

# Rapport – Fase 1

## Energibruk i sykehus, status over energikrevende funksjonskrav og faktisk forbruk knyttet til bygg og utstyr og muligheter for energieffektivisering

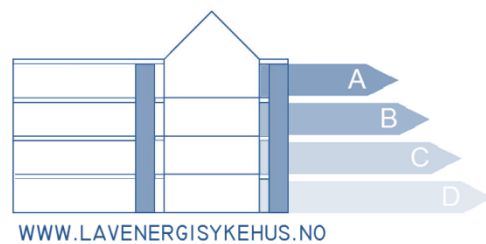
Fra 1ste fase av prosjektet Halvering av energibruken i sykehus finansiert av Norges forskningsråd i samarbeid med prosjektets partnere

### Forfattere:

Robert Martinez<sup>1</sup>, Tarald Rohde<sup>2</sup>, Kåre Kallmyr<sup>1</sup>, Dag Horne<sup>1</sup>, Nina Høstvang Melby<sup>1</sup> og Jon Vårdal<sup>1</sup>, Sidsel Jerkø<sup>2</sup>, Trond Thorgeir Harsem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Norconsult AS, <sup>2</sup> SINTEF

**Dato:** 2011-11-21



[WWW.LAVENERGISYKEHUS.NO](http://WWW.LAVENERGISYKEHUS.NO)

# Rapport

## Energibruk i sykehus, status over energikrevende funksjonskrav og faktisk forbruk knyttet til bygg og utstyr og muligheter for energieffektivisering

Fra 1ste fase av prosjektet Halvering av energibruken i sykehus finansiert av Norges forskningsråd i samarbeid med prosjektets partnere

EMNEORD:  
Sykehus  
Energi  
Funksjon  
Reduksjon

**VERSJON**  
1,2

**DATO**  
2011-11-21

---

**FORFATTER(E)**

Robert Martinez<sup>1</sup>, Tarald Rohde<sup>2</sup>, Kåre Kallmyr<sup>1</sup>, Dag Horne<sup>1</sup>, Nina Høstvang Melby<sup>1</sup> og Jon Vårdal<sup>1</sup>, Sidsel Jerkø<sup>2</sup>, Trond Thorgeir Harsem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Norconsult AS, <sup>2</sup> SINTEF

---

**OPPDRAKSGIVER(E)**  
Norges Forskningsråd

**OPPDRAKSGIVERS REF.**  
200556/S60

---

**PROSJEKTNR**  
NO-5100572

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
143 inkl. vedlegg

---

**SAMMENDRAG**

Fase 1 av innovasjonsprosjektet har kartlagt energirelevante design og krav til nyere sykehus prosjekter i Norge og internasjonalt.

---

**UTARBEIDET AV**  
Robert Martinez

---

**KONTROLLERT AV**  
Tarald Rohde

---

**GODKJENT AV**  
Trond Thorgeir Harsem

---

**GRADERING**  
Åpen

# Innholdsfortegnelse

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>0 INNOVASJONSPROSJEKT - INTRODUKSJON</b>                              | <b>10</b> |
| 0.1 Bakgrunn for prosjektet                                              | 10        |
| 0.2 Hvorfor sykehus, målsetting for prosjektet                           | 10        |
| 0.2.1 Energikostnader, forbruk og intensitet øker                        | 11        |
| 0.2.2 Fokus på energi- og miljøsertifisering                             | 12        |
| 0.2.3 Fokus på nye sykehus                                               | 13        |
| 0.3 Energidefinisjoner og nøkkeltall                                     | 13        |
| 0.3.1 Energi - basisdefinisjoner                                         | 13        |
| 0.3.2 Energiposter                                                       | 13        |
| 0.3.3 Energimålsetninger                                                 | 14        |
| 0.3.4 Fornybarhet og valg av energikilder                                | 15        |
| <b>1 DELPROSJEKT 1 - FUNKSJONSPANLEGGING</b>                             | <b>16</b> |
| 1.1 Det sammensatte sykehuset                                            | 16        |
| 1.2 Sykehusplanlegging                                                   | 16        |
| 1.3 Felles krav til planlegging                                          | 17        |
| 1.4 Tekniske krav                                                        | 18        |
| 1.4.1 Krav til luftbehandling                                            | 18        |
| 1.4.2 Krav til medisinsk teknisk utstyr og annet sykehusspesifikt utstyr | 19        |
| 1.4.3 Krav til belysning                                                 | 19        |
| 1.5 Kravenes forankring i lover forskrifter og veiledninger              | 20        |
| 1.5.1 Lovbestemte krav                                                   | 20        |
| 1.5.2 Forskrifter                                                        | 20        |
| 1.5.3 Veiledere                                                          | 21        |
| 1.6 Norske og internasjonale standarder for tekniske systemer            | 23        |
| 1.7 Statistikk - energiforbruk per bygningstype og sykehustype           | 23        |
| 1.8 Statistikk - brukstid                                                | 24        |
| 1.8.1 Statistikk – tekniske systemer                                     | 25        |
| 1.9 Sykehusfunksjoner – klassifikasjon av funksjon og delfunksjon        | 25        |
| 1.10 Sykehusfunksjoner - fordeling av energibehov og brukstid            | 26        |
| 1.11 Data innsamling - energiforbruk etter sykehusfunksjon               | 26        |
| 1.12 Delfunksjoner og energisignaturer                                   | 27        |
| 1.13 Statistikk – energiforbruk internasjonalt                           | 29        |
| 1.13.1 Sverige                                                           | 29        |
| 1.13.2 UK                                                                | 30        |
| 1.13.3 Europeiske studier                                                | 30        |
| 1.14 Energiforbruk - data fra referansesykehus                           | 32        |
| 1.14.1 Ventilasjonsvarme                                                 | 32        |

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.14.2   | Romoppvarming (radiatorvarme) og høytemperatur varme (OP)      | 33        |
| 1.14.3   | Varmtvann                                                      | 33        |
| 1.14.4   | Kjøling                                                        | 33        |
| 1.14.5   | Elektrisitet                                                   | 34        |
| 1.14.6   | Elektrisitet til belysning                                     | 34        |
| 1.14.7   | Elektrisitet til luftbehandling og pumpedrift                  | 34        |
| 1.14.8   | Elektrisitet til sykehusspesifikt utstyr                       | 34        |
| 1.15     | Resultater – oppsummering                                      | 36        |
| 1.16     | Resultater - potensialet for behovsstyring - sesongvariasjoner | 36        |
| 1.17     | Resultater - potensialet for behovsstyring - døgnvariasjoner   | 37        |
| 1.18     | Resultater - potensialet for behovsstyring - ukevariasjoner    | 38        |
| <b>2</b> | <b>DELPROSJEKT 2: BYGG</b>                                     | <b>39</b> |
| 2.1      | Passive bygningsmessige tiltak                                 | 39        |
| 2.1.1    | Utfordringer for bygningsmessige tiltak                        | 39        |
| 2.1.2    | Ytre form                                                      | 39        |
| 2.1.3    | Ytre form og glassgårder                                       | 41        |
| 2.1.4    | Ytre form og bærekraftig energiproduksjon                      | 41        |
| 2.2      | Yttervegger – konstruksjoner                                   | 43        |
| 2.3      | Vinduer og glass                                               | 44        |
| 2.4      | Varmelagring                                                   | 44        |
| 2.5      | Tak                                                            | 45        |
| <b>3</b> | <b>DELPROSJEKT 3 - SYKEHUS-SPESIFIKT UTSTYR</b>                | <b>46</b> |
| 3.1      | Generelt                                                       | 46        |
| 3.2      | Tungt bildediagnostikk utstyr                                  | 47        |
| 3.3      | Mindre bildediagnostikk utstyr                                 | 47        |
| 3.4      | Oppsummering og konklusjoner                                   | 47        |
| 3.5      | Resultater av energimålinger - sykehus spesifikt utstyr        | 48        |
| 3.5.4    | Tungt sykehusspesifikt utstyr                                  | 48        |
| 3.5.5    | Kommentarer til ovenstående logger på tungt utstyr             | 52        |
| 3.6      | Lav effekt sykehusspesifikt utstyr                             | 52        |
| <b>4</b> | <b>DELPROSJEKT 4 – TEKNISKE SYSTEMER</b>                       | <b>55</b> |
| 4.1      | Generelt                                                       | 55        |
| 4.2      | Ventilasjon og luftbehandling                                  | 55        |
| 4.2.1    | CEN                                                            | 56        |
| 4.2.2    | DIN                                                            | 56        |
| 4.2.3    | HTM                                                            | 56        |
| 4.2.4    | ASHRAE                                                         | 57        |
| 4.2.5    | Funksjonskravene i overordnet teknisk program (OTP)            | 58        |
| 4.3      | Belysning                                                      | 59        |
| 4.3.1    | Generelle krav til lys i rom                                   | 59        |

