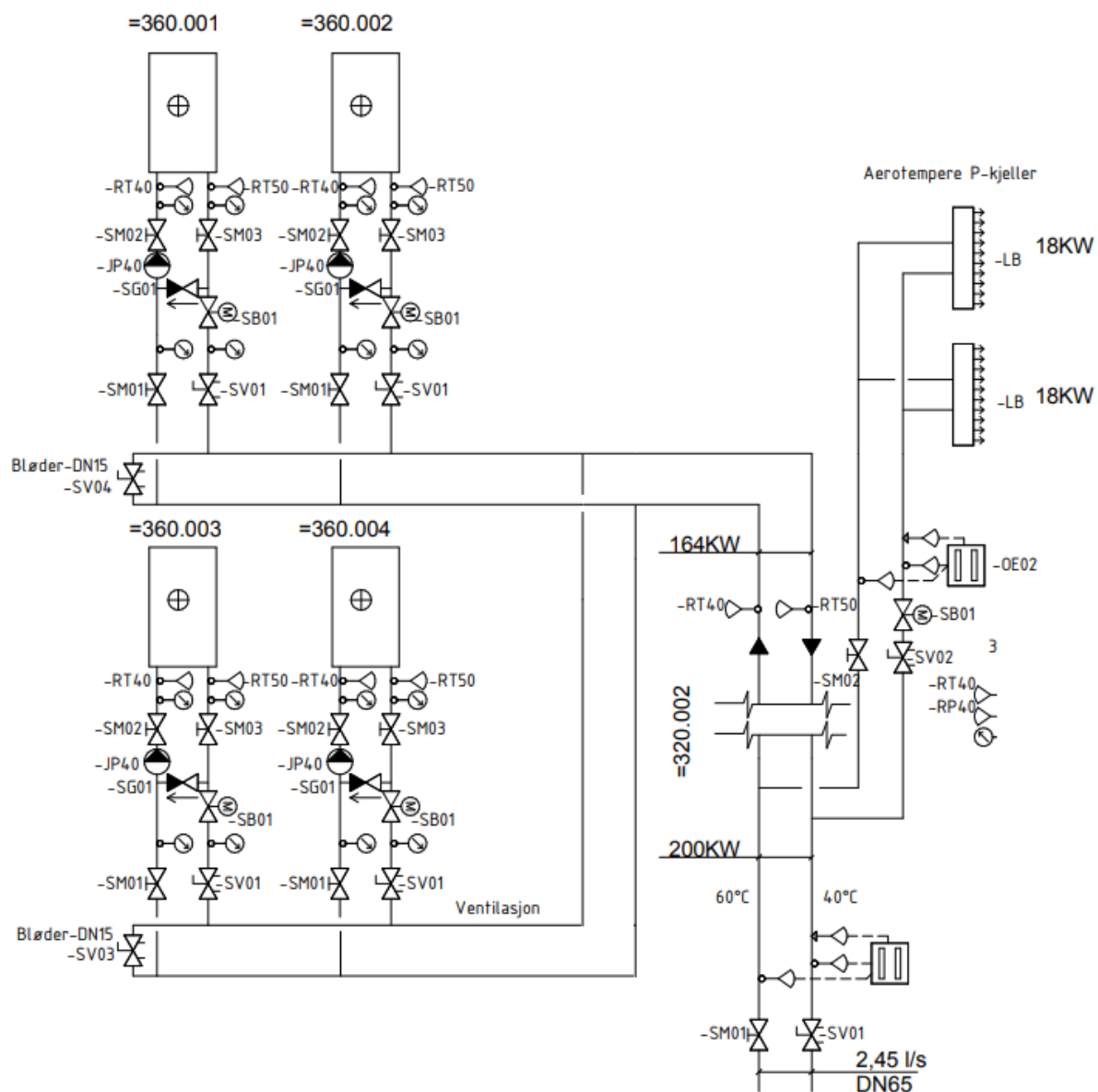
Det er behovsstyrt ventilasjon med en beregnet maks luftmengde på 76263 m³/h. Dette inkluderer en ekstra reserve på 10 %. Ut fra dette er det gjort en antagelse med 60 % samtidighet på maks luftmengde og 40 % på minste luftmengde. Det er valgt aggregater med samlet maks luftmengde på 73590 m³/h. Fordelt på alle aggregater får man en gjennomsnittlig samtidighet på ca. 80 % og gjennomsnittlig luftmengde i driftstid på 60293 m³/h. Dette er fordelt på fem aggregater: 360.01-360.05, hvor fire av aggregatene dekker kontorarealene og 360.05 dekker parkeringskjeller. Ventilasjonen har en beregnet SFP på 1,6 kW/(m³/s) i driftstid og 0,23 kW/(m³/s) utenfor driftstid. Det er roterende varmegjenvinning med en virkningsgrad på 83 %.

VARME

Tabell 6-1 Beregnede og installerte effekter for varme i bygg A

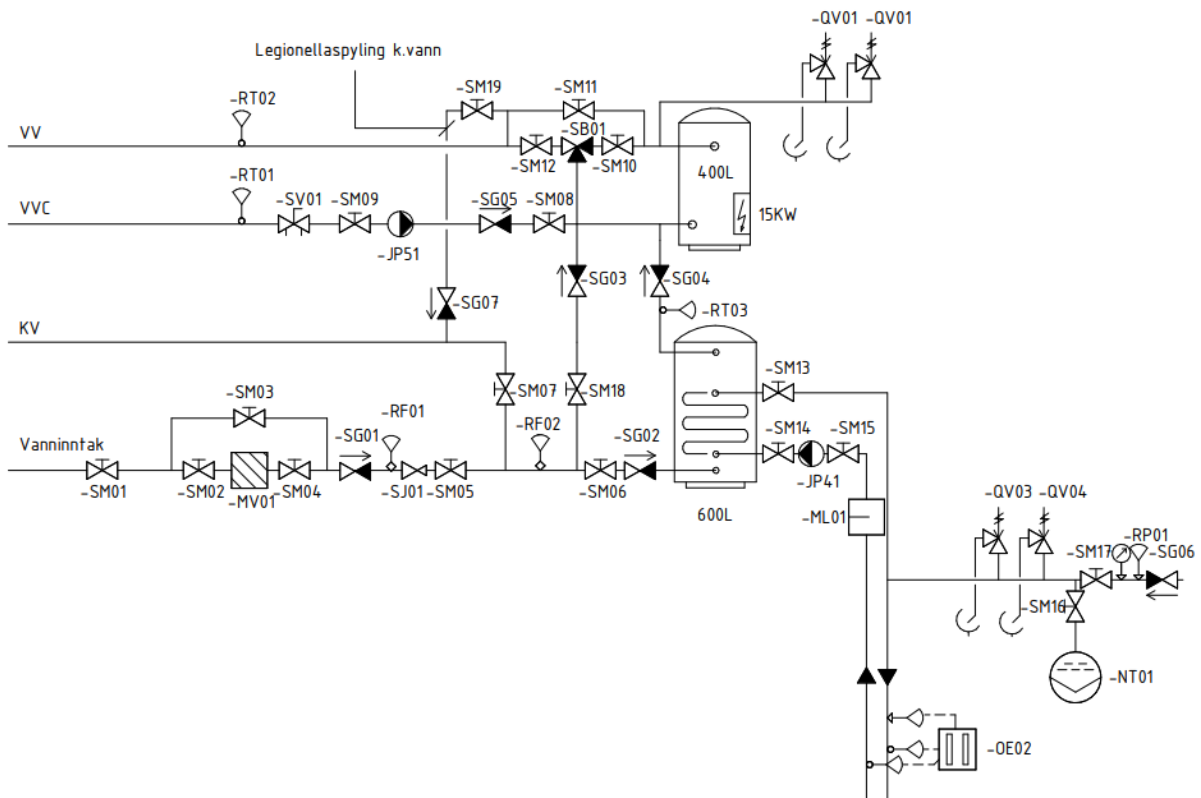
Varme [kW]	Beregnet tidlig	Beregnet detalj	Installert	Temperaturer
Ventilasjonsvarme	170	-	164	60/40
Radiatorer/konvektor		152	185	60/50
Gulvvarme		10	10	35/30
Parkering	-	33	36	60/40
Varmtvann	4	5	5	-
Snøsmelteanlegg	72	-	85	60/40
Totalt	246	200	485	

Tabell 6-1 viser oversikt over beregnede og installerte termiske effekter for bygget. Varme er fordelt med egne kurser for radiatorer i oppholdsområder mot fasade, konvektorer og gulvvarme i glassgård, gulvvarme i garderobe, ventilasjonsvarme og aerotempere i parkeringskjeller. Det er også installert et snøsmelteanlegg. Den installerte effekten til snøsmelteanlegget er en vesentlig andel av den totale effekten. Man kan anta at det er liten sannsynlighet for at snøsmeltenlagget vil gå for fullt på de aller



Figur 6-2 Systemskjema for varmebatterier og aerotempere i bygg A

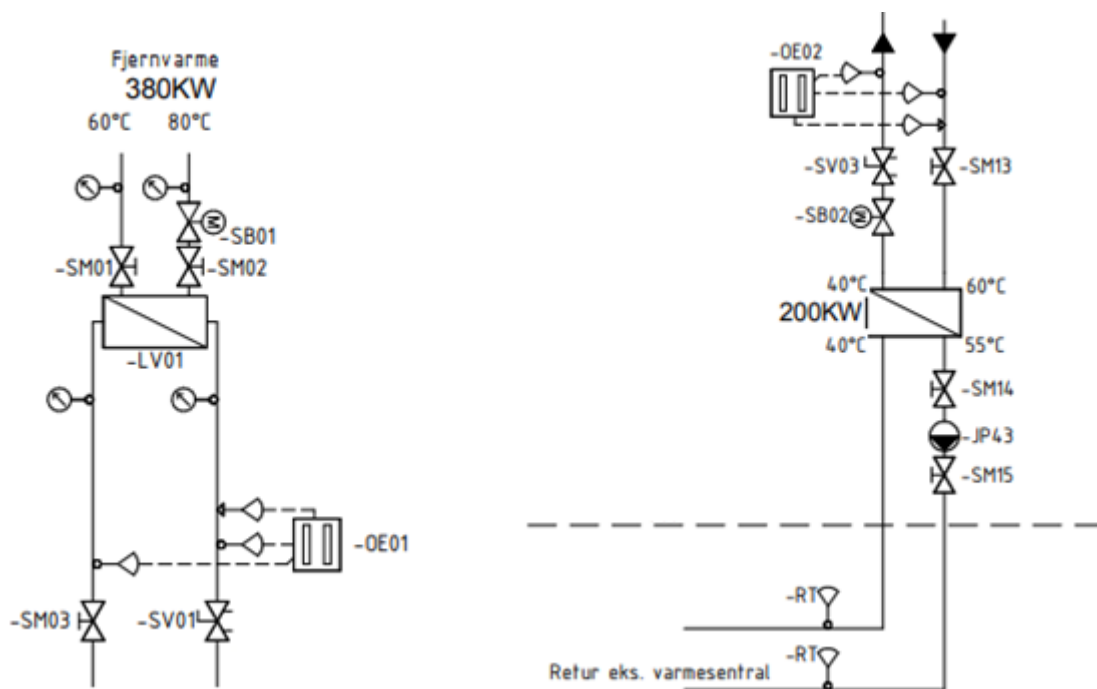
Figur 6-3 viser skjema for varmt tappevann. Det er montert en overhettingsveksler som skal dekke hele effekten til oppvarming av varmtvann. Det er allikevel en bereder på 400 liter med elektrisk kolbe på 15 kW. Denne ligger i serie med en tank på 600 liter med varmesirkulasjon fra varmepumpen. Den elektriske oppvarmingen kan brukes når varmepumpen er slått av eller systemet kjører i frikjøling.



Figur 6-3 Systemskjema for varmt tappevann i bygg A

Figur 6-4 viser kursen for spisslasten. Bygget er koblet på fjernvarme med en veksler på 380 kW.

Akkumuleringstank på 1000 liter er installert for å gi en bedre drift av varmepumpen og redusere antall start. Akkumulering bidrar også til å redusere effektpådraget til varmepumpen.



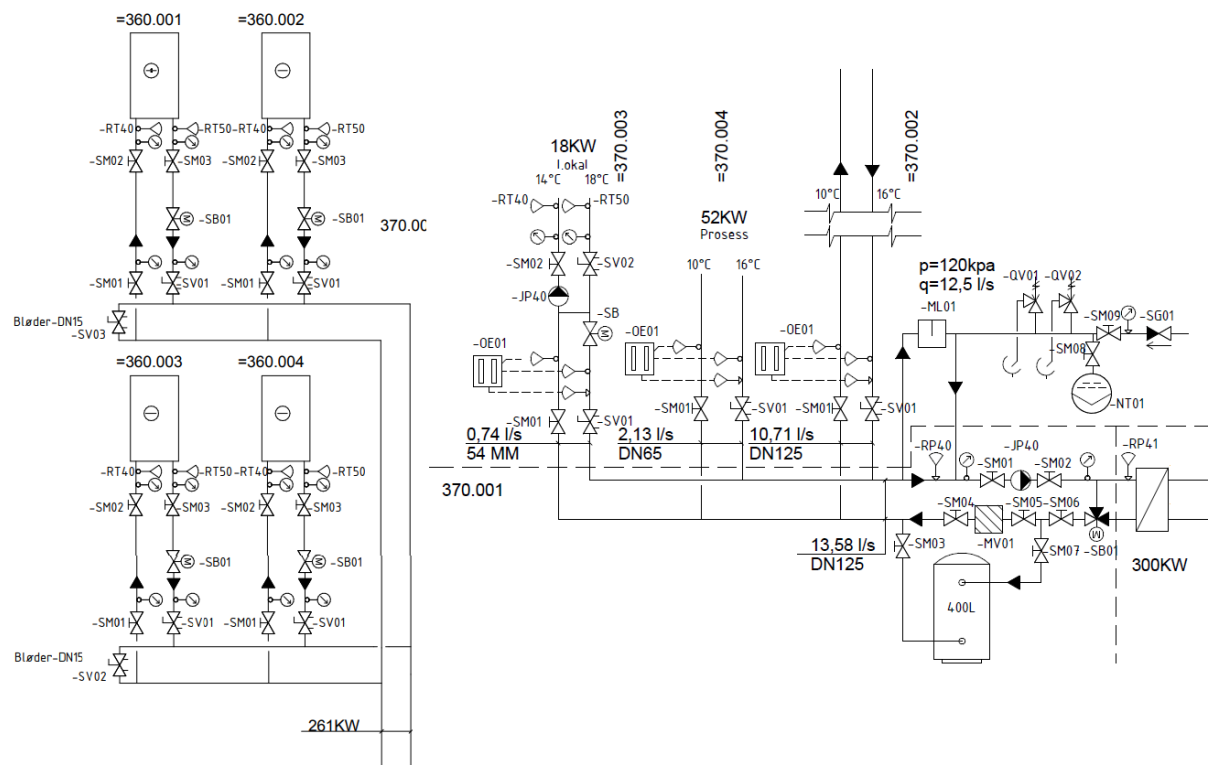
Figur 6-4 Systemskjema for fjernvarmekurs i bygg A og kurs for varmeutveksling med nabobygg

KJØLING

Tabell 6-2 Beregnede og installerte effekter for kjøling i bygg A

Kjøling [kW]	Beregnet tidlig	Beregnet detalj	Installert	Temperaturer
Ventilasjonskjøling	200	261	261	10/16
Lokal kjøling møterom	20	18	18	14/18
Prosesskjøling	70	52	52	10/16
Totalt	290	331	331	

Tabell 6-2 viser beregnede og installerte termiske effekter for kjøling. Det er montert sentral kjøling på ventilasjon som dekker det meste av kjølebehovet til kontorarealene. Lokal kjøling er brukt i møterom der det er forventet at varmebelastningen kan bli noe høyere. For leietakeren som benytter bygget er det også et ganske konstant kjølebehov hele året som går til kjøling av ulike prosesser, slik som serverrom. Snøsmelteanlegget kan også brukes til å dumpe varme ved drift i kjølemodus. Dette skal hindre at temperaturen blir for høy i brønnene slik at disse kan benyttes til frikjøling. Hvis temperaturen på væsken i brønnene overstiger 25°C, dumpes all varme fra anlegget til snøsmelteanlegget. Under varmemodus i de kaldere periodene av året vil fordampersiden av varmepumpen kunne dekke effektbehovet til lokal- og prosesskjøling. Det er installert en veksler på 300 kW for hele kjølekursen. Denne ligger noe under den installerte effekten på 331 kW. Hele den installerte effekten kan dermed ikke kjøres samtidig.