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.2    | Energieffektiv belysning med menneskelig fokus .....          | 59        |
| 4.3.3    | Lystekniske begrep .....                                      | 60        |
| 4.3.4    | Krav og anbefalinger.....                                     | 60        |
| 4.3.5    | Lysstyring .....                                              | 62        |
| 4.3.6    | Energieffektive lyskilder.....                                | 63        |
| 4.3.7    | Armaturteknikk.....                                           | 68        |
| 4.3.8    | Belysningsprinsipper.....                                     | 69        |
|          | Allmennbelysning og Funksjonsspesifikk belysning .....        | 69        |
|          | Lysets retning.....                                           | 69        |
|          | Overflater .....                                              | 69        |
|          | Dynamikk .....                                                | 69        |
| 4.3.9    | Belysning - anbefalte løsninger .....                         | 70        |
|          | Pasientrom .....                                              | 70        |
|          | Behandlingsrom.....                                           | 71        |
|          | Dialyserom, fysioterapi, treningsrom .....                    | 71        |
|          | Undersøkelse, ultralyd og gipsrom .....                       | 72        |
|          | Ultralyd og røntgenrom.....                                   | 73        |
|          | Operasjon .....                                               | 74        |
|          | Laboratorie.....                                              | 75        |
|          | Kontor 75                                                     |           |
|          | Møterom .....                                                 | 77        |
|          | Enkelt kjøkken og kantine.....                                | 77        |
|          | Korridor 78                                                   |           |
|          | Stue, pauserom og venterom .....                              | 78        |
|          | Undervisningsrom .....                                        | 79        |
|          | Skyllerom og bad .....                                        | 80        |
| <b>5</b> | <b>DELPROSJEKT 5 - SYSTEMLØSNINGER I SYKEHUS.....</b>         | <b>81</b> |
| 5.1      | Tekniske løsninger .....                                      | 81        |
| 5.2      | Teknisk integrasjon .....                                     | 81        |
| 5.3      | Tekniske systemløsninger .....                                | 82        |
| 5.4      | Oppsummering og konklusjoner .....                            | 82        |
| 5.5      | Tekniske systemløsninger - integrert kommunikasjon .....      | 83        |
| 5.5.1    | Busskommunikasjon.....                                        | 83        |
|          | Struktur 86                                                   |           |
| 5.6      | Tekniske systemer – systemløsninger .....                     | 89        |
| 5.6.1    | Systemløsninger - Sanitæranlegg.....                          | 89        |
| 5.6.2    | Varmeanlegg.....                                              | 91        |
| 5.6.3    | Kuldemaskiner – kulde – varmeproduksjon .....                 | 96        |
| 5.6.4    | Ventilasjonsanlegg.....                                       | 97        |
| 5.6.5    | Tekniske systemløsninger - Forskningsplan for neste fase..... | 98        |

|                                                                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6 INNOVASJONSPROSJEKT FASE 1 - KONKLUSJON .....</b>                                                              | <b>99</b>  |
| 6.1 Arbeid for Fase 2 .....                                                                                         | 99         |
| <b>A. Vedlegg - Referanseliste .....</b>                                                                            | <b>100</b> |
| <b>B. Vedlegg: Lover og forskrifter .....</b>                                                                       | <b>101</b> |
| B.1 LOV 1999-07-02 nr 61: Lov om spesialisthelsetjenesten m.m.<br>(spesialisthelsetjenesteloven).....               | 101        |
| B.2 Lov om vern mot smittsomme sykdommer: 1994-08-05 .....                                                          | 101        |
| B.3 FOR 1995-02-16 nr 170: Forskrift om arbeidsplasser og arbeidslokaler .....                                      | 102        |
| B.4 Forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen .....                                                              | 103        |
| B.5 Forskrift om tilvirkning og import av legemidler .....                                                          | 103        |
| B.6 Smittevernloven Veileder .....                                                                                  | 103        |
| B.7 Isoleringsveilederen Smittevern 2004:9 .....                                                                    | 104        |
| B.8 Rundskriv fra Sosialdepartementet 29 juni 1914, Endret ved rundskriv 24 mai 1938 .....                          | 105        |
| B.9 Norsk pasientskadeerstatning .....                                                                              | 105        |
| <b>C. Vedlegg: Liste over lover og forskrifter .....</b>                                                            | <b>105</b> |
| C.1 Lover .....                                                                                                     | 105        |
| C.2 Forskrifter .....                                                                                               | 105        |
| <b>D. Vedlegg: Oversikt over de mest brukte ventilasjonsstandarder og praksis fra noen<br/>norske sykehus .....</b> | <b>106</b> |
| D.1 CEN/TR 16244 VENTILATION FOR HOSPITALS, MARCH 2011 .....                                                        | 106        |
| D.2 DIN 1946-4: 2003 VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector ....                         | 108        |
| D.3 HTM 03-01 Specialised ventilation for healthcare premises, part A, uk doh, nov 2007 .....                       | 109        |
| D.4 ASHRAE HANDBOOK 2007, HVAC APPLICATIONS .....                                                                   | 111        |
| D.5 NORSKE FORSKRIFTER OG STANDARDER .....                                                                          | 114        |
| D.6 Eksempler fra norge.....                                                                                        | 115        |
| STOKMARKNES SYKEHUS, VESTERÅLEN .....                                                                               | 115        |
| NYE KIRKENES SYKEHUS, NKS .....                                                                                     | 121        |
| NYTT ØSTFOLDSYKEHUS .....                                                                                           | 126        |
| NYE AHUS .....                                                                                                      | 129        |
| D.7 Sammenligning mellom standarder og praksis for pasientrom og operasjonsrom .....                                | 133        |
| <b>E. Vedlegg: INSTALLERT EFFEKT PER UTSTYRSKATEGORI .....</b>                                                      | <b>134</b> |

## Figurer og tabeller

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figur 1 Energiutgifter i Helse Sør-Øst (HSØ).....                                                                             | 10 |
| Figur 2 Prosentvis fordeling av eiendomskostnader 2004-2007– Sykehus Innlandet Ref: Sluttrapport del 3 -Bedre helsebygg ..... | 11 |
| Figur 3: Utvikling i energipriser i Norge – Ref: Norconsult, 2011.....                                                        | 12 |
| Figur 4. Kravutvikling for energi til oppvarming.....                                                                         | 12 |
| Figur 5 Energiposter fra NS3031 for bygningsenergi (venstre) v. virksomhetsenergi .....                                       | 14 |
| Figur 6 Utvalgte nye sykehusplaner: energimålsetninger .....                                                                  | 15 |
| Tabell 1 Energimålsetninger, St-Olavs Fase 1 og Fase 2.....                                                                   | 15 |
| Figur 7 Interaksjon mellom krav, bygg, og driftsmønstre i ventilasjon .....                                                   | 18 |
| Tabell 2 Luftskift per time og effekten på fortynning av partikler i rommet.....                                              | 21 |
| Figur 8 Energiintensitet, SSB 2008 .....                                                                                      | 23 |
| Tabell 3 Korrigert spesifikk energiforbruk, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006.....                                       | 23 |
| Figur 9 Korrigert spesifikk energiforbruk per sykehustype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006 .....                       | 24 |
| Figur 10 Brukstil per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006.....                                               | 24 |
| Figur 11 Brukstil per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2008.....                                               | 25 |
| Tabell 4 Prosent oppvarmet areal dekket per energiltak; utdrag per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2008 ..... | 25 |
| Tabell 5 Når på døgnet sykehusareal benyttes ved to større norske sykehus, netto areal .....                                  | 26 |
| Tabell 6 Energisignaturer per sykehusfunksjon, vedlegg 3 fra «Grønt sjukehus» , 2010.....                                     | 27 |
| Figur 12: Grafisk estimat på energisignaturer per sykehusfunksjon .....                                                       | 27 |
| Tabell 7: Energiintensitet per delfunksjon, referansesykehus B, 2010, data fra Energinet.....                                 | 28 |
| Figur 13 Energiinndeling for Södra Älvsborgs Sjukhus - 'Tehuset' (2010), fra sykehusets hjemmesider.....                      | 29 |
| Figur 14 Ny Karolinska Solna - energibehov fra modell.....                                                                    | 29 |
| Figur 15: Energiinndeling for nyere universitetssykehus med akutt-funksjoner og pasienthotell (Ref: UK NHS 2009) .....        | 30 |
| Figur 16 Energiinndeling for mellomstor nytt best-practice sykehus i Cardiff, UK (Ref: Arup 2009) .....                       | 30 |
| Figur 17 Energiforbruk fra Hospilot prosjekt, ECN 2002.....                                                                   | 30 |
| Figur 18 Energiforbruk fra Hospilot prosjekt, ECN 2002.....                                                                   | 31 |
| Figur 19 Energiforbruk i Canadiske sykehus (ECPD 2005) .....                                                                  | 31 |
| Tabell 8 Energiforbruk fra referansesykehus (A), 2010.....                                                                    | 32 |
| Figur 20 Ventilasjonsvarme (kWh), månedlig i referansesykehus A .....                                                         | 33 |
| Figur 21 Kjøleenergi (kWh), månedlig i referansesykehus A .....                                                               | 34 |
| Tabell 9 El-energiforbruk estimert for referansesykehus (A) , 2010 .....                                                      | 34 |
| Figur 22 Effekt (kW) og varmeavgivelse per delfunksjon:.....                                                                  | 35 |
| Figur 23 Effekt (kW) og varmeavgivelse per utstyrsguppe.....                                                                  | 35 |
| Tabell 10 Energiforbruk, ikke-korrigert, for referansesykehusene fra 07.2010-07.2011 (*=2010). .....                          | 36 |
| Figur 24 Elektrisitet (kWh), månedlig i referansesykehus A .....                                                              | 36 |
| Figur 25 Høy-T varme til OP (kWh), månedlig i referansesykehus A .....                                                        | 37 |
| Figur 26 Aktivitetsdata (venstre) og elforbruk over et døgn, referansesykehus B.....                                          | 37 |
| Figur 27 Aktivitetsdata (venstre) over et døgn, referansesykehus B.....                                                       | 38 |
| Figur 28 El- og varmeforbruk over en uke (mandag-søndag), referansesykehus B. ....                                            | 38 |
| Figur 29 Illustrasjonen fra den nevnte LECO-rapporten.....                                                                    | 39 |
| Figur 30 Forholdet mellom oppvarmingsbehov og kjølebehov når energikravet til klimaskallet endres .                           | 40 |
| Figur 31 Varmegjennomgang (U-verdier) i ulike konvensjonelle og avanserte isolasjonsmaterialer. ....                          | 43 |



|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figur 32 Energibruk til PET/CT.....                                                                                                                  | 48  |
| Figur 33 Energibruk til CT.....                                                                                                                      | 49  |
| Tabell 11 Måling av energibruk for CT, mars 2011.....                                                                                                | 49  |
| Figur 34 Energibruk ved angiografi.....                                                                                                              | 50  |
| Figur 35 Energibruk for MRI, maskin 1.....                                                                                                           | 50  |
| Figur 36 Energibruk for MRI, maskin 2.....                                                                                                           | 51  |
| Figur 37 Energibruk for CT, Rikshospitalet.....                                                                                                      | 51  |
| Tabell 12 Målepunkter for CT, Rikshospitalet.....                                                                                                    | 52  |
| Tabell 13 Måleresultatene for tyngre medisinsk teknisk utstyr, energibruk.....                                                                       | 52  |
| Figur 38 Sonevis utnyttelse av dagslysinnfallet.....                                                                                                 | 62  |
| Figur 39 fra Historien om Bellonahuset, presentasjon.....                                                                                            | 63  |
| Figur 40 LCC for alternativ belysning - 1.....                                                                                                       | 65  |
| Figur 41 LCC for alternativ belysning - 2.....                                                                                                       | 66  |
| Figur 42 LCC for alternativ belysning-3.....                                                                                                         | 67  |
| Tabell 14 Sammenligning av kostnad for armaturløsninger.....                                                                                         | 68  |
| Figur 43 Armaturtyper og plassering i badrom.....                                                                                                    | 71  |
| Figur 44 Armaturtype og plassering dialyse.....                                                                                                      | 72  |
| Figur 45 Armatur i ultralyd og gipsrom.....                                                                                                          | 72  |
| Figur 46 Armatur og plassering i ultralyd og røntgenrom.....                                                                                         | 73  |
| Figur 47 Armatur og plassering i operasjonsrom.....                                                                                                  | 74  |
| Figur 48 Armatur og plassering kontor.....                                                                                                           | 75  |
| Figur 49 Belysning av kontor.....                                                                                                                    | 76  |
| Figur 50 Belysning og lysarmatur for møterom.....                                                                                                    | 77  |
| Figur 51 Armatur og belysning kjøkken.....                                                                                                           | 77  |
| Figur 52 Armatur og belysning korridor.....                                                                                                          | 78  |
| Figur 53 Armatur og belysning oppholdsrom.....                                                                                                       | 79  |
| Figur 54 Armatur og belysning undervisningsrom.....                                                                                                  | 79  |
| Figur 55 Armatur og belysning skyllerom og bad.....                                                                                                  | 80  |
| Figur 56 Byggautomasjon - 1.....                                                                                                                     | 84  |
| Figur 57 Byggautomasjon - 2.....                                                                                                                     | 84  |
| Figur 58 Tradisjonell tappevannsløsning.....                                                                                                         | 89  |
| Figur 59 Tappevannsløsning med varmeveksler.....                                                                                                     | 90  |
| Figur 60 Tappevannsløsning med VVC.....                                                                                                              | 90  |
| Figur 61 Tappevannsløsning med usikker fjernvarmeløsning mhp. temperatur.....                                                                        | 91  |
| Figur 62 Tappevannsløsning med usikker fjernvarmeløsning mhp. temperatur med vvc og spesialløsning for «sikker» kaldtvannside for dusjbatterier..... | 91  |
| Figur 63 Ulike typer shuntløsninger.....                                                                                                             | 92  |
| Figur 64 Varmeteknisk løsning ved Rikshospitalet.....                                                                                                | 92  |
| Figur 65 Varmeteknisk løsning ved AHUS.....                                                                                                          | 93  |
| Figur 66 Varmeteknisk løsning ved St.Olavs hospital.....                                                                                             | 94  |
| Figur 67 Varmeteknisk løsning ved St.Olavs hospital – typisk ventilasjonsanlegg.....                                                                 | 95  |
| Figur 68 Varmeteknisk løsning ved Ringerike sykehus hvor returvarmen fra radiatoranlegget benyttes som tur til ventilasjonsbatteriene.....           | 95  |
| Figur 69 Tur- og returtemperatur for anlegget på varmeanlegget på Ringerike sykehus.....                                                             | 96  |
| Figur 70 «Optimal» varme og kuldeproduksjon.....                                                                                                     | 96  |
| Figur 71 Varme / kulde produksjon planlagt på Ringerike sykehus.....                                                                                 | 97  |
| Figur 72 Eksempel på mengderegulert system som tar for seg alle komponenter i et ventilasjonsanlegg.....                                             | 98  |
| Vedleggstabell 1 Uteluftmengder:(utdrag), CEN/TR 16244.....                                                                                          | 107 |
| Vedleggstabell 2 Avtrekksmengder: (utdrag), CEN/TR 16244.....                                                                                        | 108 |
| Vedleggstabell 3 Uteluftmengder: (utdrag).....                                                                                                       | 108 |
| Vedleggstabell 4 Luftvekslinger (utdrag), HTM 03-01.....                                                                                             | 111 |
| Vedleggstabell 5 Luftmengder:(utdrag) Tabell 3.....                                                                                                  | 112 |



|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Vedleggstabell 6 Krav til ventilasjon .....                                                       | 114 |
| Vedleggstabell 7 Sykehus hentet løsninger fra .....                                               | 115 |
| Vedleggstabell 8 Luftmengder .....                                                                | 116 |
| Vedleggstabell 9 Hovedsystem .....                                                                | 118 |
| Vedleggstabell 10 Dimensjoneringseksempler Stokmarknes .....                                      | 120 |
| Vedleggstabell 11 Utdrag fra overordnet teknisk program nye Kirkenes sykehus .....                | 121 |
| Vedleggstabell 12 Systemer og kapasitet for luftbehandling nye Kirkenes sykehus .....             | 124 |
| Vedleggstabell 13 Overordnet teknisk program for nytt Østfoldsykehus .....                        | 126 |
| Vedleggstabell 14 Conference Rotterdam June 6-9 2010:.....                                        | 128 |
| Vedleggstabell 15 Dimensjonering luftmengder Ahus .....                                           | 130 |
| Vedleggstabell 16 Driftstider ventilasjon, 2010, Utdrag .....                                     | 131 |
| Vedleggstabell 17 Sammenligning mellom standardene og praksis norske sykehus, sengerom ....       | 133 |
| Vedleggstabell 18 Sammenligning mellom standardene og praksis norske sykehus, operasjonsrom ..... | 133 |

## 0 INNOVASJONSPROSJEKT - INTRODUKSJON

### 0.1 Bakgrunn for prosjektet

«Halvert energiforbruk i fremtidens sykehus» med det interne prosjektnavnet Lavenergisyrkehus (LES) er et brukerstyrt innovasjonsprosjekt (BIP) støttet av Norges Forskningsråd (NFR). Norconsult AS er prosjektansvarlig. SINTEF er ved siden av Norconsult en leverandør av FoU tjenester til prosjektet. Partnere ellers er Helse Sør Øst RHF, Siemens, SAS prosjekt as, arkitektfirmaet Narud Stokke Wiig (NSW), GK Norge, Norconsult informasjonssystemer og Høgskolen i Oslo. Prosjektet går fra 2dre kvartal 2010 til andre kvartal 2014 og har et brutto budsjett på 24 millioner norske kroner. Halvparten finansieres av NFR og halvparten av prosjektets partnere.

Prosjektet er delt opp i fem arbeidsgrupper som tar for seg (1) funksjonsplanlegging, (2) klimaskjerm og passive byggtiltak, og grupper som ser på energibruk knyttet til (3) medisinsk og annet sykehus-spesifikt utstyr, (4) byggetekniske systemer, og (5) systemintegrasjon.

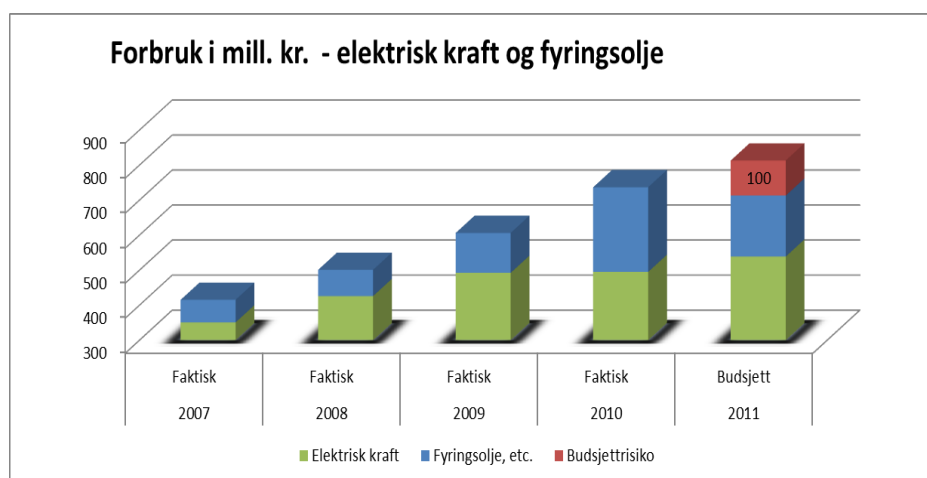
Prosjektet er delt i tre hovedfaser:

1. Fase 1 fra 2010-2011 er for kartlegging av dagens situasjon i nyere sykehus, og hva som er regnet som «best energy practice» eller BEP.
2. Fase 2 fra 2012-2013 skal analysere det kartlagte forbruket og vurdere «best energy practice» for design av nye sykehus i Norge. I det første året (Fase 2a) av denne fasen skal modeller av sykehusområder benyttes for energisimulering og kvantifisering av energitiltakene i hvert BEP. I det andre året (Fase 2b) skal en helhetlig modell benyttes for å utforske interaksjoner mellom energitiltakene og for en endelig prioritering.
3. Fase 3 fra 2013-2014 skal vise hvordan kunnskapen som er etablert i de to foregående fasene kan arbeides inn i planleggingsprogrammene for sykehus, i retningslinjene for prosjekterende ingeniører og arkitekter, og i tekniske spesifikasjoner for leverandørene av sykehusspesifikt utstyr.

Denne rapporten summerer opp det arbeidet som er gjort i fase 1 og sammenstiller en del av de funnene som er gjort.