Figur 6-5 Systemskjema av kjøling i bygg A. Ventilasjon-, prosess- og lokal kjøling

VARMEPUMPE/KJØLEMASKIN

Tabell 6-3 Varmepumpe/kjølemaskin som er installert i bygg A

Varmepumpe/Kjølemaskin	Varmemodus	Kjølemodus
Kjølekapasitet	144 kW	298 kW
Varmekapasitet	227 kW	379 kW
El. effektbehov	84 kW	81 kW
COP	2,7	4,6
Temperatur fordampner inn/ut	-	16 °C / 10 °C
Temperatur kondensator inn/ut	50 °C / 60 °C	-

Varmepumpe/kjølemaskinen er valgt ut fra kjølebehovet. Installert kjøleeffekt er som vist i tabell 6-2 på 331 kW. I figur 6-3 kan man se at kjølemaskinen er valgt til 298 kW og vil ikke kunne dekke hele det installerte effektbehovet til lokal, ventilasjon- og prosesskjøling. Kjølemaskinen er designet til å kunne driftes energieffektiv i alle ulike driftscenarier med frekvensstyrte kompressorer i flere trinn og med elektrisk justerbar ekspansjonsventil.

BELYSNING

Det er estimert en effekt til belysning på 6 W/m² i tidlig fase, som vist i referat under vedlegg VI. Videre er det beregnet en effekt på 3,9 W/m² ut fra en LENI-beregning og slutt installert 4,7 W/m². Fra kravspesifikasjonen er det bestemt at all belysning minimum skal kunne styres etter tilstedeværelse. Belysningen skal styres med soner på maks 30 m². Det skal også legges til rette for enkel tilgjengelig kontroll over belysningen.

6.2 BYGG B

Bygg B er et kontorbygg lokalisert i Oslo og er et passivhus. Totalt oppvarmet areal er 13620 m². Det benytter et vannbårent klimasystem med to varmpumper som dekker det meste av energibehov. Dette er luft-til-vann varmpumper som kjører ned til en utetemperatur på -15°C og hver maskin har fire effekttrinn for bedre drift ved ulike belastningspunkt. Ved lavere utetemperatur benyttes elektrisk kjøling som dekker 100 % av effektbehovet ved dimensjonerende utetemperatur. Bygningen har også montert et solcelleanlegg på totalt 300 m² som skal kunne produsere totalt 40000 kWh per år. Dette skal være nok til å kunne dekke en stor andel av eget energiforbruk.

VENTILASJON

Det er behovsstyrt ventilasjon med en beregnet maks luftmengde på 120000 m³/h. Den gjennomsnittlige luftmengden er på ca. 80000 m³/h. Dette er fordelt på totalt 6 aggregater med roterende varmegjenvinning. 360.01-360.06 brukes til ventilering av kontorarealene. Det er også fire mindre vifter/aggregater som benyttes til ventilering av tavlerom, garasje og verksted i et annet bygg. Det er en total SFP på 1,2 kW/(m³/s) og høy gjenvinningsgrad på 88 %. For å få så god gjenvinningsgrad har man gått opp i aggregatstørrelse. Dette senker lufthastigheten gjennom aggregatet og gir bedre gjenvinning. I kontorarealene tilføres luften i form av aktive tilluftsventiler som selv kan justere luftmengde etter temperatur og tilstedeværelse. For å spare energi er aggregatene satt opp slik at de kan kjøre omluft om natten, og på den måten spre varmen rundt i bygget, og redusere varmetapet fra

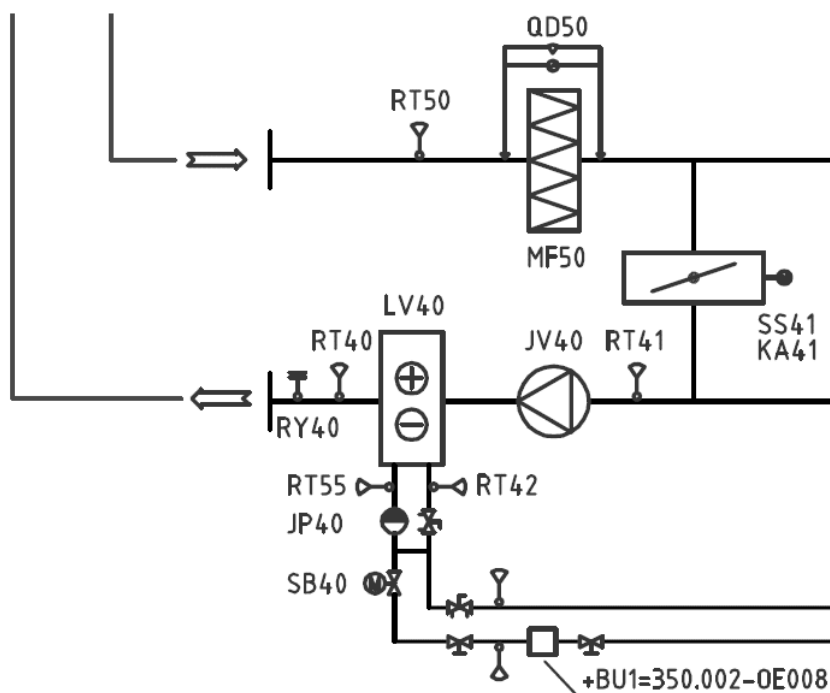
ventilasjonen. Varmebatteriene i ventilasjonsaggregatene får da et lavere temperaturløft utenfor driftstid.

VARME

Tabell 6-4 Beregnede og installerte effekter for varme i bygg B

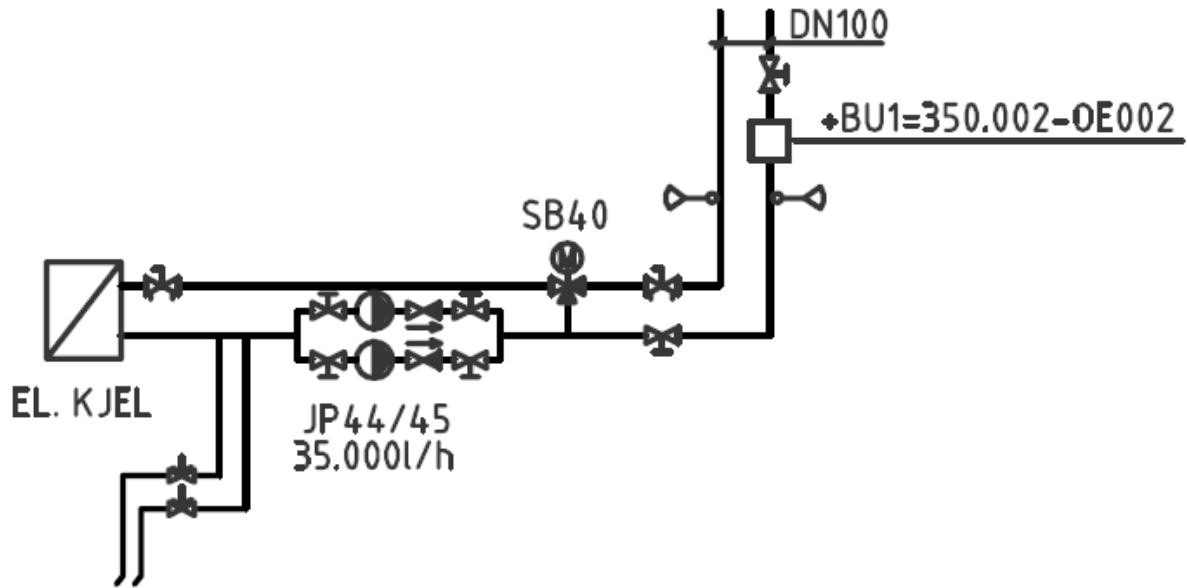
Varmer [kW]	Beregnet tidlig	Beregnet detalj	Installert	Temperaturer
Ventilasjonsvarme	191	191	516	30/25
Parkering	14	14	14	30/25
Fancoil/aerotempere	16	16	21	30/25
Varmtvann	14	14	14	-
Snøsmeltanlegg	31	-	31	30/15
Totalt	266	235	596	

Tabell 6-4 viser oversikt over beregnede og installerte effekter for varme i bygg B. Det er tenkt at størsteparten av varmen skal dekkes av ventilasjonen i bygget og at det ikke skal være nødvendig med radiatorer og elektrisk varme. Det er allikevel montert en liten ekstra varmekilde ved arbeidsplassene som backup på de aller kaldeste dagene. Dette er små elektriske varmeelementer på 200 W, totalt 6 W/m². Fancoiler/aerotempere er plassert i inngangsparti, møterom og kantine. Disse skal kunne tilføre ekstra varme ved kalde dager. For kantinen brukes de samme fancoilene i taket til kjøling. For ventilasjonsvarme brukes kombinerte varme- og kjølebatterier, vist i figur 6-6. De samme rørene brukes til både kjøling og varme. Dette sparer inn antall installasjoner og reduserer kostnad. For installert ventilasjonsvarme er disse beregnet selv ut fra en angitt vannmengde og temperaturdifferanse fra underlaget. Det er tatt utgangspunkt i oppgitt vannmengde på 14700 l/h og temperaturdifferanse på 5 K, deretter multiplisert opp med antall aggregater. Ingen installert effekt for varmebatterier står oppgitt i beregningsunderlaget.



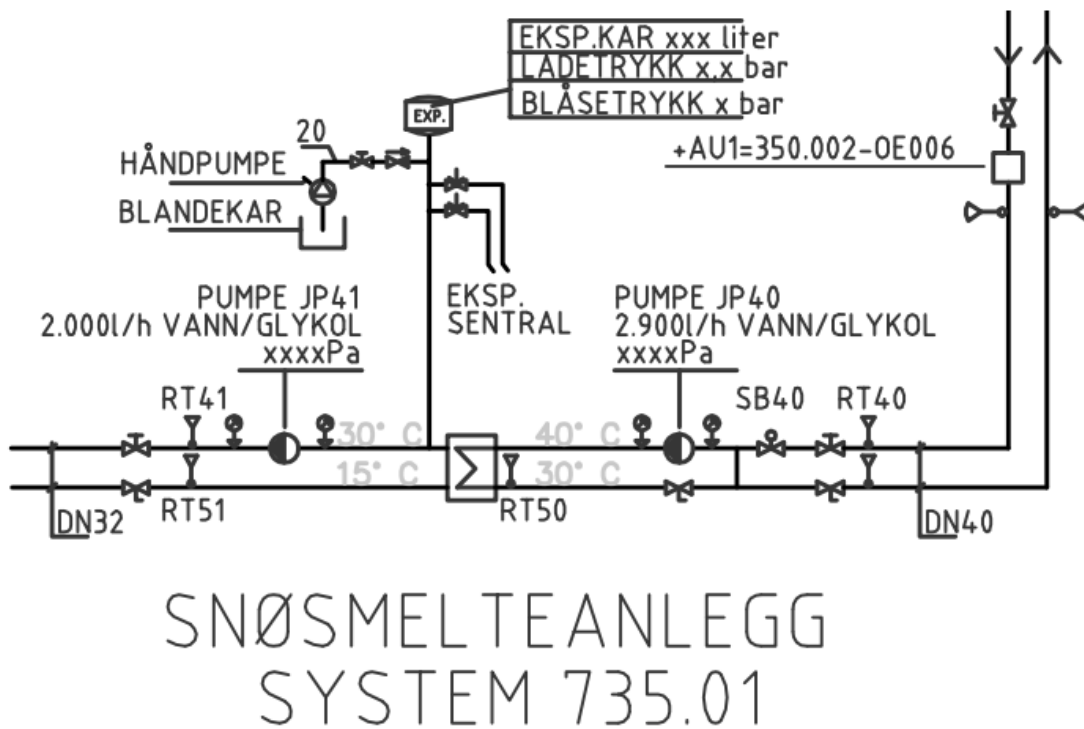
Figur 6-6 Systemskjema for kombibatteri til ventilasjon i bygg B

Som spisslast er det installert en el.-kjel på 225 kW, som dekker hele oppvarmingsbehovet ved utetemperaturer lavere enn -15 °C, eller hvis det blir driftsstans på varmpumpene. Vist i figur 6-7.



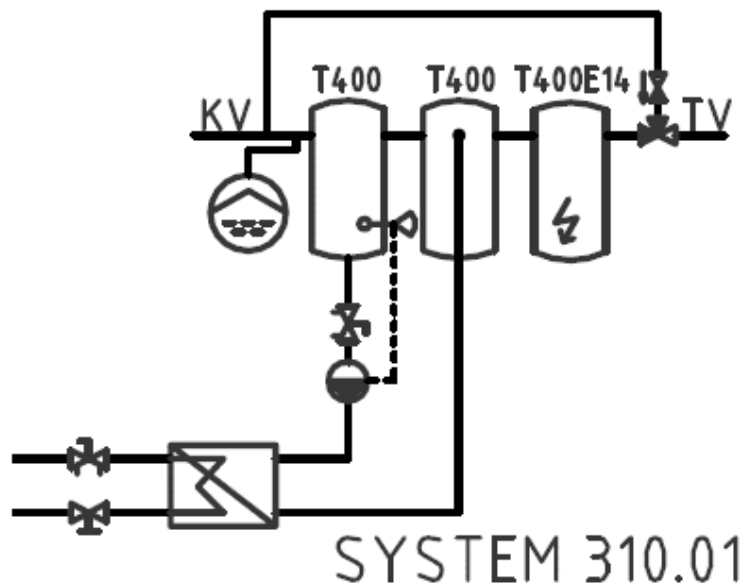
Figur 6-7 Systemskjema for el.-kjel i bygg B

Snøsmelteanlegget er dimensjonert til 250 W/m², totalt 30,5 kW. Anlegget styres av Grosch bakkeføler for deteksjon av snø og is og følere på tur- og returvann. Når snøsmelteanlegget kjører økes børverdi på turvannet med 5 °C.



Figur 6-8 Systemskjema for snøsmelteanlegg i bygg B

Varmt tappevann forvarmes av kjølemaskinens kondensator og ettervarmes av en el.-kolbe på 14 kW i varmtvannsberederen. Systemskjema for varmt tappevann er vist i figur 6-9.



Figur 6-9 Systemskjema for varmt tappevann i bygg B

KJØLING

Tabell 6-5 Beregnede og installerte effekter for kjøling i bygg B

Kjøling [kW]	Beregnet tidlig	Beregnet detalj	Installert	Temperaturer
Ventilasjonskjøling	589	589	516	10/15
Lokal kjøling kantine	16	16	21	10/15
Kjøling datarom	50	50	*72	-
Toltalt	655	655	537	

* Separat kjølemaskin til datarom

For kjøling benyttes det kombibatterier i ventilasjonen og fancoiler i områder med særlig høy varmebelastning. Dette gjelder spesielt møterom og kantine. Disse fancoilene kan brukes som varme også, slik som nevnt tidligere. Tabell 6-5 viser de beregnede og installerte effektene for kjølingen. Den installerte effekten kjølebatterier er her noe uklar, siden den ikke er å finne i beregningsunderlaget. Det nevnes at det skal være samme vannmengde og temperaturdifferanse som for varmebatterier.

VARMEPUMPE/KJØLEMASKIN

Det er benyttet to reversible varmepumper/kjølemaskiner som kjører ned til en utetemperatur på -15 °C. Effektene til disse er oppgitt i tabell 6-6.

Tabell 6-6 Varmepumper/kjølemaskiner som er installert i bygg B

Varmepumper/Kjølemaskiner	Varmemodus	Kjølemodus
Kjølekapasitet	-	520 kW
Varmekapasitet	500 kW	-
El. effektbehov	124 kW	146 kW
COP	2,4	3,1
Temperatur fordampner inn/ut	25 °C / 30 °C	-
Temperatur kondensator inn/ut	-	15 °C / 10 °C

Kjøling av datarom blir gjort av en egen kjølemaskin som er koblet mot en tørrkjøler. Tabell 6-7 viser informasjon om kjølemaskinen til datarom.