### 0.2 Hvorfor sykehus, målsetting for prosjektet

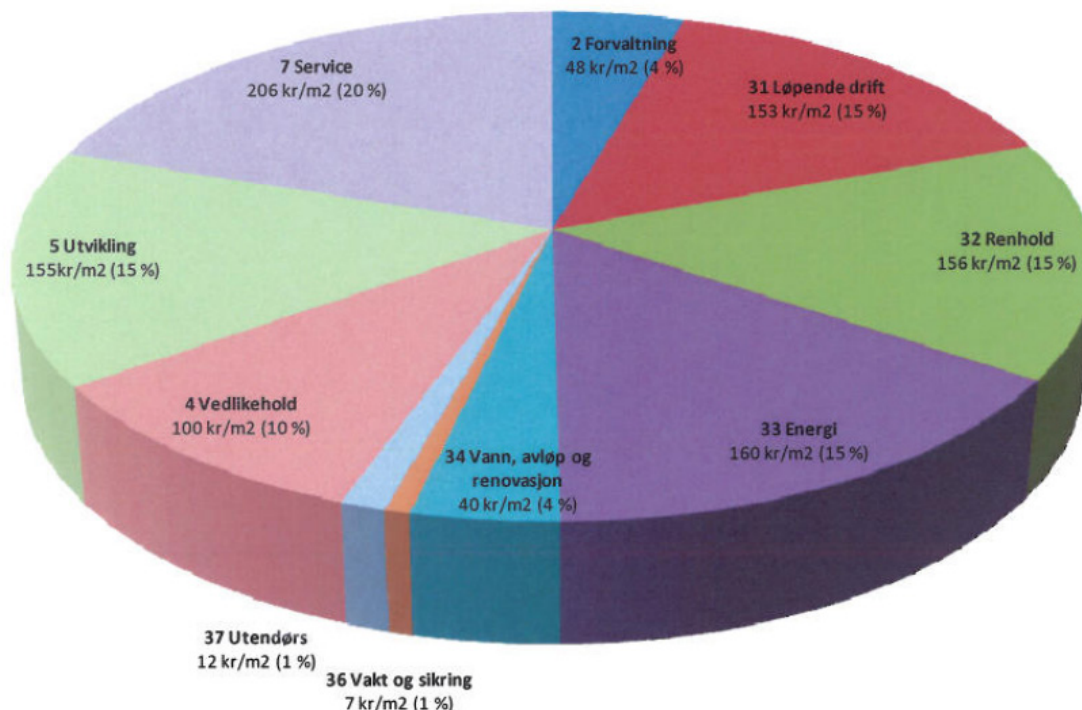
Sykehus har høyest energiforbruk av alle bygningskategoriene. Energikostnader i Helse Sør-Øst (HSØ) er nær 1 mrd norske kroner (NOK). Kostnadene har vokst 100 millioner NOK per år i årene 2007-2010. HSØ har en målsetning om å redusere energibruken med 58 GWh per år innen 2012.



**Figur 1 Energiutgifter i Helse Sør-Øst (HSØ)**

Energiforbruk i norsk spesialisthelsetjenesten samlet var 1 600 GWh. Dette utgjorde 4,6 % av totalt 35 TWh energiforbruk i yrkesbygg (Ref: HSØ 2010).

Energikostnader utgjør den nest største delen av eiendomskostnader, som vist i figuren nedenfor basert på data fra Sykehus Innlandet.



Figur 2 Prosentvis fordeling av eiendomskostnader 2004-2007- Sykehus Innlandet Ref: Sluttrapport del 3 - Bedre helsebygg

### 0.2.1 Energikostnader, forbruk og intensitet øker

Energikostnader i spesialisthelsetjenesten i Norge øker. Økonomitall fra HSØ viser ca. 19 % årlig vekst i energikostnader. Årlig økning i konsumpris og energipriser i samme perioden var ca. 12 %. Se figur 3 over utviklingen i energipriser. Resterende 7 % er økt energiforbruk pr år som forklares av økt aktivitetsnivå. Dette gjenspeiler estimer fra HSØ over økning i aktivitetsnivå i spesialisthelsetjenesten.

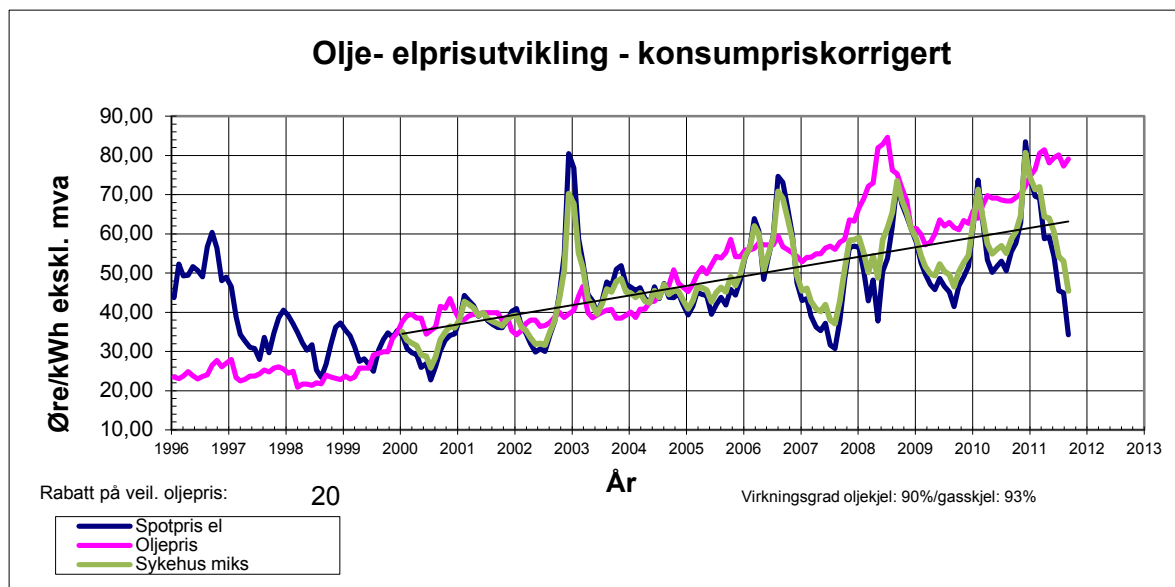
Økt aktivitetsnivå er møtt med økt sykehusareal og økt energiintensitet per kvadratmeter i eksisterende bygg. Grovt estimert, basert på netto årlig økning i sykehusareal på 3 % i denne perioden, har energiintensitet i bygningsmassen økt med 4 % årlig. Det er forventet at denne økningen avtar noe, men vil fortsette med ca. 2 % uten energieffektiviseringstiltak.

Vestre Viken HF har i 2011 estimert økning i energiintensitet til å bli 20 % over neste 10 år, fordelt over følgende poster:

- varmebehov øker 7 %;
- kjøling øker 3 %;
- utstyr (teknologisk utvikling) øker 10 %.

Denne økningen i energiforbruk tilsvarer energiforbruk i hele Enebakk kommune, og er basert på estimer fra Vestre Viken HF i 2011.

Energiforbruk i sykehus øker i andre land også. I NHS i UK er økningen i el-forbruket i sykehus 7 % pr år, netto av økningen pga. nytt areal.



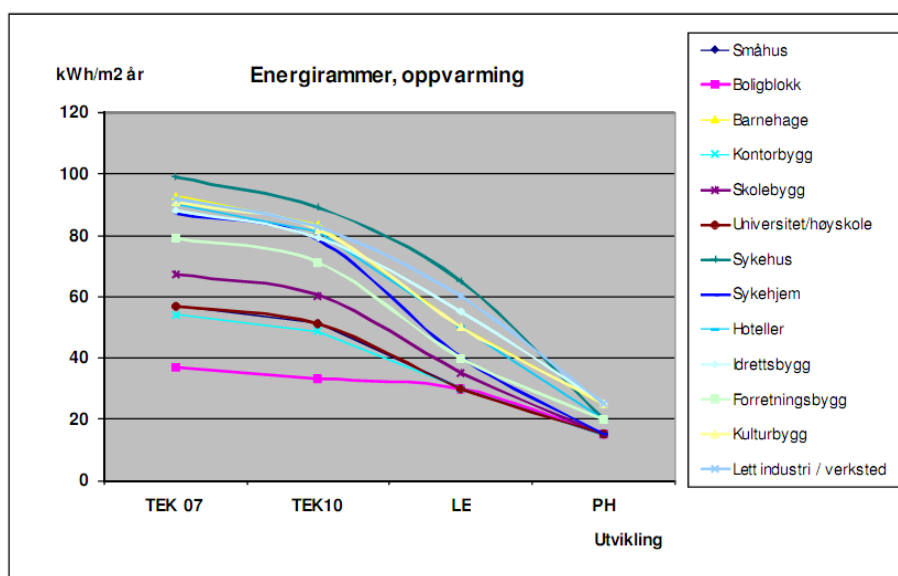
Figur 3: Utvikling i energipriser i Norge – Ref: Norconsult, 2011

### 0.2.2 Fokus på energi- og miljøsertifisering

Helseforetakene i Norge har nå fokus på energi- og miljøsertifisering. Sertifisering etter ISO 14001 er nylig vedtatt i HSØ. Hele Spesialisthelsetjenesten i Norge skal innføre miljøledelse, miljøstyringssystem og miljøsertifisering skal innføres i alle norske helseforetak innen 2015. Andre sykehus i Norge og Norden ser på andre sertifiseringssystemer. "Grønt sjukehus" er brukt i Sverige, og samme navn er brukt på et program for klima og miljøarbeid i Norge ([www.grontsjukehus.no](http://www.grontsjukehus.no)), ledet av Helse Vest RHF på vegne av spesialisthelsetjenesten i hele Norge.

Energimerking av yrkesbygg er nå påkrevd i Norge, og BREEAM-Nor, et frivillig system, innføres i september 2011. Strengere forskriftskrav kommer også i EU lovgivning som Norge også følger. EU forskrift går mot Nær Null Energi (NNE) bygninger fra 2021.

I myndighetenes stadig skjerpede kravsetting i teknisk forskrift (TEK) er sykehus den kategorien som må forbedres mest på området for oppvarming. Utvikling av krav til oppvarming i sykehus vises i figur 4.



Figur 4. Kravutvikling for energi til oppvarming<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Enova startkurs 2011

### 0.2.3 Fokus på nye sykehus

Dette innovasjonsprosjektet fokuserer på nye sykehus. Nye sykehus utgjør en liten andel av totalt sykehusareal, men vi har tro på at det vi kommer fram til også vil ha overføringsverdi til arbeidet med energieffektivisering i eldre sykehusbygg. Forskningsfokus på nye sykehus kan begrunnes med at over 70 % av LCC (livssyklus kostnader, inkl. energiutgifter) er låst i tidligfase design, og over 90 % når bygget står ferdig. For å oppnå en reell bedring må det tas høyde for energibruk tidlig i prosjektene.

En annen grunn til å fokusere på nye sykehus er at de har den lengste levetiden i hele bygningsmassen. Energiutgiftens del av LCC kostnader summert over 60 år er like stor som den samlede kapitalkostnad for selve byggeprosjektet.

Lang levetid og mulighet for større påvirkning av energibruken, betyr at energitiltak i sykehusets designfase har minst like stor energigevinst per kvm og investeringskrone, sammenlignet med energitiltak for sykehus i drift.

## 0.3 Energidefinisjoner og nøkkeltall

### 0.3.1 Energi - basisdefinisjoner

Energi er målt i kWh og derfor kan også defineres som effekt (kW) ganget med tid (h eller timer). Effekttuttak i bygg og anlegg varierer time for time over hele året, derfor ser de fleste energinøkkeltall på energiforbruk over et helt år, kWh/år eller kWh per år. I energidiskusjoner er «per år» forstått og ofte utelatt. Energidiskusjoner som kun ser på årsperioder vil overse store månedlige variasjoner i energiforbruk fordi det er store variasjoner i utetemperaturen over året.

Sykehus, som andre bygg og anlegg, varierer også mye i areal. Mye energiforbruk er avhengig av areal, så en velkjent nøkkeltall deler energiforbruk med er formulert slikt: kWh/m<sup>2</sup> pr år. Dette nøkkeltallet er også kalt «spesifikk energi» eller «energi intensitet».

Energiforbruk er energimengden man kjøper og tilfører bygg og anlegg eller utstyr utenfra. Denne mengden er også kalt «brutto» eller «levert» energi. Energibehov, eller «netto energi» er den mengden som er brukt på innsiden av bygg og anlegg eller til utstyr. Forskjellen mellom netto og brutto sier noe om virkningsgrad av lokal energiproduksjon og distribusjon. For strømforbrukende utstyr er virkningsgraden nesten 100 %, så man skiller ikke mellom disse to begrepene. For termisk energi derimot kan levert energi enten være høyre eller lavere enn netto energi, avhengig av type energiproduksjon. Termiske energitall er som regel presentert netto av energigjenvinning, etter at gjenvunnet energi er trukket fra.

### 0.3.2 Energiposter

Termisk energi til varme, ventilasjon, komfortkjøling, pluss elenergi til drift av pumper og vifter, er definert som "byggningsenergi". I moderne sykehus utgjør denne energien over halvparten (ca. 55 %) av det totale energiforbruket. Noen kjennetegn for byggningsenergi er:

- strenge forskriftskrav for design og utførelse av systemer for byggningsenergi
- stadig bedre standardløsninger kommer på markedet nå
- mye termisk energi, og derfor lett å produsere med fornybare kilder

Energi som er brukerstyrt og går direkte til aktiviteter i bygningen defineres som "virksomhetsenergi". Denne inkluderer elektrisitet til medisinsk teknisk utstyr (MTU), resterende sykehus-spesifikt utstyr, og belysning. Noen kjennetegn for virksomhetsenergi er:

- ikke regulert: underlagt få og fragmenterte forskriftskrav
- energiforbruket er ikke kjent på grunn av svært varierende bruksmønstre
- består mest av elektrisk energi og er derfor ikke fornybar per definisjon
- skaper kjølebehov og dermed indirekte øker byggningsenergi

Virksomhet i sykehussammenheng kan også kalles for «produksjon». Produksjon eller aktivitetsnivå i norske sykehus øker med mellom 5 -15 % pr år. Enhver sammenligning av energiforbruk mot et basisår bør derfor korrigere for økt produksjon i tillegg til graddagstall korrigering.



Figur 5 Energiposter fra NS3031 for bygningsenergi (venstre) v. virksomhetsenergi

### 0.3.3 Energimålsetninger

Innovasjonsprosjektet har målsetning om en halvering av energi beregnet etter alle relevante metoder: netto energi og levert energi beregnet etter forskrift (NS3031), og en halvering av faktisk levert energi beregnet med realistiske verdier for alle energipostene.

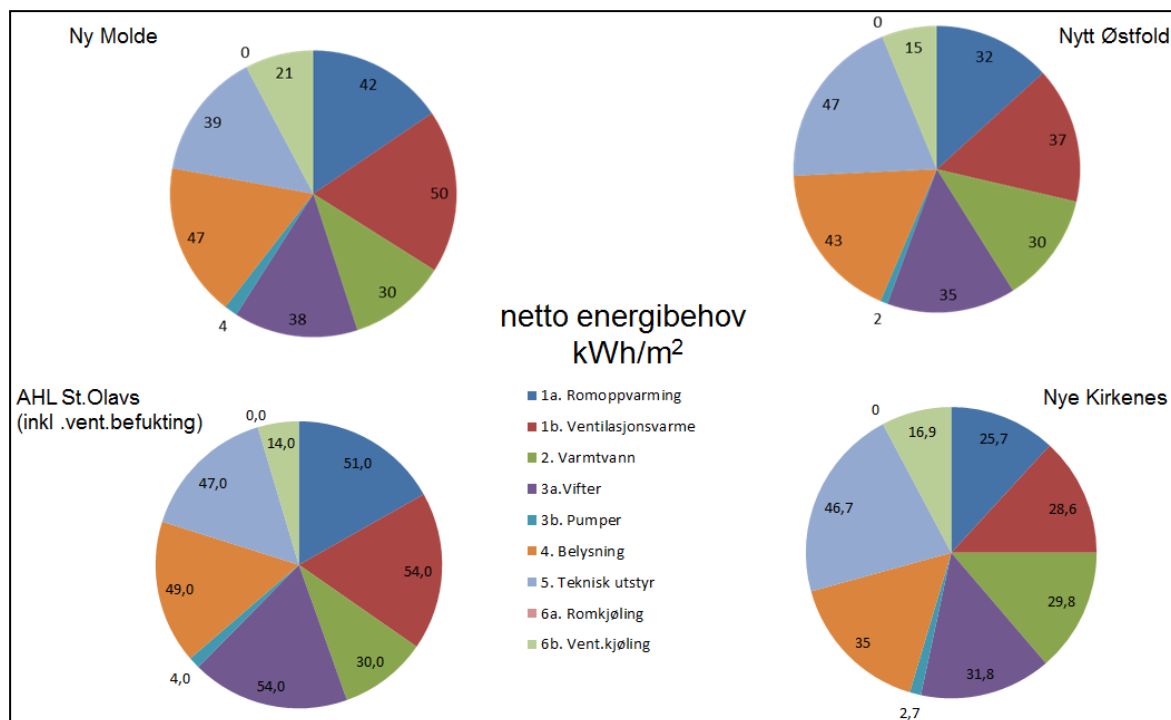
- Netto energi: Maks tillatt netto energi intensitet for TEK10 energiramme er 300 kWh/m<sup>2</sup> for sykehus. For områder der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning og smitte økes rammen til 335 kWh/m<sup>2</sup>. Målsetning iht. NS3031 for netto energi for dette prosjektet er 160 kWh/m<sup>2</sup> Prosessenergi må ekskluderes fra målsetning basert på metoden for energiberegning i NS3031 .
- Levert energi: Maksimum tillatt levert energi iht NVE energimerkeordning i 2011 er 358 kWh/m<sup>2</sup>. Merke C skal tilsvare energirammen tillatt av TEK. Merke A er ca 50% av terskelveriden for merke C. Målsetning for levert energi i dette prosjektet er derfor satt til 175 kWh/m<sup>2</sup> levert energi, som tilsvarer "A" energimerke for sykehus.
- Faktisk forbruk: Prosess energi er utelatt i energiberegning etter forskrift. Belysning og varmtvann er heller ikke i fokus for det NS3031 legger til grunn for sin energiberegning. Derfor er det også adoptert en tredje målsetning om å halvere levert energi til disse postene også. Denne målsetningen kan også uttrykkes som en halvering av faktisk energiforbruk under realistiske forhold.

Faktisk forbruk for norske region- og universitetssykehus ligger rundt 394 kWh/m<sup>2</sup>. St Olavs Fase 1 som ble bygd ut i årene 1999-2005 har 402 kWh/m<sup>2</sup>. Rikshospitalet ble designet for en energiintensitet på 441 kWh/m<sup>2</sup> men yter bedre etter at flere energiltak er implementert. Fase 2 i St.Olavs sikter på 323. Kunnskapsenteret i St.Olavs som skal stå ferdig i 2013 sikter på passivhus standard og netto energibehov i sykehusdelen på 176 kWh/m<sup>2</sup>.

Nyere sykehusprosjekter fra Norge og Norden har en netto energimålsetning på ca 240 kWh/m<sup>2</sup> ( Nye Karolinska, Nytt Østfold, Nye Kirkenes, Nye Molde, Gullaug) . Fordeling av netto energibehov er vist i figur 6 for noen eksisterende og planlagte sykehus.

<sup>2</sup> 2006 Enova Bygningsnettverk statistikk: graddagstall korrigert, totalt forbruk





Figur 6 Utvalgte nye sykehusplaner: energimålsetninger

St.Olav i Trondheim har økt ambisjonsnivået for spesifikk energiforbruk fra Fase 1 til Fase 2 som vist i tabell 1 nedenfor:

|                 | Phase 1       | Phase 2       |
|-----------------|---------------|---------------|
| Post            | [kWh/m²/year] | [kWh/m²/year] |
| Thermal heating | 185           | 135           |
| Electricity     | 188           | 161           |
| Thermal cooling | 29            | 27            |
| <b>Sum</b>      | <b>402</b>    | <b>323</b>    |

Tabell 1 Energimålsetninger, St-Olavs Fase 1 og Fase 2.

St. Olavs Fase 3 planlegger passivhusstandard (127 kWh/m²) for Kunnskapssenteret. I dette senteret er bare en mindre del laboratorievirksomhet, og de har ingen andre vanlige sykehusfunksjoner. Langt på vei er det derfor et kontorbygg.