Tabell 6-7 Kjølemaskin til datarom i bygg B

Kjølemaskin datarom	
Kjølekapasitet	72 kW
Effektforbruk	16 kW
COP	3,6
Gj.snitt temperatur fordampner	12 °C
Gj.snitt temperatur kondensator	40 °C

BELYSNING

Lys styres etter tilstedeværelse. Det har ikke lyktes å få tak i beregningsunderlag eller installerte effekter for belysning.

7 RESULTAT OG DISKUSJON

Resultatene for bygningene og generell prosjektering vil presenteres på to ulike måter. For bygningene blir det en lengre beskrivelse. For resultatene rundt generell prosjektering er det valgt en mer statistisk fremstilling, ettersom det under møtene viste seg at rådgiverne brukte mye av de samme fremgangsmetodene og kilder for tall for å dimensjonere termisk og elektrisk effekt. Dette viser at det er felles praksis for hvordan dette gjøres i disse fagmiljøene.

7.1 BYGG A

Referater fra møter med rådgiverne som var involvert i dette byggeprosjektet ligger i vedlegg VII og VIII.

RÅDGIVENDE INGENIØR ELEKTRO, RIE

For denne bygningen var det allerede en eksisterende transformator som var oppført på tomten. Nettleverandør har tidligere tatt høyde for at transformatoren skal kunne dekke senere behov på tomten. Denne skal dermed ha rikelig med kapasitet for det nyeste byggetrinnet. Siden en transformator allerede er installert har rådgiveren kontaktet nettleverandør og hentet ut informasjon om de høyeste effekttoppene de siste fem årene. Ut fra dette kan man finne hvor mye ledig kapasitet det er. Det er deretter brukt egne erfaringstall for å finne ut hvilket effektbehov bygget har ut fra bygningskategori. Rådgiveren har vært klar over at det skal inn en del spesielt utstyr i bygget og tatt høyde for dette.

Rådgiveren har brukt følgende tall for estimering av elektrisk effektbehov i tidlig fase:

- Ventilasjon 17 W/m²
- Teknisk 20 W/m²
- Belysning 6 W/m²
- Kjølemaskin 250 kW
- 9000 m² gir totalt ca. 650 kW * 0,9 samtidighet = 585 kW -> 800 A effektbryter

585 kW gir en spesifikk effekt på 65 W/m². Eller hvis man utelater kjølemaskinen får man 43 W/m². For de tre eksisterende byggetrinnene på tomten er det dimensjonert en effektbryter på ca. 600 A. For det nye byggetrinnet alene er det installert en effektbryter på 800 A, så dette påbygget er lagt inn med en langt høyere verdi enn de eldre bygningene. Det er mye ledig kapasitet på den eksisterende transformatoren. Den har en kapasitet på 2000 A. Rådgiveren forklarer at det gjøres på tilsvarende metode i andre prosjekter der det er påbygg eller en rehabilitering.

Fremgangsmetoden til rådgiveren for dette bygget i tidlig fase:

1. Finne eksisterende forbruk på transformator som allerede er installert ved å hente ut effekttopper fra nettleverandør for de siste fem årene
2. Benyttet erfaringstall for å finne maks effekt til bygget
3. Legge til eventuelle effekter for spesialutstyr

I vedlegg V kan man se dokumentasjon på fordelingsanlegget til bygg A. Der står de ulike kursene med dimensjoner for kabling og effekt for ventilasjon. Totalt ligger effekt til ventilasjon på 61 kW, eller spesifikt 6,8 W/m². Det nevnes at store dimensjoner på kabler og brytere ikke er noen stor ekstra kostnad og at det hindrer varmegang og øker levetid på disse.

RÅDGIVENDE INGENIØR VVS, RIV

For å bestemme de termiske effektene i tidlig fase er det tatt utgangspunkt i noen erfaringstall som rådgiveren vanligvis benytter. Dette er tall som angir en luftmengde, varmegjenvinningsgrad og et effektbehov til oppvarming per kvadratmeter. Det er dessverre ingen av de aller tidligste tallene som er tilgjengelig. De tidligste tallene kommer fra 2015 og hører til et dokument merket «*estimerte energi og effektbehov for bygg*».

Rådgiverne har brukt følgende tall i tidlig fase:

- 10 m³/hm²
- 80 % varmegjenvinning på ventilasjon med -19 som DUT og innetemperatur på 21
- COP=3 for kjølemaskin

Det er først rundt forprosjektfase at man kjenner mer til detaljene i bygget. Ifølge rådgiveren brukes det en tidlig Simien-modell med standard verdier for interne laster som underlag for videre beregninger av energi og effekt. Her er det gjort en beregning med midlere varmtvannseffekt på 3,8 kW, rom- og ventilasjonsvarme på 170 kW og snøsmelting estimert til 72 kW. Disse estimerte effektene er basert på en innetemperatur på 21 grader og en standard DUT for Trondheim på -19°C.

Man kan ut fra tabell 6-1 se at den installerte effekten for varme omtrent dobler seg fra begynnelse til slutt. Den går fra 246 kW til 485 kW, hvis man inkluderer snøsmelleanlegget. Det er ikke kjent hva ventilasjonsvarmen ble beregnet til under detaljering, men på dette tidspunktet er ventilasjonsbehov og varmebehov beregnet på romnivå. For varmetapsberegningene på romnivå er innetemperaturen nå økt til 22°C og for alle effekter er det lagt til et sikkerhetspåslag på 20 %. For kjøling er endringen noe mindre fra 290 kW til 331 kW. Kjølingen er beregnet ut fra Simien og det ser ut til at man har holdt seg til omtrent samme effekt ved installasjon.

Det er valgt ut en kjølemaskin som ligger noe under i kjøleeffekt, 298 kW når den kjører i kjølemodus. I varmemodus vil varmepumpen kun dekke 227 kW samtidig effekt.

7.2 DISKUSJON BYGG A

De eksisterende bygningene som står på tomten er prosjekter som startet helt tilbake på 1970-tallet. Hele den gamle bygningsmassen er dimensjonert med mindre effektbryter enn for det siste byggetrinn fra 2017. For bygg A har man visst at det skal inn en del spesielt utstyr, men har likevel tatt ganske hardt i ved estimeringen i begynnelsen av prosjektet. I vedlegg IX ligger et utdrag fra en e-postutveksling som er gjort med en av elektro-rådgiverne til bygget. Der påpekes det spesifikt at det skulle inn en del labutstyr og annet, men at den totale effekten til dette bygget likevel ble ganske drøy i forhold til den eldre bygningsmassen. I akkurat dette bygget sitt tilfelle er den ledige kapasiteten på transformatoren såpass stor at man har muligheten til å ta store påslag i estimeringen. Men det er lite

sannsynlig at dette bygget ville ha behov for nesten 50 % større kapasitet enn hele den gamle bygningsmassen. Måleravlesninger som ble gjort i forbindelse med befaringen i bygget viste at belastningen kun lå på rundt 200 A. Dette var midt i en vanlig arbeidsdag, mens varmepumpen gikk med 50 % pådrag.

De spesifikke effektene det er tatt utgangspunkt i tidlig gir en samlet effekt på 43 W/m². Da er man allerede oppe i det effektnivået som eksempelvis NS 3032 oppgir som normalt samtidig effektbehov. Dette er effektbehov på 1984-nivå. Påslag for kjølemaskin øker dette videre til 65 W/m², noe som er over verdien til NS 3032 for eksisterende bygninger med høyt samtidig effektbehov. Det er spesielt ventilasjonsbehov som er høyt her. Det virker ikke som det er tatt utgangspunkt i noen luftmengder eller vifteeffekter. 17 W/m² vil i bygg A sitt tilfelle tilsvare et totalt samtidig effektbehov på 153 kW, kun for ventilasjonsaggregatene. Den estimerte effekten synker til totalt 61 kW, eller 6,8 W/m², videre inn i detaljeringsfasen. Dette viser at denne verdien var kraftig overdimensjonert. For ventilasjonen ville det vært mulig å beregne et overslagstall som var langt mer realistisk ved å bruke rådgiverne sine egne erfaringstall for luftmengder, og ta utgangspunkt i en litt høy SFP-faktor. Rådgiverne nevner eksempelvis at det er vanlig med 10 m³/hm² for kontorer. Bruker man denne verdien og en SFP-faktor på 2,0, ville man fått:

$$P = 10 \frac{m^3}{hm^2} * \frac{1 h}{3600 s} * 9000 m^2 * 2 \frac{kW}{m^3/s} = 50 kW$$

Dette tilsvarer et spesifikt effektbehov på 5,6 W/m², altså under den effekten som er dimensjonert for alle aggregatene i detaljeringsfasen. Målinger gjort i bygget viser også at hvis man summerer alle de høyeste effekttoppene for ventilasjonen ligger denne på 25,6 kW, tilsvarende 2,9 W/m². Og den største samtidige effekten for aggregatene ligger på bare 18 kW, tilsvarende 2 W/m² (Parfenau, 2018). Det er kuttet ganske kraftig på effektbehov til ventilasjon i forhold til nøkkeltallene fra enova i tabell 4-1, på 29 W/m², men man har fortsatt muligheten til å kutte effektbehov til denne posten ganske kraftig. Hadde dimensjoneringen vært gjort med utgangspunkt i kunnskap fra en VVS-rådgiver ville man i dette tilfellet kunne fjernet ganske mye av den estimerte effekten til ventilasjon. Besparelsen for akkurat denne estimeringen ville vært på omtrent 100 kW. For ventilasjon beregner man også vanligvis en samtidighet etter bygningstype. Å ta med en samtidighetsfaktor ville gjort besparelsen enda større.

For beregningen til belysning viser rådgiverne at man har tatt hensyn til hvordan effektbehov til belysning har gått ned i moderne bygg. 6 W/m² ligger ganske nært det som slutt ble beregnet i detaljeringsfasen. De endte på 4,7 W/m² installert effekt. For denne posten har de tatt hensyn til erfaring fra tidligere prosjekter ved tidlig estimering. Den største samtidige effekttoppen som er målt i bygget er 3,8 W/m² (Parfenau, 2018). I Enova enøk normtall har denne posten en estimert samtidig effekt på 13 W/m². Denne effektposten ser dermed ikke ut til å være problematisk for rådgiverne å dimensjonere i tidlig fase.

Posten for diverse teknisk utstyr kan være veldig vanskelig å estimere. For denne bygningen var det også bestemt at skulle være diverse spesialutstyr. Skal man estimere denne effekten i tidlig fase trenger man mest sannsynlig bedre oversikt over utstyret som skal installeres og en bedre statistikk på hva kursene for stikkontakter og diverse utstyr vanligvis trenger.

Varmepumpen/kjølemaskinen er lagt inn med en estimert elektrisk effekt på 250 kW. Det har vist seg etter installering at denne kun har behov for en tredjedel av den innmeldte effekten. En mulig kilde til den høye verdien er at man ikke kjenner til det totale varme- og kjølebehovet ennå. Dette behovet er likevel noe man ville sett i systemer der all varme skal dekkes med elektrisk kjel. Men til dette bygget ligger det allerede fjernvarme klart. Dette var kjent fra før prosjektet ble satt i gang. Ved å bruke rådgiverne sine erfaringstall og beregningsmetode fra tidlig fase, vil det da si at en varmpumpe med COP=3 skal forsyne bygget med en total varmeeffekt på:

$$\phi = 250 \text{ kW} * 3 = 750 \text{ kW}$$

Dette tilsvarer en spesifikk varmeeffekt på 83 W/m², noe som er svært usannsynlig i et moderne bygg. Her kunne nok et nærmere samarbeid med RIV gjort at den elektriske effekten til varmpumpen ville gått noe ned. Dette tas opp videre i kapittel 7.7.

Til slutt er det brukt en ganske grov estimering av samtidighet for hele bygget. Her burde man heller ha estimert samtidigheter for hver effektpost og deretter benyttet en lavere samtidighet. Samtidigheter fins ganske lite dokumentasjon på, men erfaringstall fra informasjon om tidligere prosjekter kunne gjort det enklere å finne mer realistiske samtidighetsfaktorer.

For de termiske effektene kan man se at disse nærmest dobler seg fra tidlig fase til installert. I den tidlige fasen brukes det en grov simulering som bruker standard inndata fra programmet. Man fraviker ganske mye fra verdien ved å gå opp i luftmengde, øke innetemperaturen med én grad og legge til en sikkerhetsmargin på 20 %, etter å ha beregnet varmetapet uten interne laster. For beregning i tidlig fase burde man være langt mer konservativ med interne laster før det senere skal beregnes på romnivå uten varmetilskudd. Rådgiveren i bedrift 4 nevner blant annet at de interne lastene som ligger standard i Simien kan være en kilde til underdimensjonering. Disse internlastene burde derfor kanskje reduseres noe i verdi. Den termiske effektberegningen ser ikke ut til å ha noen sammenheng med den estimerte elektriske effekten for varmpumpen. Det er tidligere gjort studier der man helt generelt anbefaler å droppe sikkerhetspåslag når det beregnes varmetap etter metoder fra NS 12831 (Hansen K. S., 2016). Den konkluderer med at akkurat denne måten å beregne på er en sentral kilde til overdimensjonering av anlegg. Det er lite sannsynlig at det er behov for et sikkerhetspåslag når beregningsmetoden tar utgangspunkt i et effektbehov ved det verst tenkelige scenarioet for bygget. Det ser likevel ut til at de har tatt noe hensyn til samtidigheter for varmpumpen/kjølemaskinen, siden den er dimensjonert med en langt lavere varmeeffekt enn den totale installerte effekten. Dette er en fornuftig beslutning for å gi varmpumpen en jevnere drift og hindre overdimensjonering av denne. For klimaet er det brukt en DUT på -19 °C for Trondheim. Bygget er lokalisert litt opp i høyden, og er ganske vindutsatt der det står. Tar man utgangspunkt i den nærmeste målestasjonen for bygget er den laveste registrerte 3-døgns middeltemperatur på -15,6 °C, som vist i vedlegg I. Det er ikke noe måledata tilgjengelig for en full 30 års periode. Den nøyaktige posisjonen til bygget er altså ikke tatt tilstrekkelig hensyn til. Det mulighet for at dette kunne påvirket dimensjonert behov til varme- og kjøleanlegget.

7.3 BYGG B

Referat fra møter med rådgiverne til dette bygget ligger i vedlegg X og XI.

RÅDGIVENDE INGENIØR ELEKTRO, RIE

Rådgiveren for elektro hadde ikke muligheten til å sette av noe tid. Det er dermed uklart hvordan dette har blitt gjort. Det er kun et utvalg installerte VVS-komponenter som er blitt oversendt av dokumentasjon fra elektro.

Det ble informert om på møtet med prosjekteringsleder VVS om at det på tomten sto en transformator fra før. Ledig kapasitet på denne var 220 kW. Det var ikke ønskelig å installere noen større kapasitet til det nye bygget som skulle settes opp.

RÅDGIVENDE INGENIØR VVS, RIV

For bygg B er det kun oversendt ett dokument som er fra beregningsunderlaget. Dokumentet gir ganske grove beregninger på ulikt utstyr. Det er ingen detaljerte beregninger som er gjort i disse, men dette er likevel utgangspunktet for dimensjoneringen til luftaggregater, kjølemaskin og effektbehov for de tekniske installasjonene til varme og kjøling.

Det er brukt en luftmengde på $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ for å finne total luftmengde til bygget. For dimensjonering av varmebatteri er det brukt 85 % gjenvinningsgrad og samtidighet på 70 % av maks luftmengde. For å finne effekten er det brukt en temperaturforskjell på $40 \text{ }^\circ\text{C}$ mellom inne og ute. For kjølingen er det beregnet effekt med maks luftmengde og uten varmegjenvinner. Dette gir et kjølebehov på 589 kW.

7.4 DISKUSJON BYGG B

For bygg B finnes det dessverre ganske lite dokumentasjon, men er også noe som kanskje har preget bygget under prosjekteringen også. De relativ grove beregningene som er gjort i underlaget har også gitt utgangspunkt for de største installasjonene.

Transformatoren som sto fra før på tomten hadde en ledig kapasitet på 220 kW til bygg B. Det ble bestemt at det ville bli veldig kostbart med anleggsbidraget ved å kreve en større kapasitet. I forhold til hva som ble installert i bygget ser det likevel ikke ut til at dette har blitt tatt så mye hensyn til. Målinger for 2017 hentet fra SD-anlegget viser til og med at bygget overskrider dette, og ligger typisk på rundt 300 kW for de periodene med høyest effektbehov, med høyeste topp på 337 kW (Parfenau, 2018). Dette gir en overskridelse på omkring 100 kW i forhold til oppgitt kapasitet. Det er mye bruk av behovsstyrte systemer i bygget, men 220 kW er likevel ganske snaut for et kontorbygg på over 13000 m^2 .