Det er derfor rimelig å sette den overordnede målsetningen for dette forskningsprosjektet på maksimum 179 kWh/ m² total levert energi forutsatt Oslo klima, og 200 kWh/m² for risikoområder. Dette tilvarer A merket. Med antatt 88% virkningsgrad beregnet på basis av energimerke forskrift, kan målsetningen også bli uttrykt i form av netto energibehov som  $179 \cdot 0,88 = 158 \text{ kWh/ m}^2$ . Siden ikke all tilført energi kan nyttiggjøres må det tilføres noe mer enn hva som er behovet. Prosessenergi kan inkluderes i denne målsetningen fordi den kommer bygget til gode.

### 0.3.4 Fornybarhet og valg av energikilder

Norske sykehus må tilfredsstillere minstekravene om energieffektivitet og energiramme i TEK forskriften. Prosjektgruppen følger derfor pågående revisjonsarbeid i TEK som tyder på en skjørpelse i kravene om energiforsyning av termisk grunnlast i bygg som er over 1000 m². Mye tyder på at kravet kommer til å bli at 80 % av byggets energibehov må dekkes av ikke direktevirkende elkraft og av ikke fossilbasert energi. Med ordet "direktevirkende" er strøm til varmepumpe unntatt skjørpelsen i forslaget til teksten i ny TEK10. Prosjektet har derfor valgt en fornybarhet målsetning på 80% av byggets termiske energibehov.



## 1 DELPROSJEKT 1 - FUNKSJONSPLANLEGGING

Kan endring i funksjonskrav og plassering av funksjoner påvirke energibruken? Det skal tas hensyn til hygiene og smitterisiko og det benyttes mye utstyr som er energikrevende. I deler av sykehuset utvikles det varme fra utstyr som krever kjøling også når det er kaldt ute, og i motsetning til de fleste bygningstyper har sykehusbygg lengre brukstid og en viktig beredskapsfunksjon.

I denne første fasen av prosjektet har vi skaffet oss en oversikt over hvordan disse kravene er tydeliggjort og fundert i lover, forskrifter og veiledninger, og vi har søkt å finne dokumentasjonen som ligger bak disse kravene. Når det gjelder funksjonskrav vurderer rapporten:

- Hvilke funksjonskrav som påvirker energiforbruket sterkest.
- Hvordan disse funksjonskravene har utviklet seg og hva som er begrunnelsen.
- Hvordan kravene er forankret i lov- og regelverk, først og fremst i Norge men også internasjonalt om det kan finnes referanser til dette.
- Hvilke anbefalinger som normalt benyttes og evaluere hvordan disse er forankret nasjonalt og internasjonalt og i ulike fagmiljø.

### 1.1 Det sammensatte sykehuset

Det meste av det som er skrevet om energi i sykehus har behandlet spørsmålet som om det dreier seg om energibruk i hvilket som helst bygg. Begrepet «sykehus» omfatter så mange forskjellige bygninger og tjenester at det ligner mest på en bydel og ikke et enkeltstående byggverk. Her er produksjonsområder som radiologi og operasjon, sengepostene er boområder og det er en stor del helt vanlige kontorområder.

Sykehus håndterer avfall og distribuerer varme og kjøling med systemer som er bygget til kommunalteknisk standard. Sykehus produserer kjemikalier, lager og serverer mat, og underviser studenter, i noen tilfelle i stor skala.

Kravene til utstyr, luftmengder og lys varierer mellom disse ulike funksjonene. Det settes programkrav til de enkelte funksjonene. Så langt har disse vært vurdert ut fra hva funksjonen trenger og hva kravene vil bety for investeringskostnaden. Livsykluskostnader knyttet til energiforbruk fra disse separate funksjonene har ikke vært i fokus til nå.

Dette kan gjøre planleggingsprosessen ytterligere komplisert, men kan bidra til at man ser nærmere på alternative måter å oppnå de ønskede målene på. Det er ikke sikkert at energikrevende, tekniske løsninger er den mest effektive veien å gå.

Hvor i sykehuset (byen) en funksjon plasseres kan også påvirke nødvendig energibruk. I områder med trykkforskjeller vil energibruken påvirkes av hvor mange ganger barrierene blir brutt. Vil det være en fordel å samle funksjoner som produserer mye varme eller bør de spres mer og legges inntil områder som trenger varmetilførsel?

Dette prosjektet har etablert en gruppe for å se på funksjoner i sykehus og deres innvirkning på energibruk, fordi vi har en hypotese om at en vesentlig del av reduksjonen i energibehovet for et sykehus vil kunne tas ut ved å se på behovet for de programmeringskrav som benyttes i dag, samt utformingen og plasseringen av de enkelte funksjoner.

### 1.2 Sykehusplanlegging

Det foreligger i dag veileder for tidligfaseplanlegging av sykehus som viser hva som skal beskrives og avklares i et prosjekt fra den første ideen om et prosjekt til ferdig bygg. Den er utarbeidet av Kompetansenettverket for sykehusplanlegging som ledes av Helsedirektoratet og har en ledergruppe med eiendomssjefene fra de fire helseregionene i Norge. I tillegg er det utarbeidet flere veiledere for spesielle deler av programmeringen. Målet med veilederne er å

avklare viktige elementer som inngår i et sykehusprosjekt på det riktige tidspunkt, og sikre at vesentlige forhold som påvirker sykehusets funksjon, byggekostnad og driftskostnad blir tatt hensyn til.

I dette planleggingsgrunnlaget mangler det kunnskap om hvordan organisering og plassering av de ulike funksjonene i et sykehus påvirker energibruken. Det mangler også systemer og veiledere som viser energieffekten av å samordne og spesifisere ulike alarmsystemer, sikkerhetskrav og muligheten for å utnytte det faktum at aktiviteten i mange områder av et sykehus varierer sterkt gjennom døgnet.

### **1.3 Felles krav til planlegging**

Hvilke programkrav har stor innvirkning på energiforbruket?

#### **Krav til brukstid og beredskap**

Planlegging av energi i sykehus tar som regel utgangspunkt i at et sykehus drives 24 timer 7 dager i uka. Vi viser seinere i denne rapporten at det er mange funksjoner og da også store områder av sykehuset dette ikke gjelder for. Det er behov for å kunne behovsstyre energibruken.

#### **Krav til byggets form, fasade**

En rekke ikke-spesifikke krav må også hensynstas eller vurderes under planleggingen:

- Lokalisering har konsekvenser for tilgang til fjernvarme
- Tomtevalg og orientering av bygget har konsekvenser for soltilskudd
- Fleksibilitet, generalitet, og elastisitet
- Tilgang på dagslys når man oppholder seg i et rom over et visst antall timer. Situasjoner der arbeidstakere er i et område over så lange tidsrom at de har behov for dagslys, mens mange av prosedyrene som skal utføres krever blanding av dagslys.

Sykehusene har en karakter som gjør at det må tas hensyn til estetikk i en annen grad enn for en annen type produksjonsbedrift.

#### **Krav til sykehusets tekniske systemer**

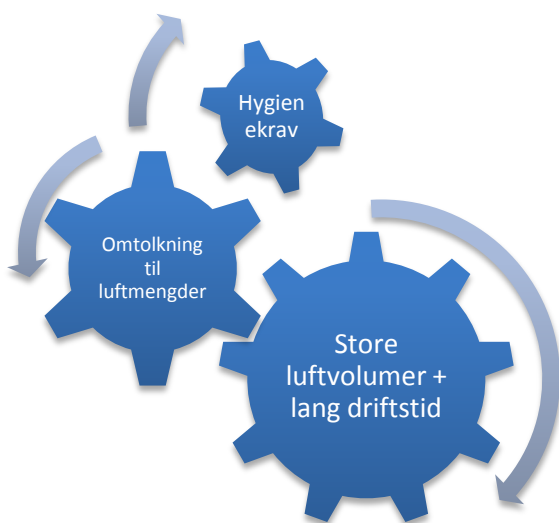
Løsningene for ventilasjon, belysning og drift av utstyr skal tilfredsstillende de spesifikke funksjonelle kravene til et sykehus. Noen av kravene er identiske med de som gjelder for arbeidslivet generelt, mens andre er mye strengere:

- Tilfredsstillende romtemperatur, tilpasset arbeidets karakter og antall personer i et område.
- Variert temperaturbehov for ansatte og pasienter som helt eller delvis oppholder seg i samme område.
- Støynivåer
- Spesielle renhetskrav for laboratorier og enkelte pasientrom.
- Beskyttelse mot smitte.
- Behovet for varmt og temperert vann er større enn for mange andre bygg.
- Varmeavgivende og i flere tilfelle støyende behandlingsutstyr som skal integreres i et pasientvennlig og godt arbeidsmiljø.
- Krav til en effektiv drift der åpenhet og tilgjengelighet påvirker hvilke løsninger som kan og bør velges.

## 1.4 Tekniske krav

### 1.4.1 Krav til luftbehandling

Høye krav til hygiene, fjerning av lukt, kombinert med lang driftstid og store takhøyder betyr at ventilasjon er det systemet med størst energiforbruk i sykehus. Energi til ventilasjon har tre separate energiposter i energiregnskapet: (1) ventilasjonsvarme, (2) ventilasjonskjøling, og (3) ventilasjons viftedrift. Sistnevnte er elektrisk energi, mens de to andre består mest av termisk energi. Alle tre energipostene samles under navnet «luftbehandling», og sammen utgjør de mellom 30 % og 40 % av det totale netto energibehov i nyere sykehusprosjekter. Hvis denne andelen gjelder også for eksisterende sykehus i HSØ, så koster luftbehandling ca. 350 MNOK årlig. Spesifikk energibehov til luftbehandling i sykehus er typisk over 50 % høyere enn i et kontorbygg.



Figur 7 Interaksjon mellom krav, bygg, og driftsmønstre i ventilasjon

Kapasitet, type, og driftsmønstre av ventilasjonsløsninger er derfor det største enkeltssystem som i sterkest grad påvirker energibruken i sykehus. Kravene og retningslinjene som ligger til grunn for prosjektering og drift av ventilasjon i sykehus har en stor betydning for energiforbruk, og interaksjon mellom kravsettene kan ha særlig uheldig konsekvenser for faktisk forbruk, som vist i figuren.