De beregningene som er gjort for bygget viser noen ganske grove beregningsfeil. Som nevnt i resultatene er kjølebehovet beregnet uten å ta hensyn til redusert luftmengde for behovsstyring og uten gjenvinning. Når denne beregningen så videre blir brukt til å hente ut kjølemaskinene blir disse maskinene ganske grovt overdimensjonerte. Den totale beregnede kjøleeffekten er 589 kW. Det er valgt å installere to stykker på 260 kW kjølekapasitet. Målinger gjort av bygget viser at den totale samtidige varme- og kjøleeffekten fra disse ligger 40 % lavere enn beregnet effektbehov og den

høyeste kjøleeffekten var målt til 223 kW (Orvik, 2015). Dette var med målepunkter fra 2013 og 2014. Målepunkter hentet fra 2017 – 2018, viser en maks kjøleeffekt på 156 kW (Parfenau, 2018). De målte verdiene viser altså at bygget omtrent kunne klart seg med kun én av kjølemaskinene på 260 kW. Beregningsfeilene som ble gjort har fått en ganske stor negativ konsekvens for den installerte effekten og medført en ekstra kostnad. Kjølemaskinene er designet med 4 effekttrinn hver, slik at de kan kjøres mer optimalt ved flere belastningspunkt. Hvis det ikke var lagt inn dette kunne det fått ganske store konsekvenser for driften. Kjølemaskinene ville fått veldig mange start/stopp og slitasjen på maskinene ville blitt større.

Generelt for dette bygget burde det vært lagt inn mye mer tid til prosjektering. Alle beregninger i underlaget ser ut til å være gjort noe forhastet og uten noen detaljerte eller avanserte metoder. Hadde det vært brukt mer standardiserte skjemaer i regnearket ville antagelig denne feilen kommet tydeligere frem. Eller hvis bygget hadde blitt beregnet med varighetskurve. Dette ville gjort den store forskjellen mellom varme- og kjølebehov mer visuelt.

7.5 GENERELL PROSJEKTERING TIDLIG FASE

Det er ment at tidlig fase her er på det tidspunktet der effektbehovet skal meldes inn til nettleverandør. Dette er gjerne før de fleste detaljer er fastsatt for bygget. Dette vil typisk være rundt forprosjektfase.

RÅDGIVENDE INGENIØRER ELEKTRO, RIE

4 av 4 rådgivere oppgir at de bruker Enova Enøk normtall og egne erfaringstall for å estimere effektbehov for innmelding til nettleverandør.

Det kommer ikke klart frem akkurat hvilke erfaringstall disse rådgiverne benytter. Det nevnes at det er eksempelvis tall som er brukt ved tidligere prosjekter og bare videreført, eller tall som man alltid har brukt i slike beregninger, men som likevel opprinnelig stammer fra normtallskataloger. Samtidigheter som brukes for disse tallene er som regel også ganske konservative. De oppgir at man skal være helt sikker på at det ikke blir underdimensjonert. Det vil påføre byggeier en stor kostnad i etterkant.

Tall som nevnes av de ulike rådgiverne for denne fasen:

- 50 W/m²
- 30 W/m² for energisentral
- 500 W/kontor plass
- 6 W/m² for belysning

RÅDGIVENDE INGENIØRER VVS, RIV

4 av 4 rådgivere oppgir at de bruker erfaringstall i tidlig fase for estimering av effektbehov. En grov simuleringsmodell settes gjerne opp i forprosjekt med standard input fra programmet.

Tall som går igjen for RIV i denne fasen:

- 10 m³/hm² luftmengde
- 80 % varmegjenvinning på ventilasjon

- 20-25 W/m² varmebehov

Det oppgis at det er begrenset med kommunikasjon mellom VVS og elektro, men at det må kommuniseres med RIE i tilfeller der det skal brukes utstyr som krever spesielt store effekter, eksempelvis elektrisk kjel.

Det kan også i noen tilfeller oppstå en del forvirring rundt effekter. Ettersom RIV gjerne snakker om termiske effekter og RIE snakker om elektriske effekter.

7.6 GENERELL PROSJEKTERING DETALJFASE

Denne fasen er tenkt å være i den perioden man gjør beregninger helt ned på romnivå og kjenner detaljer og behov for bygget.

RÅDGIVENDE INGENIØR ELEKTRO, RIE

For denne fasen var det ikke like stor enighet og samsvar mellom de ulike rådgiverne.

For disse rådgiverne er den generelle fremgangsmåten at man summerer opp alt utstyr som skal være i bygget og lister opp hvilket utstyr som går samtidig. Disse delene gjøres vanligvis av entreprenørene. Programvare som FEBDOK eller NETDOK brukes for å dimensjonere utstyr og sette selektivitet til effektbrytere. Dette har man da mulighet for å melde inn igjen til nettleverandør.

RÅDGIVENDE INGENIØR VVS, RIV

4 av 4 bruker varmetapsmetode på romnivå for å beregne effekt til oppvarming. Simien eller IDA ICE brukes for å dimensjonere kjølebehov.

Varmetapsmetoden fra NS 12831 er standarden for effektberegning til oppvarming, så det er naturlig at det er samsvar mellom rådgiverne på dette punktet.

Simien og IDA ICE er blitt veldig utbredt som programvare til beregning av kjølebehov. Begge programmene tar med interne varmelaster og soltilskudd. Det finnes ingen standarder for beregning av kjølebehov.

7.7 DISKUSJON GENERELL PROSJEKTERING

Det har kommet fram under samtaler med rådgivere fra flere bedrifter at problematikken rundt det å finne gode dimensjonerende effekter under tidlig fase i et prosjekt er høyst reell. Tilgangen på gode nøkkeltall som gjelder for nye bygninger eksisterer ikke og man blir dermed låst til å bruke foreldede tall som stammer fra bygg som er 20 år eller eldre. Da NS 3032 ble erstattet av NS 3031 forsvant kravet om oppsett for effektbudsjett. I tillegg D i NS 3032 oppfordres det til oppfølging av energiforbruk og maks effekt slik at forbruk og statistikk om den aktuelle bygningstypen kan videreføres. Det er dessverre slik at NS 3031 og byggt teknisk forskrift kun fokuserer på energi. Hadde man videreført praksisen fra NS 3032 med effektbudsjetter, effektposter og maks samtidig effekt kunne det vært god tilgang på statistikk for de fleste bygningskategorier i dag. Det lages fortsatt budsjetter på effekter for bygg i prosjekter, men nøkkeltallene som brukes i tidlig fase kunne vært bedre hvis man hadde et system for oppfølging av effekt slik NS 3032 legger opp til i tillegg D.

Kunnskapsoverføring fra tidligere prosjekter er noe som er svært viktig for en rådgiver. Det er dessverre slik at mange rådgivere er svært presset på tid og kostnad noe som begrenser muligheten til å gjøre kalkulasjonene sine nøyaktig. Det er ikke uvanlig i prosjekter at inndata overføres mellom bygg eller at man bruker standard verdier man er vant med. Erfaring burde hentes inn fra tidligere prosjekter på samme måte som NS 3032 en gang i tiden la opp til. Etter bygget er blitt oppført burde effekt følges opp etter at bygget har vært igangkjørt og i drift en stund. Både bedrift 1, 4 og 5 mener at dette er noe som burde gjøres og at det ikke burde by på alt for mye problemer å få til. Effekttopper for bygget kan innhentes fra nettleverandør og effektforbruk kan logges og hentes ut av driftsansvarlig. Nettleverandørene har timesmålte effekter av nettstasjoner. Det finnes også gode muligheter for dette i dag gjennom SD-anlegg og energioppfølgningssystemer. Siden hverken byggt teknisk forskrift eller noen standarder krever noe effektbudsjett vil det være opp til rådgiverne selv å bygge opp sin erfaring og overføre kunnskap fra et prosjekt til det neste. Dette er noe som allerede er gjort for belysning. I Enova Enøk normtall ligger samtidig effekt for belysning på 13 W/m^2 for kontorbygg etter TEK97. I nyere bygg har man erfart at dette typisk ligger på 6 W/m^2 eller mindre i det man har gått over til mer omfattende styring og LED-belysning. BREEAM og Passivhusstandarden sine krav til styring av belysning og krav til kWh/m² har nok bidratt noe her (NGBC, 2012) (Standard Norge, 2012). Tilsvarende burde gjøres for annet teknisk utstyr. Finner man et gjennomgående mønster i effektforbruk, så slipper man noe av frykten for å underdimensjonere.

Det som ser ut til å være gjennomgående i prosjektene og tilbakemeldingene fra rådgivere er mangelen på kommunikasjon mellom fagområdene VVS og elektro. Disse fagområdene ser ut til å jobbe ganske selvstendig med sine egne oppgaver og har ikke spesielt god kunnskap om den andre sitt arbeidsfelt. Kommunikasjonen begrenses ofte til situasjoner der spesielt utstyr eller store elektriske effekter skal inn i bygget, eksempelvis en elektrisk kjel. Kommunikasjonen og kunnskapsutvekslingen mellom de to fagområdene burde helt klart styrkes slik at forvirring rundt termiske effekter og elektriske effekter kan unngås. Det nevnes blant i møtet med bedrift 1 i Trondheim 20. april at elektrorådgiveren har opplevd å motta termiske effekter fra VVS-rådgiveren når det er sendt forespørsel om effekt. VVS-ingeniøren sitter med god kunnskap og dokumentasjon om eksempelvis pumper, kjølemaskiner og varmpumper, og burde ut fra kunnskapsoverføring fra tidligere prosjekter, ha mulighet til å melde gode estimater for elektriske effekter som elektro-rådgiveren kan behandle videre. Samme rådgiver nevner at det har skjedd at kataloger med varmpumpemodeller har blitt oversendt der rådgiveren selv må hente ut elektriske effekter. Rådgiveren i bedrift 2 trekker kommunikasjon og tverrfaglig kunnskap frem som viktige punkter og rådgiver elektro fra bedrift 5 oppgir at det å få elektriske effekter for utstyr direkte fra VVS-rådgiver er å foretrekke. Hvis RIV kan gjøre gode antagelser for effekter ut fra erfaring med varme- og kjølebehov og ventilasjon, vil dette kunne meldes til elektro og behandles videre med den kunnskapen de besitter. VVS-rådgiveren i bedrift 4 nevner i møtet at det kan være fornuftig å basere elektrisk effekt ved bruk av varmpumpe ut fra type varmekilde til pumpen. Er det luft/vann bør man ta utgangspunkt i at den termiske effekten er lik den elektriske. For slike systemer må som regel hele effekten dekkes med elektrisk kjel ved DUT. For energibrønner kan man trygt anta at elektrisk effekt er halvparten av termisk. For bygg A sin kjølemaskin ligger den dimensjonerte elektriske effekten på tre ganger merkeeffekten. For å bruke VVS-rådgiverne sine egne erfaringstall som de har nevnt ville det for bygg A vært

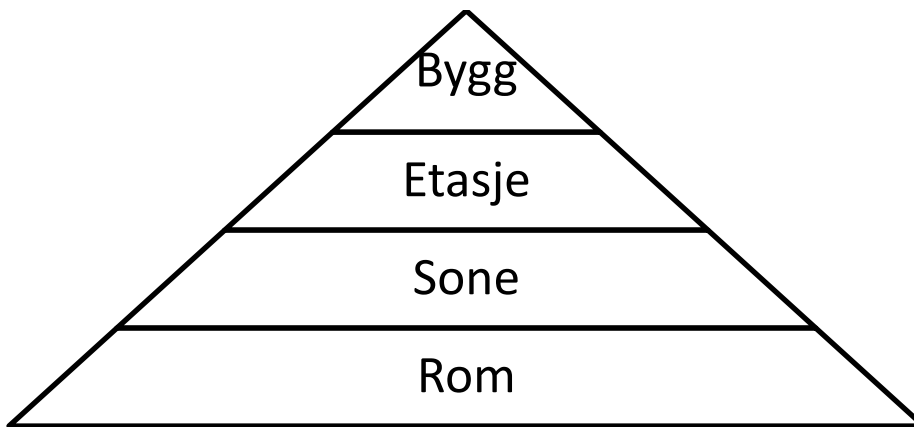
$$25 \text{ W/m}^2 * 9000 \text{ m}^2 * 0,5 = 113 \text{ kW}$$

Dette kunne vært et godt utgangspunkt å melde til elektro, og ville i dette tilfellet passet bra som estimering. Tar man utgangspunkt i varmeeffekten for tidlig fase på 170 kW, ville man endt med

$$170 \text{ kW} * 0,5 = 85 \text{ kW}$$

Dette er ganske nøyaktig den elektriske merkeeffekten til kjølemaskinen i bygg A. Dette er grove antagelser, men ser ut til å stemme ganske godt i bygg A sitt tilfelle.

En avveining mellom kostnad og risiko er noe som følger en rådgiver i hvert prosjekt. Sikkerhetspåslag er noe som følger de fleste dimensjonerings og fagområder. Dette har utspring i frykten for å underdimensjonere og stå ansvarlig for feil ovenfor byggherre. I tillegg til sikkerhetspåslag skal det også for VVS og elektro være betraktninger om samtidig bruk og tilstedeværelse. God statistikk for dette er likhet med effektbehov nærmest ikke eksisterende. Her brukes det som regel faste tall for bygningskategorien. For eksempelvis bygg A ser samtidigheten ut til å bli større på byggnivå, enn på sonenivå. Der RIV dimensjonerer luftaggregater etter en samtidighet på ca. 60 % tilstedeværelse, bruker RIE 90 % samtidighet for effekt på byggnivå.



Figur 7-1 Samtidighetsbetraktning for et bygg

Figur 8-1 illustrerer hvordan samtidigheten blir mindre på et høyere nivå. Tar man utgangspunkt i et cellekontor vil samtidigheten for effekt være ganske stor i kontoret når det er i bruk. Ser man på hele kontorlandskapet viser studier at cellekontorer i gjennomsnitt er i bruk 40 % av arbeidstiden, og dermed vil samtidigheten for effekt mest sannsynlig ligge noe under dette. I en masteroppgave fra NTNU er det sett på samtidigheter i fire bygninger lokalisert i Trondheim. Denne studien viste at den dimensjonerte effekten til byggene lå langt over toppbelastningen fra byggene på inntaket (Johansen, 2013). Målinger viste at «*det blir dimensjonert for usannsynlig høye belastninger, og effektbehovet kjent fra eksisterende installasjoner blir ikke tatt godt nok med i planleggingen*» (Johansen, 2013). Der kom det frem at samtidigheten lå under 50 % for tre av bygningene, helt ned i 12 %. Ett bygg skilte seg ut med en samtidighet på 94 %. Dette viser at det kan være stor variasjon mellom ulike bygninger og installasjoner. For bygget med den høye samtidigheten ble det konkludert med at dette mest sannsynlig skyldtes lavt kursantall og inndelingen av fordelingssystemet. Samtidighet skal typisk ligge på 50-70% etter tabeller i Normguiden NEK 400 (Ormbostad, 2002). Deles det inn i et stort antall kurser vil altså samtidigheten for bygget gå ned.

8 KONKLUSJON

Kommunikasjonen og den tverrfaglige kunnskapen mellom de ulike fagområdene bør styrkes. Det ser ut til å være en mangel på dette mellom VVS og elektro. Bedre kunnskap om de andre fagområdene vil minske risikoen for at misforståelser oppstår og gi mer reflekterte beslutninger ved dimensjonering av termiske og elektriske effekter.

Rådgivere bør øke fokus på kunnskapsoverføring og ta med erfaringsdata fra tidligere prosjekter. Hvis elektro i samarbeid med VVS kan etterkontrollere effekter fra tidligere prosjekter kan man bygge en statistikk med normtall som er mer reelle for nyere bygg. Dette er noe som allerede har skjedd med belysning. Der dimensjonerer nå rådgivere med effekter ned mot 6 W/m^2 i tidlig fase, som er omtrent halvparten av de gamle normtallene fra Enova. Tilsvarende burde gjøres for annet teknisk utstyr. Spesielt for ventilasjon er det gode muligheter for å kunne gjøre bedre estimater etter bygningskategori.

I sammenheng med kunnskapsoverføringen kommer også betraktninger om samtidighet. Det finnes dårlig oversikt over hva som er anbefalte samtidigheter, men det er en stor enighet blant rådgiverne om at tilstedeværelsen i kontorbygg typisk ligger i området 50-70 %. For bygg B sin del har de allerede god oppfølging på dette og vet at tilstedeværelsen ligger mellom 40-50 %. Samtidighetene er som regel lavest på bygnivå og bør i større grad beregnes for hver post i effektbudsjettet. Man bør derfor ta høyde for slike erfaringer og ta det med seg videre til neste prosjekt. VVS bruker allerede gode estimater for ventilasjon. NEK 400 har også sine anbefalte verdier.

9 ANBEFALINGER

Ut fra de tilbakemeldingene som rådgiverne har gitt og hva det har blitt konkludert med i forrige kapittel, kan man sette opp en anbefalt fremgangsmetode for prosjekter. Dette er slik undertegnede selv ser for seg at det burde være.

1. RIV bruker sine erfaringstall for å beregne et overslag på elektrisk effekt som de melder videre til RIE.
2. RIE gjør videre betraktninger med sine sikkerhetspåslag, samtidigheter og annet.
3. RIV beregner nye luftmengder, varmebehov og kjølebehov i detaljfase. Nye elektriske effekter meldes til RIE.
4. RIE gjør korreksjoner om nødvendig.
5. RIE i samarbeid med RIV går tilbake og innhenter effekter for bygget etter ett år og 3-5 år.

Det å innhente effekter etter at bygget står ferdig burde ifølge flere rådgivere ikke være noe problem, men at det kan problematisk i forhold tid og at dette ikke er fakturerbare timer. Dette burde likevel prioriteres og være av rådgivernes egne interesse å gjøre.

Hvis kommunikasjon skulle være problematisk kan det også lages egne dimensjoneringstabeller som bindeledd mellom VVS og elektro. Man kan spesielt se for seg ventilasjon med en viss luftmengde ut fra bygningskategori, med en tilhørende SFP og samtidighet, slik at man kan hente ut en W/m². Tabell 9-1 er kun ment som en illustrasjon for hvordan dette kan gjøres. Luftmengdene i tabell 9-1 er hentet fra NS 3031.

Tabell 9-1 Eksempel på estimering av elektrisk effekt til ventilasjon

Effekt til ventilasjon [W/m ²]		SFP kW/(m ³ /s)						
	Luftmengde m ³ /hm ²	1,00	1,25	1,5	1,75	2,00	2,25	2,50
Kontor	10	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	6,9
Skole	10	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	6,9
Sykehjem	9	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	5,6	6,3
Næring	13	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0
Universitet	8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	5,0	5,6

Har man slike betraktninger med fra VVS kan elektro bruke disse direkte og unngå bruk av foreldede nøkkeltall. Her er det bare å legge til sikkerhetspåslag etter man har hentet ut korrekt tall i tabell. Tabellene kan utvides med estimasjoner etter ulike samtidigheter også. På denne måten har man gode og tidsbesparende verktøy man kan bruke i tidlig fase.

VIDERE ARBEID

- Snakke med flere rådgivere. Gjerne finne ut mer nøyaktig hva slags tall som brukes.
- Følge opp flere bygg tettere for å se hvordan prosessen var.
- Finne ut mer om hva som skjer i fasen der entreprenøren skal installere utstyr. Det er ikke sikkert entreprenøren tar hensyn til det som er beregnet tidligere. Hva entreprenøren velger kan fort være veldig styrt av pris og ikke nødvendigvis hvor egnet utstyret er. Dette kan være en veldig viktig kilde til overdimensjonert utstyr. Entreprenøren gjør ofte den detaljerte beregningen av utstyr som skal inn i bygget og det er derfor stor sannsynlighet for at endringer forekommer og feil oppdages i denne prosjekteringsfasen. Mye utstyr selges i trinnvise størrelser. Dette kan føre til at man får overdimensjonering hvis man må gå opp til neste størrelse.
- Se nærmere på den samfunnsøkonomiske påvirkningen for overdimensjonering av effekter. Hvor mye kapasitet som står ubrukt og hva dette koster utbyggere, kunder og samfunnet.

REFERANSER

- Andresen, T. M., & Mook, V. A. (2015). Høring om tariffer for uttak i distribusjonsnett. Norge vassdrags- og energidirektorat.
- Byggforsk, S. (2012, april). *451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring*. Hentet fra Byggforsk.no:
https://byggforsk.no/dokument/204/klimadata_for_termisk_dimensjonering_og_frostsikring
- Enova. (2004, januar). Manual for Enøk normtall. Trondheim: Enova SF.
- Enova. (u.d.). *Smarte Strømmålere (AMS) | Enova*. Hentet fra Enova.no:
<https://www.enova.no/privat/smartestrommalere-ams/>
- Hafslundnett.no*. (2018, januar). Hentet fra Priser på nettleie - bedrift:
https://www.hafslundnett.no/priser/nettleiepriser_bedrift/15558
- Hansen, H., Jonassen, T., Løchen, K., & Mook, V. (2017). Forslag til endring i forskrift om kontroll av nettvirksomhet. *Utforming av av uttakstariffer i distribusjonsnett*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Hansen, K. S. (2016). *Dimensjonerende samlet effekt på byggnivå for varme og kjøling i yrkesbygg*. Oslo: Høgskolen i Oslo og Akershus.
- Johansen, T. A. (2013). *Samtidighet i elektriske bygningsinstallasjoner*. Trondheim: NTNU.
- Lovdata. (2017, januar 01). *Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer*. Hentet fra Lovdata:
https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-302#KAPITTEL_3
- Mamen, J. (2013, mars 27). *Klima i norge*. Hentet fra Store Norske leksikon:
https://snl.no/Klima_i_Norge
- Nettstruktur og organisering*. (u.d.). Hentet fra Energinorge.no:
<https://www.energinorge.no/fagomrader/stromnett/kraftsystemet/nettstruktur-og-organisering/>
- NGBC. (2012). *BREEAM-NOR*. NGBC.
- NVE. (2017, januar 09). *Anleggsbidrag - NVE*. Hentet fra NVE.no:
<https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/nettilknytning/anleggsbidrag/>
- Ormbostad, J. E. (2002). *Normguiden NEK 400*.
- Orvik, E. B. (2015). *Analyse av varme- og kjølesystemet (...)*. Trondheim: NTNU.
- Parfenau, A. (2018). *Dimensjonering av effekttopper. Analyse av måledata fra to næringsbygg*. Oslo: OsloMet - storbyuniversitetet.

- Rinholm, J. M. (2015). *Heating power at room and building levels in passive houses and low-energy buildings*. Trondheim: NTNU.
- Rommetveit, A. (2010, November 30). *De ti kaldeste vintrene*. Hentet fra Yr.no: <http://www.yr.no/artikkel/de-ti-kaldeste-vintrene-1.7402812>
- Sivle, A. D. (2018, Februar 20). *Lufttemperatur*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/lufttemperatur>
- Smedegård, O. (2012). *Analyse av forenkla vassborne varmedistribusjonssystem for større bygninger*. Trondheim: NTNU.
- Standard Norge. (2012). NS 3701:2012. *Kriterier for passivhus og lavenergibygninger - yrkesbygninger*.
- Stene, J., & Smedegård, O. Ø. (2013). *Hensiktsmessige varme- og kjøleløsninger i bygninger*. Enova.
- Stene, M., Haugset, A. S., & Naper, L. R. (2016). *Innføring av effekttariffer i distribusjonsnett - et forklaringsproblem*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Sykehusbygg. (2017, 09 19). *Overdimensjonerte tekniske anlegg sluker helsemillioner*. Hentet fra Sykehusbygg.no: <http://sykehusbygg.no/overdimensjonerte-tekniske-anlegg-sluker-helsemillioner/>
- TU.no, Ø. I. (2016, 03 10). *Mener vi kaster bort energi på altfor kraftige varmeanlegg*. Hentet fra TU.no: <https://www.tu.no/artikler/mener-vi-kaster-bort-energi-pa-alt-for-kraftige-varmeanlegg/320999>
- Tyholt, M., Lien, A. G., & Dokka, T. H. (2001). *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg*. SINTEF.
- Vennemo, H., Grorud, C., Skjelvik, M., & Erlandsen, A. M. (2017). *Alternativer til nettinvestering: Eksempler fra Oslo og Akershus*. Oslo: Vista Analyse AS.

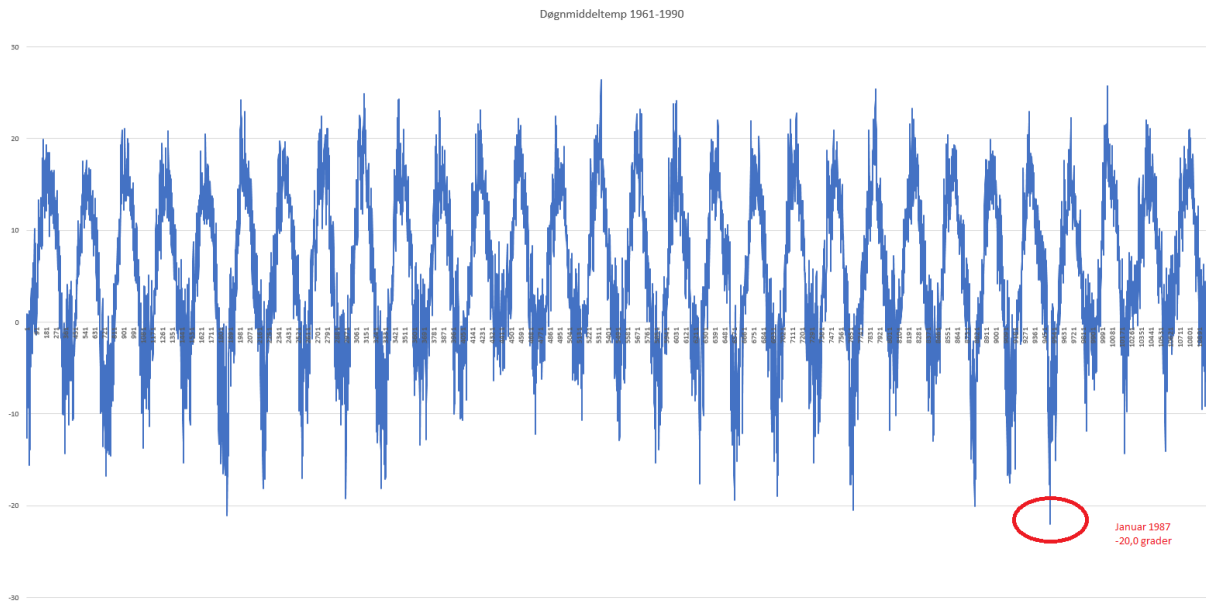
VEDLEGG

I.	BEREGNINGER AV KLIMADATA.....	54
II.	NS 3032 TABELL A1 – VEILEDENDE VERDIER FOR ENERGIBEHOV OG SAMTIDIG EFFEKTBEHOV.....	56
III.	ENOVA ENØK NORMTALL – FAKTAARK FOR KONTORBYGG	57
IV.	SYSTEMSKJEMA FOR BYGG A	58
V.	ELEKTRISK FORDELINGSANLEGG FOR BYGG A.....	59
VI.	TEMAER TIL MØTE OM BYGG A	60
VII.	REFERAT FRA MØTE OM BYGG A	62
VIII.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 1 OG OM BYGG A.....	64
IX.	UTDRAG FRA E-POSTUTVEKSLING MED RIE PÅ BYGG A.....	66
X.	REFERAT FRA MØTE OG BEFARING AV BYGG B	67
XI.	REFERAT FRA MØTE MED PROSJEKTERINGSLEDER VVS OM BYGG B.....	68
XII.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 1	70
XIII.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 2	72
XIV.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 3	74
XV.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 4	75
XVI.	REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 5	77

I. BEREGNINGER AV KLIMADATA

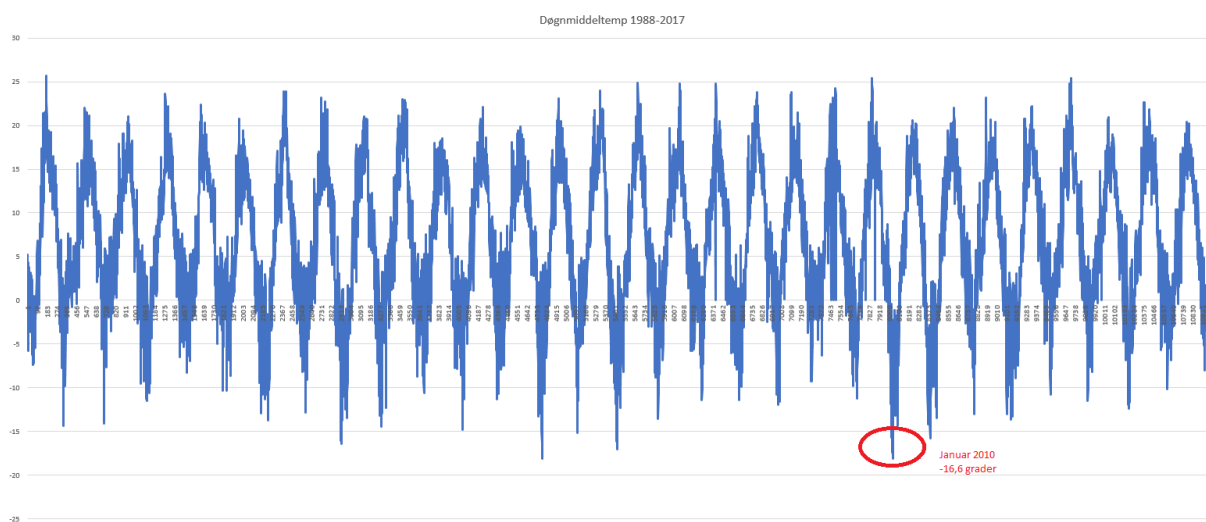
Døgnmiddeltemperatur normalperiode 1961-1990

Stnr	Dato	TAM	θ3d
18700	09.01.1987	-19,6	-20
18700	10.01.1987	-22	
18700	11.01.1987	-18,4	



Døgnmiddeltemperatur siste 30 år

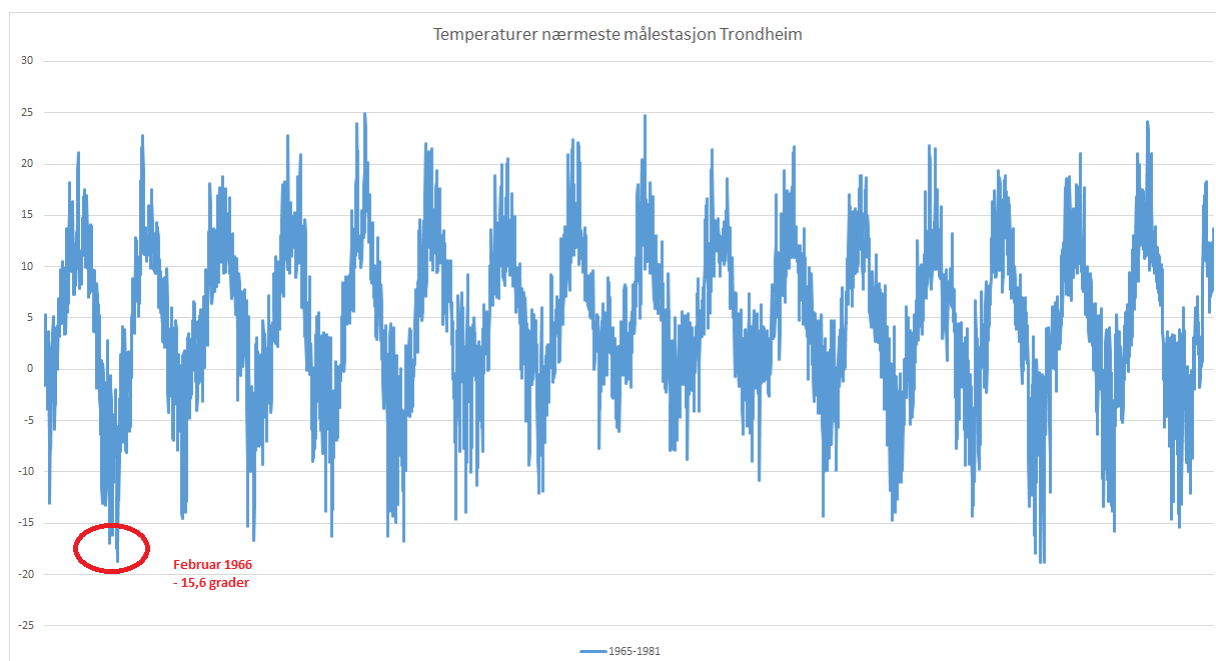
Stnr	Dato	TAM	θ3d
18700	06.01.2010	-17,4	-16,6
18700	07.01.2010	-14,4	
18700	08.01.2010	-18,1	