- Krav til hygiene er tolket til ventilasjonsløsninger med store luftmengder og lav varmegjenninningsgrad.
- Krav til smittekontroll fører til trykkregimer som er energikrevende å opprettholde kontinuerlig i høytrafikkerte sykehus.
- Krav til luktfjerning fører til ikke-optimal varmegjenvinning, og økt luftmotstand i luftfiltre.
- Krav til fleksibilitet fører ofte til overdimensjonering og ikke-optimale driftspunkter
- Krav til høye temperaturer fører til økt varmetap
- Krav til dagslys og tverrgående kommunikasjonsareal driver bygningsformer med mye luftvolum og lange føringsveier for lufttransport.
- Krav til beredskap driver lange driftstider.

Når ventilasjon benyttes for å oppnå en nødvendig grad av renhet i et område, er det viktig å være klar over at ventilasjonen bare er ett av virkemidlene og kanskje heller ikke det sterkeste. Denne rapporten skal se på de regler og retningslinjer som ligger til grunn for de valg som tas som påvirker energibruken, der ventilasjonsløsninger er en viktig del. I neste fase av prosjektet vil vi se på hva som faktisk er valgt ved ulike norske sykehus og hvilken effekt dette kan sies å ha hatt.

Ved siden av antall luftskift og bruk av filtre vil disse elementene påvirke antallet partikler per m<sup>2</sup> i et rom:

- Antall personer til stede.
- Håndvask og bruk av rent tøy.
- Størrelsen på rommet.
- Hvordan luftstrømmer blir forstyrret av utstyr og åpning og lukking av dører.
- Hvordan rom er plassert i forhold til hverandre.

Det er også eksempler på at brukere av rom kan finne de tekniske løsningene som en hemske for deres arbeid, slik at de setter systemet ut av funksjon. Forrigling av dører inn til isolater kan være en slik "ulempe". Under programmering av funksjoner kan det også hende at de ansvarlige brukere ikke våger å velge annet nivå på ventilasjon enn det som gir den reneste løsningen. Så viser det seg seinere at dette egentlig ikke var nødvendig, fordi området ikke ble brukt til den aktiviteten som krevde høy grad av renhet likevel.

Områder og avdelinger som kan ha behov for spesielle ventilasjonssystemer er bla.:

- Behandlingsområder:
  - Behandlingsrom der det utføres sterile prosedyrer som mindre inngrep, skopier, angiografier og tilsvarende.
  - Konvensjonelle operasjonsrom for åpne og lukkede kirurgiske prosedyrer
  - Fødeområder
  - UCV operasjonsrom som normalt vil ha laminert lufttilførselsløsninger og hepafiltrering av luften (LAF), og som spesielt anbefales benyttet når man setter inn implantater.
- Isolater som kan kreve undertrykk ved smittepasienter og overtrykk ved for eksempel benmargstransplanterte.
- Medisinrom og områder der det behandles medikamenter.
- Sterilavdeling med vaske-/desinfeksjonsrom, pakkerom og sterile lager
- Aseptisk produksjon av radiofarmaka og andre medikamenter.
- Laboratorier der virksomheten krever ekstra rene prosedyrer.
- Områder der det kan være en del lukt.

#### 1.4.2 Krav til medisinsk teknisk utstyr og annet sykehusspesifikt utstyr

Sykehusets kliniske aktiviteter krever en utstyrspark som er spesialisert og mye mer energikrevende enn i andre bygningstyper. Dette utstyret bruker elektrisk energi, og utgjør ca. 15 % av det totale energiforbruket.

- Medisinsk-teknisk utstyr (MTU)
- Sykehus-spesifikt utstyr (f.eks autoklaver)
- Datamaskiner og annet IKT utstyr

Energiforbruk til de to første utstyrstyper viser en økning i nyere sykehusprosjekter. Denne økningen kan skyldes krav om stadig mer avanserte utstyr til diagnostikk og behandling. Dette fører til en økt tetthet av medisinsk teknisk utstyr, som regel med stadig mer kraftkrevende prosessorer og økt skjermareal.

IKT energiforbruk er nokså vanlig i moderne kontorbygg. Sykehusets krav til logistikksystemer for pasienter og medisiner, samt høye krav for dataforsyningssikkerhet, fører til et spesifikt energiforbruk til IKT som er adskillig høyere enn i et typisk kontorbygg.

#### 1.4.3 Krav til belysning

Elektrisk energi til belysning er blant de største enkeltpostene i energiforbruk. El til belysning utgjør typisk ca. 25 – 35 % av total elforbruk, men er antatt 10 % lavere i nye sykehus som prosjekteres nå.

Krav til beredskap og manglende behovsstyring kan føre til lange driftstider for belysning. Mye spesialisert oppgavebelysning finnes også i sykehus, og disse har det vanligvis ikke blitt stilt krav om energieffektivitet til.

## 1.5 Kravenes forankring i lover forskrifter og veiledninger

### 1.5.1 Lovbestemte krav

De tre grunnleggende lovene som gir rammene for utforming av sykehusbygg er Lov om spesialisthelsetjenesten m\_m\_ (spesialisthelsetjenesteloven), Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv\_ (arbeidsmiljøloven) og Lov om vern mot smittsomme sykdommer (smittevernloven). Lover gir sjelden konkrete pålegg, men gir rammer for hva som må tas hensyn til for å oppnå formålet med tiltaket, som i denne sammenhengen er sykehus, og hvilke institusjoner som er pålagt å sikre at loven blir fulgt.

Den første lov om sykehus ble utformet i 1969, men allerede i 1914 utformet det daværende Sosialdepartementet et rundskriv om apotek der det sto:

- "Ifølge lov om drift av apotek av 4august 1909 §16 må intet apotek åpnes til drift eller tas i bruk etter å være tilflyttet nye lokaler eller ha skiftet innehaver, for innen det har vært visitert og godkjent overensstemmende med de forskrifter, som herom utferdiges av departementet, der kan gi alminnelige bestemmelser om apotekenes lokaler, innredning og utstyr."

Lovene er igjen spesifisert i forskrifter, og de institusjonene som er pålagt å følge opp lovanvendelsen innenfor sitt ansvarsområde vil på flere områder ha utarbeidet retningslinjer og veiledere.<sup>3</sup>

### 1.5.2 Forskrifter

Forskrifter som påvirker utforming av sykehusbygg er Forskrift om arbeidsplasser og arbeidslokaler, Forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen, Forskrift om tilvirkning og import av legemidler og Forskrift om godkjenning av sykehus, bruk av betegnelsen universitetssykehus og nasjonale tjenester i spesialisthelsetjenesten.

I forskrift om arbeidsplasser og lokaler står det at:

- Lokaler skal være utformet og innredet slik at de enkelte arbeidsplasser får tilfredsstillende belysning, klima og luftkvalitet, og beskyttelse mot støy, vibrasjoner, stråling, giftige eller helsefarlige stoffer, trekk m.v.
- Det skal om mulig sørges for dagslys og utsyn fra de enkelte arbeidsplasser.

Disse kravene gjelder alle arbeidsplasser, ikke bare sykehus.

I forskrift om vern mot støy er desibelnivået vurdert på denne måten:

Arbeidet skal planlegges og gjennomføres på en slik måte at arbeidstakerne beskyttes mot støy og slik at støybelastningen søkes redusert til lavest mulig nivå og minst 10 dB lavere i forhold til nedre tiltaksverdier i § 7. Tiltak skal gjøres ved kilden så langt det er mulig med hensyn til den tekniske utviklingen, eller ved at støyeksponeringen på annen måte begrenses i varighet og intensitet.

<sup>3</sup> Vedlegg 4 Aktuelt lovverk og rettleiing – Folkehelseinstituttet.hmt

## § 7. Tiltaksverdier : Tiltaksverdiene for støyeksponering er<sup>4</sup>:

- |                                                        |                                                                  |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| a) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe I:   | $L_{EX,1h} = 55 \text{ dB}$                                      |
| b) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe II:  | $L_{EX,1h} = 70 \text{ dB}$                                      |
| c) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe III: | $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB}$                                      |
| d) øvre tiltaksverdier:                                | $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB}$ og<br>$L_{pC,peak} = 130 \text{ dB}$ |

I forskrift om godkjenning av sykehus står det ikke noe spesifikt om hvordan byggene skal utformes, graden av renhet på luft, temperaturer og liknende. Både lover og forskrifter som gjelder for sykehusbygg plasserer ansvaret for forsvarlig virksomhet og da også byggene på eieren, men det er ingen spesifiseringer av hva som da må oppfylles. Det er ikke fastsatt noen spesifikke krav til utforming. Det forutsettes at virksomheten utøves innen forsvarlige rammer. Alle sykehus er pålagt å ha et Kvalitetsutvalg (Rundskriv IK-7-1994 om kvalitetsutvalg fra Helsetilsynet) som skal påse dette.

### 1.5.3 Veiledere

I tilknytning til de nye sykehusprosjektene som ble planlagt og gjennomført fra 1980-tallet og utover ble det behov for å spesifisere noe mer hva som kreves av sykehusbygg. Helsetilsynet, Sosial- og helsedirektoratet og Folkehelse utarbeidet derfor etter hvert retningslinjer og veiledere som beskrev problemstillingene og ga anbefalinger om hvordan de bygningsmessige kvalitetene burde være.

Helsetilsynet sendte først ut et rundskriv (IK-2-1997 mikrobiologisk kontroll) der de kom med anbefalinger for hvordan partikkelinnholdet i operasjonsstuer skulle måles. Dette ble erstattet av et rundskriv IK-2-1999 der det også er oppført anbefalt mengde partikler. Disse er:

- <10 cfu/m<sup>3</sup> for ultrarene rom
- <100 cfu/m<sup>3</sup> for andre operasjonsrom.
- Luftskift per time ikke over 20.

Selv om dette ikke er pålegg, er det retningslinjer sendt ut i rundskriv og vil derfor i realiteten være førende.