Månedsmiddeltemperatur for Blindern i normalperiode og siste 30 år

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
88	0,6	-1,3	-1,3	3,4	12,1	18,6	16,2	15	12,2	5,1	-1,1	-2,7
89	2,4	2,7	3,6	5,2	10,9	15,2	17	14,3	11,8	6,5	2,6	-2,7
90	0,8	3,5	4,6	6,5	12,3	15,1	16,6	16	10,3	6,3	0,2	-1
91	-2,8	-4	1,8	5,5	10,6	11,6	18,2	16,7	11,6	6,5	2,4	0,1
92	-0,5	0,1	2,7	4,2	13,1	17,8	16,4	14,1	11,3	3,2	1,1	-0,8
93	0	-0,8	1,3	6,4	13	13,6	14,7	13,1	9,1	4,4	-0,4	-3,4
94	-4,1	-7,7	0,5	6,1	10,9	13,6	20,3	16	10,1	5,5	1,9	0,1
95	-2,9	-0,3	1,2	3,9	9,8	15,1	16,4	17,8	11,1	8,9	-0,5	-6,4
96	-5,1	-6,2	-0,6	4,9	8,4	14,2	15,9	18,4	10,4	7,7	0,4	-4,4
97	-4	-0,3	2,4	5,1	9,3	16,3	19,5	20,5	12,4	4,8	1,5	-1
98	-1,1	1,4	0,8	4,3	11,6	13,2	15,4	14,4	12,5	5,4	-0,7	-0,6
99	-2,2	-2,3	0,4	6,7	9,5	14	17,4	16,1	14,4	6,6	4,2	-2,7
00	-0,4	-0,4	2	6,4	12,5	13,6	16,2	15,4	11,5	9,5	5,8	1,2
01	-2,8	-5,3	-1,5	4,3	11,9	14,6	17,8	15,9	11,7	9	2,2	-3,3
02	-2,8	0,7	2,1	7	12,8	16,6	17,4	20,4	13,4	3,5	-1,2	-5,8
03	-3,8	-2,6	1,7	6	10,1	16,3	18,9	17,4	12,5	4	3	0,4
04	-3,8	-1,4	2,1	7,5	12,4	14,2	16	18	12,6	6,6	1,2	0,4
05	1,7	-1	-0,8	6,9	9,7	14,6	18,7	15,9	12,6	7,5	4,4	-1,1
06	-2,4	-3,2	-3,2	4,7	12	16,1	20,1	18	15	8,4	4,1	2,4
07	-0,9	-3,2	4,2	7,6	10,9	17	16,1	16,5	11	6,9	1,5	-1,4
08	0,9	1,9	0,9	6,7	12,3	15,8	18,3	15,2	10,8	6,8	2,1	-1,2
09	-2,2	-5,1	1,2	7,7	12	15,8	17,3	16,1	12,9	4,4	3,9	-3,8
10	-8,1	-6,3	0,3	6	11	15,3	18	16,1	11,3	5,7	-2	-9,2
11	-3,5	-4,9	0,6	9,4	11,3	15,9	18	16,1	12,7	7,6	4,6	0,8
12	-2,4	-2,2	5,6	4,9	12,3	13,7	16,4	16,1	11,1	5,2	3,2	-5,1
13	-4,9	-3,2	-2,1	4,3	12,8	15	18,4	16,3	12	7,5	2,4	2
14	-2,6	1,9	4,3	7,7	12	15,7	20,8	15,8	13,1	8,9	4,1	-2,2
15	-0,3	0,3	3,5	7,1	9	14,2	16,2	16,5	12,5	7,2	3,2	2,1
16	-5,5	-0,7	3,1	5,9	12,3	16,7	17,2	15,5	15	6,1	0,7	0,9
17	-1,4	-1,5	2,6	5,2	11,6	15,1	16,9	15,3	12,2	7,2	1,6	-1,5
1988-2017	-2,1	-1,7	1,5	5,9	11,3	15,2	17,4	16,3	12,0	6,4	1,9	-1,7
1961-1990	-4,3	-4	-0,2	4,5	10,8	15,2	16,4	15,2	10,8	6,3	0,7	-3,1

Døgnmiddeltemperatur for nærmeste målestasjon til bygg A i Trondheim



II. NS 3032 TABELL A1 – VEILEDENDE VERDIER FOR ENERGIBEHOV OG SAMTIDIG EFFEKTBEHOV

Tabell A1 Veiledende verdier for totalt årlig netto energibehov og samtidig effektbehov pr. brutto gulvareal av oppvarmede deler av bygningen. Verdiene gjelder for Oslo-klima (4967 graddager ved 20 °C innetemperatur). Temperaturavhengig energiforbruk korrigeres etter Tabell B1 i Tillegg B.

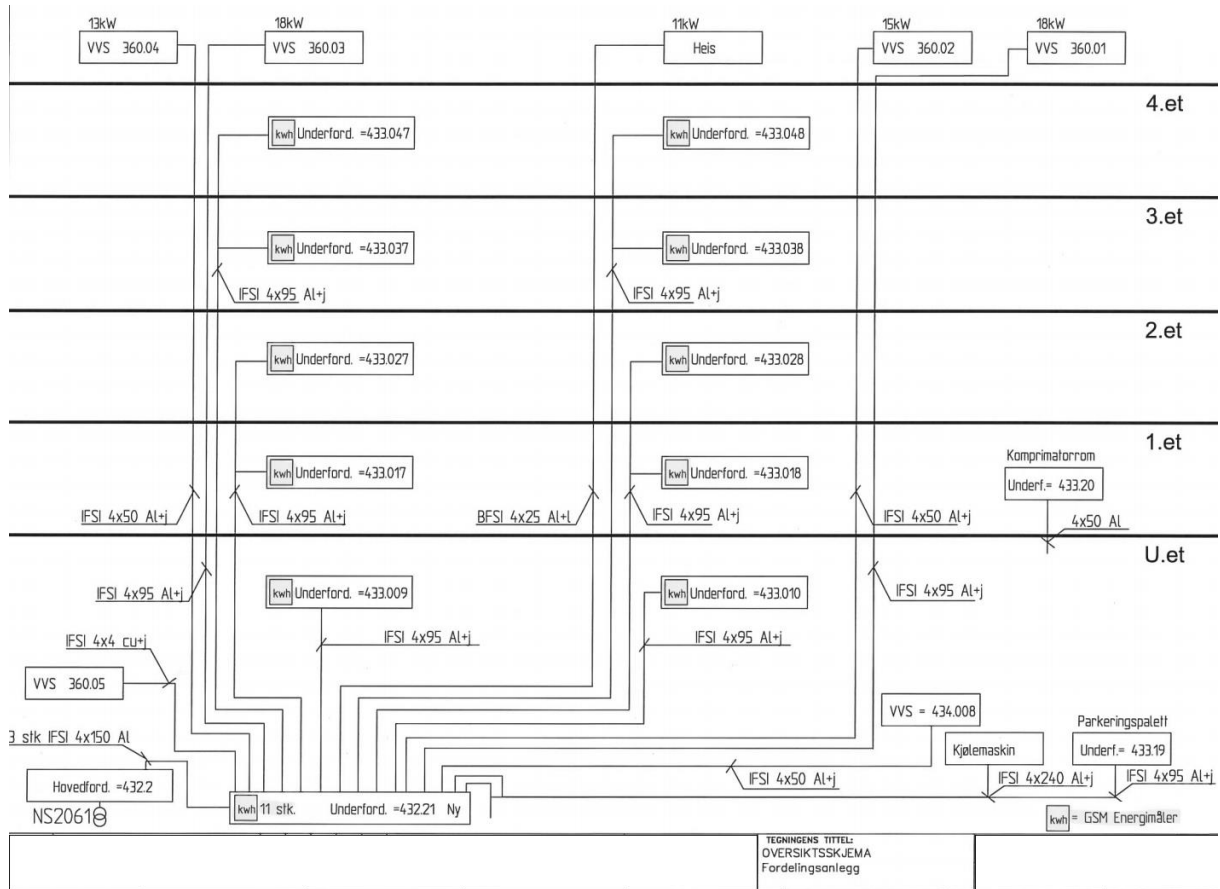
Bygningstyper	Bygnings-kategori	Energibehov kWh/m ²			Samtidig effektbehov W/m ²		
		Lav	Middels	Høy	Lav	Middels	Høy
Aldershjem							
Nye	3	180	210	240	50	60	70
Eksisterende	3	210	240	270	60	70	80
Bad, svømmehaller							
Nye	3	300	500	700	100	140	180
Eksisterende	3	500	700	900	120	160	200
Barnehjem							
Nye	3	170	200	230	50	60	70
Eksisterende	3	200	230	260	60	70	80
Bibliotek							
Nye	1	120	160	200	40	50	60
Eksisterende	1	160	200	240	50	60	70
Boligbygg							
Nye blokkeleiligheter	3	100	120	150	40	45	50
Eksisterende blokkeleiligheter	2	150	180	220	45	50	60
Nye eneboliger (isolasjon, mineralull)							
1) Vegg 15 cm, gulv/tak 20 cm, vindu 3-lag glass	2	120	150	190	60	80	100
2) Vegg 20 cm, gulv 20 cm, tak 25 cm, vindu 3-lag glass	3	100	130	170	55	70	85
3) Som 2) men med varmegjenvinning i tillegg	3	80	100	130	50	65	80
Eksisterende eneboliger	2	150	190	240	70	90	110
Butikker og varehus							
Uten matvarer							
Nye	3	140	160	180	40	50	60
Eksisterende	3	160	200	240	50	60	70
Med matvarer							
Nye	3	300	350	400	70	90	110
Eksisterende	3	350	450	550	100	120	140
Daghjem							
Nye	3	90	110	130	35	40	50
Eksisterende	2	110	140	170	40	50	60
Hoteller							
Nye	3	210	240	270	60	70	80
Eksisterende	3	240	280	320	70	80	90
Idrettsbygg							
Nye	3	200	250	300	60	70	80
Eksisterende	2	250	350	450	70	80	90
Kontorbygg							
Nye	3	90	110	130	35	40	50
Eksisterende	2	120	150	180	40	50	60
Laboratoriebygg							
Nye	2	150	200	250	50	60	70
Eksisterende	2	180	230	280	60	70	80

Tabell forts.

III. ENOVA ENØK NORMTALL – FAKTAARK FOR KONTORBYGG

Kontorbygg – fakta ark									
Parameter		Eldre	1987	1997	Parameter		Eldre	1987	1997
Oppvarming					Ventilasjon				
U-vegg	w/m ² k	0,5	0,3	0,22	Driftstid	h/uke	55	55	55
U-vindu	w/m ² k	2,8	2,4	1,6	Luftmengde	m ³ /hm ²	7	8	9
U-tak	w/m ² k	0,4	0,2	0,15	Design romtemp.	°C	21	21	21
U-gulv	w/m ² k	0,4	0,3	0,15	Varmegjenvinner	%	60	60	75
Vindusareal	%	15	15	20	Automatikk	%	98	98	98
Solvarmetilskudd	%	0,60	0,55	0,50	Varmtvann				
Infiltrasjon	h-1	0,30	0,25	0,20	Våtrom	l/m ²	150	150	150
Belysning	w/m ²	16	16	13	Kjøkken	l/m ²	120	120	120
Utstyr	w/m ²	11	11	11	Fordelingsnett	%	98	98	98
Personvarme	w/m ²	4	4	4	Automatikk	%	98	98	98
Romtemperatur	°C	21	21	21	Vifter og pumper				
Fordelingsnett	%	98	98	98	Driftstid	h/uke	55	55	55
Automatikk	%	98	98	98	Vifter	w/m ²	5	6,5	5
Temp.senkning	%	-7	-7	-7	Pumper	w/m ²	0,2	0,2	0,2
Fellesparametre					Pumper, kjøling	w/m ²	1	1	1
FDV / EOS	%	98	98	98	Belysning				
Energiproduksjon	%	100	100	100	Brukstid	h/uke	40	40	40
					Samtidig effekt	w/m ²	16	16	13
					Diverse				
					Brukstid	h/uke	35	35	35
					Samtidig effekt	w/m ²	14	14	14
Bygningsgeometri									
Ytterveggareal	m ²	1.560	1.560	1.440	Oppvarmet areal	2.380 m ²			
Vindusareal	m ²	360	360	480	Netto romhøyde	3,2 m			
Takareal	m ²	396	396	396	Antall etasjer	6			
Gulvareal	m ²	396	396	396	Formfaktor	0,36			
Generelt									
<p>Kontorbygget består av cellekontorer ut mot fasaden og korridor og fellesareal i midten. Det forutsettes ikke garasje eller kjeller under bygningen. Det er i normtallene tatt utgangspunkt i en "standard" rektangulær bygning.</p> <p>Det er forutsatt installert mekanisk komfortkjøling i kontorbygget. Maks. samtidig effektbehov for kjøleanlegget er satt til 15 W/m² for både Eldre, 1987 og 1997 bygg. Dette tilsvarer en maksimal kjøleytelse på ca. 40-50 W/m².</p> <p>Ved beregning av varmtvannsforbruk er det forutsatt ΔT = 30 °C.</p>									

V. ELEKTRISK FORDELINGSANLEGG FOR BYGG A



VI. TEMAER TIL MØTE OM BYGG A

Temaer som skal tas opp med rådgivende ingeniører for bygg A

- **Beregning av ventilasjon:**
- RIV
 - Luftmengder. Hva legges til grunn? Grunnvent og personbelastning etc
 - Avtrekkstemperatur er satt til 21 Celsius. I senere effektberegninger legges romtemp til 22 Celsius.
 - Varmegjenvinning 80 %. Bakgrunnen til denne verdien?
 - Fordeling av antall aggregater
 - Er det gjort noen samtidighetsbetraktninger for ventilasjon?
- RIE
 - Ser det er lagt til grunn 17 W/m² til ventilasjon. Sommert opp effekt for de fire største aggregatene gir 64 kW - ca 7 W/m².
- **Beregning av varme:**
- RIV
 - Lavere tilluftstemp gir høyere radiatoreffekt. Delta = 5 C. I tidlig fase er denne 2 C.
 - Hvorfor sikkerhetsfaktor 20 % i detaljprosjekt?
- **Beregning av kjøling:**
 - Metode benyttet for å beregne dimensjonerende kjølebehov? (programvare etc)
- **Beregning av varmepumpe/kjølemaskin:**
- RIV
 - For beregning av varmepumpe/kjølemaskin er det tatt utgangspunkt i COP=3. Hva er kilden til denne verdien?
- RIE
 - Hvordan beregnes den nødvendige effekten til varmepumpen? Starteffekt (mange start og stopp av kompressorer). Startstrøm kan være 6-8 ganger merkestrøm. Er lagt til grunn 250 kW til kjølemaskin. Dette er nesten den totale varmeeffekten for bygget.
 - Generelt hvordan dimensjoneres effekten til energisentral?

- Flere effektposter som ikke nødvendigvis kjøres samtidig. Gjøres det samtidighetsbetraktninger mellom de ulike systemene for å redusere dimensjonene på byggnivå? Nevnes en samtidighet på 0,9 for hele bygget
- **Energiforsyning på byggnivå.**
- RIE
 - Hvordan er arbeidsflyten i et slikt prosjekt? RIV -> RIE
 - Har solcelleanlegget hatt noen reduserende virkning på nødvendig effekt til bygningen?

Sentrale temaer som tas opp med RIV:

- Metode for beregning av varme og kjølebehov tidlig fase
- Metode for beregning luftmengde tidlig fase
- Hvordan kommuniseres det med RIE underveis?

VII. REFERAT FRA MØTE OM BYGG A

Referat fra møte på Skype med bedrift fra Trondheim 23/03 kl 10.00

Deltakere i møtet:

Rådgiver VVS og energi

Rådgiver elektro for bygg A

Andrei Parfenau

Martin Stene

Tema for møtet var hvordan prosjekteringen for Bygg A ble gjort i tidlig fase av RIE og hvordan dette gjøres helt generelt.

Også tatt opp veien videre i prosjektet, hva som gjenstår og eventuelle personer som må kontaktes.

Prosjektet er et påbygg til tidligere bygningsmasse. Da de eksisterende byggene ble oppført ble det tatt høyde for at tomten senere skulle utvides med flere bygninger. Trafoen som er satt opp til tomten er derfor dimensjonert etter dette. Nevnes ca. 2000 A på eksisterende trafo. De eksisterende byggene er beregnet med en effektbryter på 600 A.

Arbeidsflyten til RIE i dette prosjektet har vært følgende:

1. E-verket kontaktes for å hente ut statistikk over de høyeste effektene de siste 5-6 årene.
2. Informasjon om hva som er installert av transformator på tomten fra før av innhentes hos nettleverandør.
3. Tilgjengelig kapasitet på trafoen til det nye byggetrinnet regnes ut.
4. Generelle ENØK normtall og egne erfaringstall benyttes for å summere opp størrelsen på effektbryteren til bygget. Dette er brukt:
 - Ventilasjon 17 W/m²
 - Teknisk 20 W/m²
 - Belysning 6 W/m²
 - Kjølemaskin 250 kW
 - 9000 m² gir totalt ca. 650 kW * 0,9 samtidighet = 585 kW -> 800 A effektbryter
 - Eventuelle senere korrigeringer på kabler og utstyr når mer utstyr er kjent.

- Entreprenør tar seg av siste dimensjonering når dette detaljeres. Benytter FEBDOK.

Ved rehabiliteringsprosjekter, eller ved påbygg der det er eksisterende transformator tilstede, benyttes omtrent samme fremgangsmetode som i dette prosjektet.

Generelt er det nøkkeltall som brukes for å beregne total effekt. Spesielle tilfeller må man ta hensyn til.

Er lite å spare ved å gå ned i dimensjon på kabler. Ønsker å sikre fremtidig bruk ved for eksempel en endring av leietaker. Levetiden på kabler går ned ved mindre dimensjoner og høyere varmegang i kablene. Man må også sikre at resistansen i kabelen ikke blir for høy. Dette kan gi et for stort spenningsfall til utstyret.

Må sørge for at det er tilgjengelig kapasitet i tidlig fase.

VIII. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 1 OG OM BYGG A

Referat fra møte i Trondheim 20/04 kl 12.00

Deltakere i møtet:

Rådgiver VVS

Rådgiver elektro

Rådgiver elektro

Andrei Parfenau

Martin Stene

Tema for møtet er å høre hvordan disse rådgiverne jobbet med bygning A under prosjekteringen. Det er også et ønske om å gjennomgå hvordan disse rådgiverne generelt jobber med dimensjoneringen av utstyr og hvordan dette gjøres i ulike faser. En befaring av bygget skal gjennomføres etter møtet der hovedtavle, ventilasjon, solcellepaneler, energisentral og SD-anlegg skal gjennomgås.

For bygning A er det i skissefasen brukt erfaringstall for å estimere totalt effektforbruk. Dette er da ganske store nøkkeltall/erfaringstall som ifølge elektro-rådgiverne skal sikre at det er nok kapasitet tilgjengelig. Det sto allerede en transformator på tomten fra før som er estimert til å være på 2000A. Som i tidligere Skype-møte med den ene rådgiveren er beregninger gjort ut i fra hva som er tilgjengelig av kapasitet. De eksisterende byggetrinnene er dimensjonert med en effektbryter på 600A. Det siste byggetrinnet er installert med en effekt på 800A. Dette gir en veldig romslig tilgang på strøm.

Det var en del usikkerhet ift hva som skulle inn i det nye bygget. Man har derfor sørget for at det er kapasitet nok ut fra hva som ligger tilgjengelig fra før. Rådgiverne påpeker at det er langt rimeligere å legge stor kapasitet fra begynnelsen så man er sikker, enn å underdimensjonere slik at eier ikke har nok strøm tilgjengelig. Kostnaden på anlegget er uansett avklart med byggherre.

For VVS-rådgiveren er det også nøkkeltall som er brukt i den tidlige fasen av prosjektet. Også her pekes det på at man vet alt for lite om bygget til å nøyaktig kunne si hva som er nødvendig kapasitet. Man har estimert romslige tall slik at man er sikker på at man ikke har for liten kapasitet. Her brukes det tall fra erfaring ut fra bygningskategori. Dette er eksempelvis en viss luftmengde eller et effektbehov til oppvarming. I forprosjektet visste man litt mer om bygget og da brukes det simuleringsmodeller fra Simien. Dette er det programmet rådgiveren vanligvis bruker. Videre i detaljfasen er hvert rom beregnet med varmetapsmetode. Det er ikke tatt utgangspunkt i NS 12831, men det er brukt et eget excel-ark som beregner transmisjonstap og ventilasjonstap på romnivå tilsvarende som standarden.

Generelt for alle prosjekter forteller rådgiverne at de bruker erfaringstall og nøkkeltall i den fasen som dimensjonen til transformator skal meldes inn. Det er sjelden kommunikasjonen er veldig tett mellom elektro og VVS. Dette er som regel ved spesielle tilfeller, at det for eksempel planlegges et varmeanlegg med en stor elektrisk effekt fra el.-kjøl. VVS-rådgiveren sier at dette da bør avklares med elektro. For VVS er det viktig i skissefase å få fram konseptene for anleggene som skal installeres. Det nevnes at det ofte må brukes grove antagelser fordi bygningen kan forandre seg i stor grad fra skisse og videre til de mer detaljerte fasene.

For videre arbeid i forprosjekt og detaljprosjekt er det mye som tas over av entreprenøren, litt avhengig av hva slags entrepris det er. Rådgiveren har da på et tidlig stadium sørget for at det er nok effekt tilgjengelig slik at entreprenøren kan installere det de har planlagt. Tilstrekkelig installert effekt sikrer fremtidig bruk av bygget og vil ikke påføre prosjektet noen vesentlig stor kostnad.

Den ene elektro-rådgiveren nevner også at det kan være vanskelig å tolke hva som trengs av effekt til VVS. Man er som regel ikke kjent med fagområdet og vet ikke helt hvordan de termiske effektene påvirker de elektriske. Man sitter da kanskje med bunke med ulike kjølemaskiner som er aktuelle og må fra dette estimere hva som trengs av elektrisk kapasitet. Ikke før en entreprenør velger utstyret som skal installeres kjenner man til hvilken effekt som er nødvendig, og da bør man være sikker på at det er tilstrekkelig kapasitet til dette uansett hva de velger. Det nevnes også at det har skjedd at VVS melder termiske effekter direkte til elektro.

Generelt for rådgiverne nevnes det at det er viktig å sikre seg mot risiko for underdimensjonering. Anlegget skal tåle fremtidige endringer og sørge for at det er komfortabelt for de som bruker bygget.

Under befaringen ble det vist hvilken belastning bygget hadde totalt på hovedtavlen. Denne lå da med belastning på omkring 200A av 800A som er installert. Dette var da ca. kl 1400 på en fredag. I SD-anlegget kunne man se at kjølemaskinen kjørte på omkring 50% ved en utetemperatur på 10 grader. SD-anlegget gir mulighet for å styre lys, luftmengde og temperatur helt ned på romnivå.

IX. UTDRAG FRA E-POSTUTVEKSLING MED RIE PÅ BYGG A

Hei.

Her kommer underlagene som jeg kan finne. Som du vil se så er effektberegning for slike bygg ofte veldig generelle. Hvordan samtidighet spiller inn og hva slags utstyr som ender opp med å installeres er ofte veldig forskjellig fra de prosjekterte verdiene. Samtidig er det viktig å ta høyde for effekttopper slik at man ikke får overraskelser på den kanten.

Effektmessig er det lagt til grunn:

17 W/m² for Ventilasjon

20 W/m² for Teknisk

6 W/m² for belysning

Så totalt 43W/m². Bygget er ca 9000 m² så det gir et effektbehov på 387 kW.

I tillegg ble det lagt til grunn kjølemaskin på 250kW => 650kW

Med samtidighetsfaktor på 0,9 så gir dette et effektbehov på ca 585 kW som fører til at effektbryter på 800A er installert.

Sammenlignet med den eksisterende bygningsmassen som er nesten 3 ganger så stor så er effektbryteren for den kun satt på 600A, så anslaget for bygg E er rimelig høyt, men det skulle også inn mye labutstyr der, samt kjølemaskina/varmepumpa.

Tallene er veldig generelle, men det er stort sett slik det gjøres. Nå skal det sies at omfanget (.....) ikke var klarlagt på det tidspunktet effektberegningen ble gjort, så det ville redusert noe.

Utfordringen med å kvalitetssikre slike tall er at det finnes veldig få bygg med måleutstyr utover hovedmåler slik at det er vanskelig å si noe eksakt om samtidighet og reelt forbruk. Men det er jo det dere skal se på slik jeg forstår oppgaven, og det er et kjempespennende tema og veldig relevant.

I tillegg til det som ble prosjektert tidlig så kom det også inn bestilling på solcelleanlegg på 75kW så det er også kommet inn.

X. REFERAT FRA MØTE OG BEFARING AV BYGG B

Referat fra møte i Oslo 11/04 kl 13.00

Tilstede:

Rådgivende ingeniør energi

Rådgivende ingeniør VVS

Andrei Parfenau

Martin Stene

Tor Arvid Vik

Agenda er å få litt info om bygget og hva som eventuelt skal gjøres på prosjektene fremover og hva vi trenger av informasjon.

Startet møtet med å fortelle hva prosjektoppgaven går ut på og hva som skal gjøres.

Fikk en PowerPoint-presentasjon om bygningen. Den går igjennom de byggtekniske løsningene, ventilasjon, energiforbruk og EOS.

Oppgis at det generelt er godt overdimensjonert på dette bygget.

All varme tilføres ved hjelp av ventilasjonsanlegget bort sett fra noen små varmeelementer med en spesifikk effekt på 6 W/m².

Bygget klarer seg i stor grad med kun intern varme i store deler av oppvarmingsperioden.

Aktive tilluftsventiler fra Lindinvent med logging slik at man kan se aktivitet på hver enkelt ventil i hele bygget. Samtidigheten kan dermed også logges slik at man har kontroll på denne. På dette bygget er det en samtidighet på 40-50%.

Listes opp hvilke selskaper som jobbet med prosjektering av de ulike fagene.

Listet opp hva som er videre behov.

- Finne kontaktinfo til rådgivere som var med under prosjektering av bygget.
- Finne mer detaljert prosjekterings- og beregningsunderlag
- Finne oversikt over installert effekt på utstyr

Gjennomført en rask befaring på energisentral, ventilasjon og sentral til datarom.

Mye fokus på gjenvinning av varme.

Ventilasjonsaggregater ble noe større enn planlagt. Store aggregater gir lavere hastigheter og bedre SFP og gjenvinningsgrad.

XI. REFERAT FRA MØTE MED PROSJEKTERINGSLEDER VVS OM BYGG B

Referat fra møte i Lillestrøm 04/05 kl 09.00

Tilstede:

Rådgivende ingeniør VVS/prosjekteringsleder bygg B

Andrei Parfenau

Martin Stene

Agenda for møtet er å gå gjennom det som finnes av underlag for bygg B. Dette gjelder spesielt beregning av effekter på teknisk VVS-utstyr. Ta opp hvordan slike beregninger generelt gjøres.

For dette bygget er det en del spesielle løsninger som er brukt. Siden det ikke var noen bygg som hadde tilsvarende løsning for klimatisering og svært få bygg som var like byggeteknisk, var fremgangsmåten for dette bygget noe annerledes. Det er ingen oppvarming med radiatorer eller gulvvarme. All oppvarming og kjøling skjer gjennom ventilasjonen. Dimensjonerende effekt for varmpumpe/kjølemaskin blir derfor effekten basert på temperaturdifferansen i tilluften. Den dimensjonerende effekten er kjølingen. Det er da beregnet en effekt ut fra luftmengde og en temperaturdifferanse på 3,5. Her er det ikke tatt hensyn til varmegjenvinner, så effekten blir ganske overdimensjonert for kjølesesongen. Det er beregnet et kjølebehov på 589 kW. Installert er 2 stk maskiner på 260 kW. Er senere funnet ut at man omtrent kunne klart seg med kun én kjølemaskin. Det er likevel sånn at disse maskinene er installert med 4 kompressortrinn hver, slik at de kan gå på ganske optimal drift ved lavt behov.

Det er også beregnet et kjølebehov for datarom/serverrom. Denne kommer i tillegg til de to hovedmaskinene. Det er beregnet en effekt på ca 50 kW, men installert 72 kW. Det er erfart fra befaringsat varmen fra datarom gjenvinnes, men dette kommer ikke frem i beregningsunderlaget og er ikke tatt hensyn til i forhold til effektbehovet for oppvarming.

Det er i tidlig fase tatt utgangspunkt i en luftmengde $10 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ og en virkningsgrad på gjenvinner på 85 % med en VAV-luftmengde på 70% av maks (130 000), dvs $91\,000 \text{ m}^3/\text{h}$.

For dette prosjektet var det allerede installert en transformator på tomten til nabobygget som bygg B koblet seg på. Det fikk tildelt en maks effekt på 220 kW. Denne effekten blir da ganske styrende for prosjektet. Det er allikevel installert en el.-kjel med en effekt på 225 kW. Denne vil da ikke gå samtidig med varmpumpen, men skal kunne slå inn ved utetemperaturer lavere enn -15 grader.

For varmebatteri er det beregnet en nødvendig effekt på 191 kW ved en luftmengde på $91\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Her er det tatt hensyn til varmetap på 15%. Det er i tillegg lokal varme fra fancoiler i kantinen. Disse brukes både til varme og til kjøling. Det er tatt utgangspunkt i at kantinen er det kritiske rommet.

For dette bygget er det følgende effekter fra underlag:

Beregnet	Installert
<ul style="list-style-type: none"> • 190 kW varmebatteri • 589 kW varmepumper/kjølemaskin • 30,5 kW snøsmelteanlegg • 6,9kW, 5,3kW, 4,2kW Aerotemp kantine • Ca. 50 kW kjølemaskin datarom • 	<ul style="list-style-type: none"> • 190 kW varmebatteri • 2 * 260 kW varmepumper • 30,5 kW snøsmelteanlegg • 3*7 kW fancoil/aerotempere • 72 kW kjølemaskin datarom •

XII. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 1

Referat fra møte i Oslo 02/05 kl 09.00

Tilstede:

Rådgivende ingeniør elektro

Rådgivende ingeniør automasjon

Rådgivende ingeniør VVS og energi

Andrei Parfenau

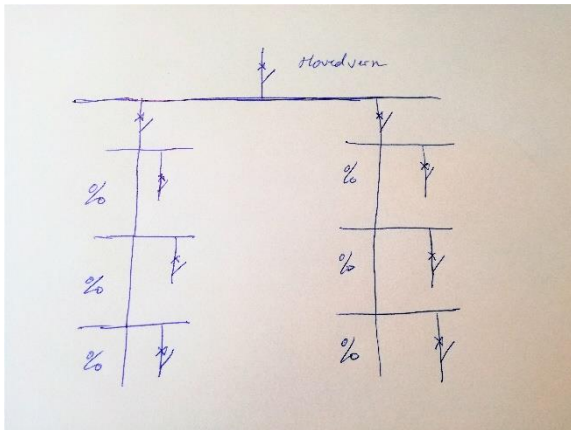
Martin Stene

Tema for møtet er å ta opp problemstillinger rundt prosjektoppgaven og få noen innspill fra rådgivere med utgangspunkt i noen eksempler på prosjekter. Få presentert hvordan effektdimensjoneringer til bygninger gjøres i praksis.

Møtet starter med å presentere prosjektoppgaven.

For både rådgiver automasjon og elektro nevnes det at det brukes nøkkeltall og erfaringstall som utgangspunkt for innmelding av effektbehov til nettleverandør. Det tas som regel utgangspunkt i Enova ENØK normtall eller egne tall som rådgiverne er vant med å bruke fra andre prosjekter. Dette er da som regel 50 W/m² for kontorbygg. Det er også vanlig å bruke 500 W per kontorpult. Er det kommet beskjed fra VVS om at det benyttes el. kjel legges denne til. Det er også vanlig med et sikkerhetspåslag på toppen av disse verdiene for fremtidig bruk, altså at bygget endrer bruk og behov. Dette påslaget er eksempelvis på 30 %. Det presiseres at i tidlig fase er det kjerne overslagstall som brukes og man vil helst unngå at kapasiteten blir for liten. For liten kapasitet medfører en stor ekstra kostnad og er ikke noe en rådgiver ønsker å stå ansvarlig for. Ifølge rådgiver automasjon har effektbehovet vært ganske stabilt i mange år og at 50 W/m² er noe som har vært brukt i lang tid. Det hender også ofte at kunden selv stiller krav til effekt på stikk og diverse utstyr.

For rådgiver elektro nevnes det at montørene og entreprenørene er langt tøffere når det kommer til å strupe kapasiteten. De legger ofte inn ganske lave samtidigheter i sine beregninger. Dette er ikke noe som en rådgiver gjør på byggnivå. Der brukes som regel ganske høye samtidigheter. Noe som også er viktig å tenke på, ifølge elektro-rådgiveren, er «samlagringen». Altså hvordan belastningen fordeler seg på hver kurs og på hver bryter. Skissert representasjon under:



Man har for lite informasjon om samtidigheter. Er et ønske om at selskapet skal følge opp sine egne prosjekter videre for å samle opp en statistikk som de kan bruke og lære av sine tidligere prosjekter.

Rådgiver elektro hadde også noen referanseprosjekter som ble tatt opp. Blant annet et leilighetskompleks som var dimensjonert for 3 kW per leilighet. Dette er veldig lavt og er dimensjonert av installatører. Bygget skal følges opp for å se hvordan det går videre.

Fått en liste med personer som er verdt å kontakte. Dette er personer som jobber med elkraft eller som jobber hos nettleverandører.

Et referanseprosjekt nevnes av en kollega til de som har deltatt på møtet. I det nevnte prosjektet ble det ikke brukt ENØK normtall, men andre tall som var beregnet mer i detalj. Ved å benytte Enova ENØK normtall ble effektbehovet til bygget lavere.

XIII. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 2

Referat fra møte i Oslo 09/04 kl 09.00

Tilstede:

Martin Stene

Andrei Parfenau

Rådgivende ingeniør VVS

Agenda for møtet er å se på hvordan denne rådgiveren generelt prosjekterer VVS-anlegg og finne ut hvilke synspunkter personen har om overdimensjonering av effekter.

Man starter et prosjekt i skissefasen ved å estimere hva som skal være med i bygningen og få med en slags funksjonsbeskrivelse. Hva som gjøres av rådgiverne på dette tidspunktet er litt avhengig av hva slags entreprise det er snakk om. På grunn av liten informasjon om bygget og som regel veldig få timer estimert gjør at det som regel brukes nøkkeltall og erfaringstall som legger et generelt grunnlag for estimering effektbehov til teknisk anlegg. Dette kan for eksempel være Kontorbygg -> 10-12 m³/hm² osv. Det gjøres ingen detaljerte beregninger som tar mye tid på dette tidspunktet, for eksempel beregninger på romnivå og liknende. Nevnes at tilsvarende gjøres hos elektro. Beslutninger gjøres om hva slags utstyr som skal brukes. Sekvensiell oppstart av utstyr. Skal det for eksempel være en el.-kjel og hvilken dekningsgrad skal denne ha? Er det luft/vann varmpumpe må kanskje el.-kjelen ha 100% dekning ved DUT. Dette krever en veldig høy elektrisk effekt. Dette gir føringer for effektbruk.

Etter disse beslutningene er tatt meldes maks effektforbruk til nettleverandør som undersøker om infrastrukturen som trengs ligger tilgjengelig. Dette gjelder også for andre ting som vann, kloakk og annet.

Fra skissefase og forprosjektering går man videre over til detaljfase. Da beregnes effektbehovbehov på romnivå og nøyere analyser gjennomføres. Her er det viktig å sørge for at det alltid er nok kapasitet fra varmekilder i rommet tilgjengelig. I denne fasen er det også mulig å melde inn nytt effektbehov til nettleverandør hvis man ser at det avviker mye fra det som først er antatt. Men det er også viktig å ta høyde for at endringer kan oppstå underveis og nye behov kan dukke opp. Har kan det være endringer som får stor betydning for hvilken effekt man trenger.

Det vil hele tiden være en avveining mellom kostnad og risikoen for underdimensjonering. Ønsker man å risikere at en person må sitte og fryse fordi man skulle holde igjen? Ønsker man den diskusjonen med byggherre og eier?

Er dette overdimensjonering eller er det tilstrekkelig kapasitet?

Rådgiveren etterlyser også en del tverrfaglig kunnskap. RIV har veldig liten forutsetning for å kunne si hva som er korrekt dimensjon på et elektrisk anlegg. Hvilken effekt et aggregat eller en varmpumpe

trekker vil man ikke vite mer sikkert før litt senere i prosessen. Tettere samarbeid mellom elektro og VVS kan være fornuftig siden disse fagene henger tett sammen og det ene er egentlig veldig førende for det andre.

Rådgiveren nevner et typisk eksempel på det som kan kalles overdimensjonering: Undervisningsbygg krever SFP under 1,5, 85 % gjenvinning og aggregater med dekning på 115% av dimensjonert. Liten andel av denne kapasiteten utnyttes. Ut fra dette får man langt større aggregater enn det man har behov for, men krav om lav SFP og varmegjenvinningsgrad gjør at aggregatene blir store. Denne overdimensjoneringen fører til at energiforbruket går ned. Balansepunkt i forhold til driftspunkt på vifte. For stort aggregat skaper driftsproblemer med for lav hastighet på vifte.

En annen viktig ting som påpekes er det at vi i Norge har klima som varierer stort. I Oslo er det temperaturvariasjoner på rundt 40 grader i løpet av et år. Det er vanskelig å få et anlegg til å operere optimalt ved alle utetemperaturer. Et anlegg som skal fungere like godt ved 5-10 grader som ved -20 grader. Hvis anlegget har dekning for -20 grader, men sjelden driftes ved temperaturer lavere enn -5, er det da overdimensjonert? Man har da ihvertfall tilstrekkelig kapasitet for en utetemp på -20.

Det påpekes også at det veldig ofte er alt for lite tid estimert til prosjektering i byggeprosjekter. Dette gjør at man får alt for lite tid til å kunne optimalisere anleggene. Bransjen er sterkt preget av korte tidsfrister som kan føre til at raske avgjørelser må tas. Hadde utbyggere vært villig til å bruke flere kroner på prosjektering ville man fått tid til å lage bedre anlegg og kunne kanskje flyttet noe av kostnaden fra tekniske anlegg.

XIV. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 3

Referat fra møte på Skype med bedrift fra Oslo 25/04 kl 14.30

Tilstede:

Rådgivende ingeniør elektro/el.kraft

Martin Stene

Agenda for møte er å presentere prosjektoppgaven og belyse en del problematikken rundt temaet effektdimensjonering. Få litt opplysninger om hvordan denne rådgiveren jobber.

Rådgiveren henviser til en del eksempler på prosjekter der det er fulgt opp effekt og energiforbruk lenge etter oppføring.

Nevner at det er stor forskjell på hvordan en elektroinstallatør og en rådgiver beregner effekter og samtidigheter. En rådgiver tør sjelden å bruke lav samtidighet. Risikoen for å underdimensjonere for bygget er tilstede. Dette kan påføre kunden en veldig stor ekstra kostnad. Elektromontørene er langt tøffere når det kommer til bruk av samtidighet. Nevner et prosjekt med 100 leiligheter der montørene har beregnet samtidigheter helt ned i 0,2-0,3. Dette har gått helt fint i etterkant.

Montørene har egne manualer og håndbøker for installasjon. Normguiden henviser til NEK400. Har også en håndbok som beskriver nærmere bruk av samtidighet. Noe tilsvarende eksisterer ikke for rådgivere.

Forteller at utdaterte ENØK normtall fortsatt brukes i stor utstrekning. Disse tallene fra Enova gjelder bygninger fra 1987 og 1997. Det er ingen andre normtall for effekter som er publisert i etterkant. Andre tall som eventuelt brukes er egne erfaringstall. Disse tallene kan da være alt fra "hva man alltid har brukt" til erfaringer fra andre tilsvarende prosjekter.

Konsekvens av for stor leveringstransformator kan være det at kortslutningsstrømmene blir langt større enn hvis man hadde valgt en mindre dimensjon. Dette påvirker effektbrytere i systemet og gjør at det kan være vanskelig å kontrollere selektiviteten til bryterne. Dette gjør at en stor kortslutningsstrøm potensielt kan slå ut energiforsyningen til hele bygningen. En mindre transformator gir dermed langt rimeligere sikringsutstyr i bygningen.

Blir enige om å få til et møte til med flere personer for å se på noen eksempler og referansebygg.

XV. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 4

Referat fra møte i Sandvika 08/05 kl 10.00

Tilstede:

Rådgivende ingeniør VVS

Andrei Parfenau

Martin Stene

Agenda for møtet er å snakke om hvordan denne rådgiveren generelt prosjekterer og dimensjonerer i tidlig fase og detaljfase.

Denne rådgiveren benytter egenutviklede regneark for å gjøre dimensjonerer i tidlig fase. Effektene som er lagt inn der er sortert etter bygningstype og alder etter teknisk forskrift. For TEK87 og TEK97 er tallene hentet fra Enova ENØK normtall. De senere tallene er egne estimater for TEK10, TEK17, lavenergi og passivhus. For beregning av elektriske effekter er det ifølge denne rådgiveren kun elektro som står for disse. RIE bruker sine egne tall for å dimensjonere effekter. Fra utarbeidelse etter regnearket er det også vanlig å legge til noen påslag for sikkerhet. Denne bedriften har også utviklet sin egen veileder for beregning av effekter som alle følger. Det kan være vanskelig å melde de nøyaktige effektene som er nødvendig siden energikilde og energisystem ofte ikke er endelig bestemt. Anbefalinger som denne rådgiveren har er at om det skal benyttes luft/vann varmpumpe bør man dimensjonere elektrisk effekt etter 100% varmebehov for denne pumpen ved laveste temperatur. For bergvarmpumpe vil denne som regel kunne kjøre hele året med ganske konstante temperaturforhold og fornuftig verdi vil være å dimensjonere el effekt etter halvparten av varmeeffekten til varmpumpen. Det er uansett vanlig å beregne effektbehov ved å se på bygget som 100% oppvarmet av elektrisitet.

Det er viktig at anlegget ikke dimensjoneres for lite. Det skal helst være litt overdimensjonert. For mye overdimensjonert kan likevel bli problematisk for VVS. Påvirker drift og energibruk.

Videre ut i forprosjektfase brukes som regel Simien eller liknende for å gjøre beregninger. Dette gjøres som regel av energirådgivere. Det er som oftest de samme energirådgiverne som jobber med prosjektet hele veien. For VVS skjer det oftere at ulike personer jobber i de forskjellige fasene. Rådgiveren påpeker en del svakheter ved å bruke Simien til å direkte dimensjonere anlegget. Mange bruker nattsinking slik at man får en stort behov i begynnelsen av en driftsperiode. Den toppen som Simien fremstiller er ikke realistisk i virkelige situasjoner. Oppvarmingstiden som Simien bruker er også veldig kort, rundt 15 minutter, slik at en ekstra stor effekt er nødvendig. Nattsinking bør ikke brukes til dimensjonering. I forhold til bruk av Simien kan det også gå andre veien siden de interne lastene som hentes fra NS 3031 i de fleste tilfeller er alt for høye. Dette vil påvirke den nødvendige effekten i

reelle situasjoner ved eksempelvis DUT. De interne lastene tar dårlig hensyn til faktisk tilstedeværelse gjennom dagen.

Videre inn i detaljeringsfasen regnes det på romnivå med transmisjonstap og ventilasjonstap.

I forhold til kunnskapsoverføring fra andre prosjekter mener rådgiveren at det burde være uproblematisk å kunne hente ut effekter for tidligere prosjekter slik at man opparbeider seg en statistikk for moderne bygg. Men dette gjør man sjelden i praksis. Man opparbeider seg noen nøkkeltall som videreføres mellom prosjekter og som fungerer fint for videre beregninger.

En ny standard skal visst nok være under arbeid som skal se på beregninger av effekter.

XVI. REFERAT FRA MØTE MED BEDRIFT 5

Referat fra møte på Skype med bedrift fra Fredrikstad 14/05 kl 13.00

Tilstede:

Rådgivende ingeniør elektro/elkraft

Andrei Parfenau

Martin Stene

Agenda for møtet er å undersøke hvordan denne rådgiveren generelt dimensjonerer effekter.

Denne rådgiveren jobber mye med pumpestasjoner, renseanlegg og liknende. Har mest erfaring fra dette.

Et prosjekt starter med at det lages et grovt effektbudsjett. Dette skjer gjerne i forbindelse med forprosjekt. Her er egne erfaringstall og spesielt enova enøk normtall mye brukt. Fins ingen nyere normtall tilgjengelig. Disse effektene meldes inn til nettleverandør for å undersøke om det er tilgjengelig infrastruktur og forberede nettleverandør på hva som er fremtidig behov for kapasitet i området og om det er behov for å bygge ut. Oppdager man store endringer av effektbehov etter, meldes dette inn.

Videre i detaljfasen listes det opp alt utstyr som skal inn i bygningen og hva den totale effekten blir. Ut fra dette prøve man å finne ut hva som skal brukes samtidig for å beregne en ca. samtidig effekt. Dette er noe som kan være vanskelig i eksempelvis kontorbygg. Her er det vanskelig å få det komplette bildet av hva som faktisk kommer til å brukes samtidig. Beregninger av samtidigheter kan også være vanskelig å si noe om ettersom fordelingen kan variere mellom ulike bygninger. Rådgiveren pleier som regel å melde inn både total installert effekt og samtidig effekt med et sikkerhetspåslag til nettleverandør. Påslaget er gjerne 10-15%. Effektene meldes som regel inn av autorisert installatør. Dette står også spesifisert på nettsidene til norgesnett, som rådgiveren gir et eksempel på. Dette er som regel leverandøren i Fredrikstad, der selskapet holder til.

Det er som regel ganske lite kommunikasjon mellom VVS og elektro i disse prosjektene. Hvordan kontakten er varierer stort fra rådgiver til rådgiver. Som regel har ikke VVS noe forhold til elektriske effekter, men det finnes en del rådgivere som er flinke til å melde effekter på sitt utstyr. Disse rådgiverne er gjerne spesielt interesserte i nettopp dette. Ifølge elektro-rådgiveren er dette å foretrekke. En rådgiver innen elektro har heller ikke spesielt god kjennskap til hvordan varmebehov osv. påvirker elektriske effekter.

Rådgiveren blir spurt om hvordan kunnskapsoverføringen er videre fra tidligere prosjekter. Det samme gjelder for oppfølging av effekttopper for tidligere prosjekter som for el effekt og VVS-rådgivere. Det er generelt for spesielt interesserte rådgivere å følge opp sine tidligere prosjekter. Man ønsker helst å bruke arbeidstiden på fakturerbare timer. Oppfølging må da som regel gjøres utenfor vanlige

arbeidstider og det sikkert gjøres en del avklaringer for å få de hentet inn. Rådgiveren sier at det likevel ikke burde være noe problem å gjøre dette. Det installeres EOS-systemer i de fleste bygg og nettleverandør har som regel timesverdier for effekter til bygningen. Det kunne eksempelvis være en god ide å hente verdier for ett og for tre eller fem år. Kunnskap om dette kunne man brukt videre i senere prosjekter i stedet for at man skal vente på at enova skal utvikle nye normtall tilpasset TEK10 og TEK17.

Det bygges som regel ut trafostasjoner av nettleverandør når det er nødvendig. Krever kunde mer kapasitet legges det til et anleggsbidrag. Dette anleggsbidraget må betales i sin helhet av de kundene som skal nytte seg til transformatoren.

Det er en tendens at det nå skal tilbake til den gamle effekttariffen fra 70- eller 80-tallet, der man gjerne hadde et effekttak, for eksempel 3 kW, og hvis man oversteg dette måtte betale et gebyr for overskytende verdi. Dette er tilsvarende som for mobilabonnement nå. Det er effekter som koster penger i prosjekter og for nettleverandør.