I 2004 ble Isoleringsveilederen gitt ut av Folkehelse. Det er aldri laget noe rundskriv på grunnlag av denne. Veilederen forklarer også en del omkring luftsmitte og viser blant annet i tabell 2 hvordan luftskiftinger påvirker fortynningen av partikler i lufta.

| Luftskiftinger<br>per time | Antall minutter som er nødvendig for<br>å oppnå en fortynning på |     |       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|-----|-------|
|                            | 90%                                                              | 99% | 99,9% |
| 1                          | 138                                                              | 276 | 414   |
| 3                          | 46                                                               | 92  | 138   |
| 6                          | 23                                                               | 46  | 69    |
| 9                          | 15                                                               | 31  | 46    |
| 12                         | 12                                                               | 23  | 35    |
| 15                         | 9                                                                | 18  | 28    |
| 18                         | 8                                                                | 15  | 23    |

**Tabell 2 Luftskift per time og effekten på fortynning av partikler i rommet**

<sup>4</sup> Gruppe 1 er for områder der arbeidet krever høy grad av konsentrasjon. Gruppe 2 er områder der det er viktig å kunne føre en samtale med krav til høy presisjon. Gruppe 3 er områder med støyende maskiner. Øvrige tiltaksverdier er områder med så vidt mye støy at de som arbeider der skal informeres spesielt om tiltak.

Isoleringsveilederen anbefaler at luftsmitteisolat bør tilfredsstille disse kravene:

- Trykkgradient mellom pasientrom og sluse anbefales vanligvis til minimum 10 pascal og mellom sluse og korridor til minimum 5 pascal.
- Lufthastighet inn i pasientrommet fra slusen anbefales vanligvis til minst 0,5 m/s målt under døren med døren lukket.
- Luftskiftninger i pasientrommet anbefales vanligvis til minst 12 per time.

Som det kan leses ut av teksten er dette anbefalinger, og måltallene er ikke sendt ut i noe rundskriv.

Den mest omfattende delen av alt som har med renhet og smitte å gjøre i de ulike offentlige veiledere og retningslinjer, handler om rutiner. Stadig vises det til undersøkelser som slår fast at det er vasking av hender som påvirker infeksjonsraten mest. Størrelsen på rom, mengden utstyr og antallet mennesker i rommet har også vesentlig betydning. Programkravene er rettet mot hva som skal kunne oppnås av renhet under drift. Dokumentasjon viser at gode rutiner for utføring av prosedyrer som regel har større betydning enn oppgradering av ventilasjonssystemene.

Det som er lovpålagt er at det skal utøves trygg pasientbehandling. Ventilasjon er en av faktorene som påvirker dette. I veilederne som er utarbeidet brukes det også en del plass på å beskrive hvordan smitte sprer seg.

Det er også mulig å benytte mindre energikrevende løsninger som for eksempel ultrafiolett bestråling for å oppnå den ønskete graden av renhet.<sup>5</sup>

Verdens helseorganisasjon (WHO) har utarbeidet en egen ventilasjonsdesign for isolater.<sup>6</sup>

Regelverket er slik at det kreves gode og sikre miljøer for pasienter, ansatte og besøkende, uten at det er spesifisert i særlig grad. Når det skal etableres program for sykehus eller vurderes hva som skal gjøres med eksisterende bygg, vil løsningene i stor grad avhenge av hvilke tekniske spesifikasjoner engasjerte prosjekterende har erfaring i å arbeide med, og av arkitektens oppfatning av hva som er et godt bygg. I noen tilfeller vil de ansatte som involveres i prosjektet ha spesielle erfaringer og oppfatninger som også påvirker løsningene som velges. I dag benytter mange norske sykehusprosjekt dRofus som et system der kravene til de enkelte rom samles, men det varierer en god del hvor strengt man holder seg til disse kravene i den videre prosjekteringen. Når det gjelder energibruk generelt er det også forholdsvis nytt at det er kommet inn i planleggingen med noe tyngde.

<sup>5</sup> Escombe AR PlosMedicine 2009 6 (3) e1000043

<sup>6</sup> Foredrag av overlege Egil Lingaas, avdeling for sykehushygiene OUS 10/2010



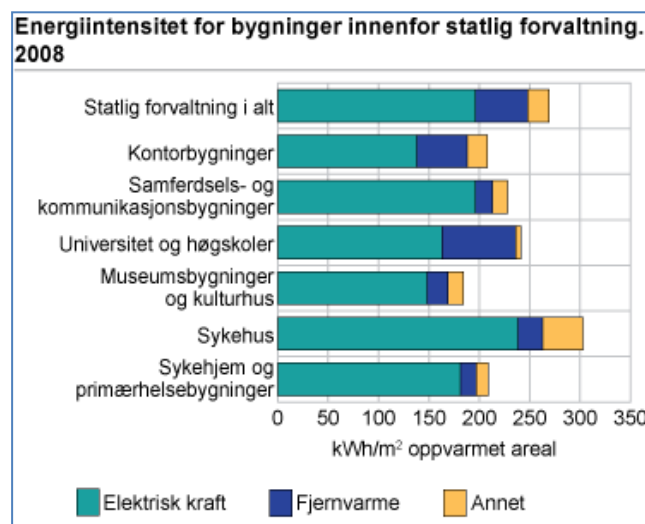
## 1.6 Norske og internasjonale standarder for tekniske systemer

Det synes som man i Norge, først i løpet av det siste tiåret, har funnet det nødvendig med noen mer presise krav til ventilasjon. Dette kan være et resultat av at det er satt i gang og gjennomført en del viktige sykehusprosjekt med funksjoner som har krevd noe ekstra av bygget, og mer kunnskap om hvilke normer som benyttes i andre land. Dette gjelder ikke bare bygget. Kravene til utstyr har også blitt mer spesifikke.

I kapitlet 4 gis en detaljert beskrivelse av de standardene som anbefales av de sentrale institusjonene i Europa og USA. Tabeller med spesifikke kravnivåer finnes i vedlegg C til rapporten. Her er en oversikt over de utenlandske institusjoner som har utarbeidet standarder for ventilasjon og luftmengder som benyttes i Norge

## 1.7 Statistikk - energiforbruk per bygningstype og sykehustype

Den gjennomsnittlige bruken av energi for et utvalg bygninger innenfor statlig forvaltning var på 268 kWh/m<sup>2</sup> i 2008. Det var høyest energibruk i sykehusbygninger, med 304 kWh/m<sup>2</sup>, mens rene kontorbygg innenfor statlig forvaltning i gjennomsnitt brukte 207 kWh/m<sup>2</sup>. Statistikk fra SSB vist i figur 8 inkluderer skolebygg tilknyttet sykehus. I følge Helse Sør Øst er det samlede energiforbruket i spesialisthelsetjenesten cirka 1 600 GWh per år.



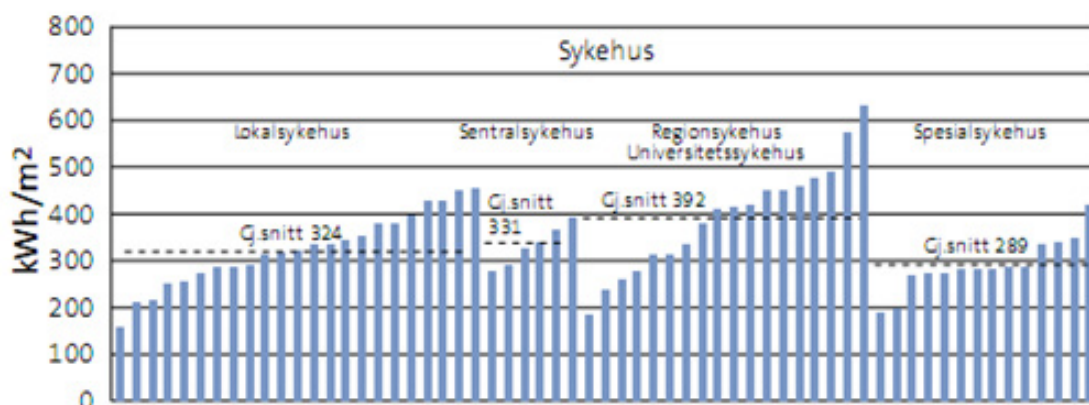
Figur 8 Energiintensitet, SSB 2008

Energiintensitet (tilført energibruk per m<sup>2</sup>) i større region- og universitetssykehus er mye høyere enn landsgjennomsnittet som vist av SSB i 2008. Det siste året Enova/SSB samlet data for denne kategorien var 2006. Disse dataene viser et energiforbruk for denne kategorien på 394 kWh/m<sup>2</sup>.

| Kode | Type bygg                          | Antall bygg | Totalt oppv. areal m <sup>2</sup> | Gj.snittlig temp- og steds-korr. spesifikk energibruk kWh/m <sup>2</sup> | Gj.snittlig virkelig spesifikk energibruk kWh/m <sup>2</sup> | El. % | Flytende % | Fjern-varme % | Gass % | Bio-logisk % | Annet % |
|------|------------------------------------|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|------------|---------------|--------|--------------|---------|
| 71   | Sykehus                            | 67          | 1 873 708                         | 334                                                                      | 316                                                          | 76,1  | 9,2        | 13,2          | 1,4    | 0,0          | 0,0     |
| 711  | Lokalsykehus                       | 23          | 377 885                           | 317                                                                      | 305                                                          | 79,5  | 12,7       | 7,8           | 0,0    | 0,0          | 0,0     |
| 712  | Sentralsykehus                     | 6           | 389 478                           | 339                                                                      | 311                                                          | 72,1  | 9,3        | 7,1           | 11,5   | 0,0          | 0,1     |
| 713  | Regionsykehus, universitetssykehus | 18          | 871 395                           | 394                                                                      | 371                                                          | 74,5  | 6,0        | 18,1          | 1,3    | 0,0          | 0,1     |
| 714  | Spesialsykehus                     | 14          | 172 110                           | 287                                                                      | 273                                                          | 81,7  | 10,8       | 7,5           | 0,0    | 0,0          | 0,0     |
| 719  | Annet sykehus                      | 6           | 62 840                            | 328                                                                      | 298                                                          | 61,2  | 4,3        | 34,5          | 0,0    | 0,0          | 0,0     |

Tabell 3 Korrigert spesifikk energiforbruk, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006

Variasjon i energiintensitet for de forskjellige sykehustypene er vist i tabell 3 og figur 9, også fra Enova statistikk for 2006. Kategorien for «regionsykehus/universitetssykehus» er utelatt i Enova statistikk for senere år.

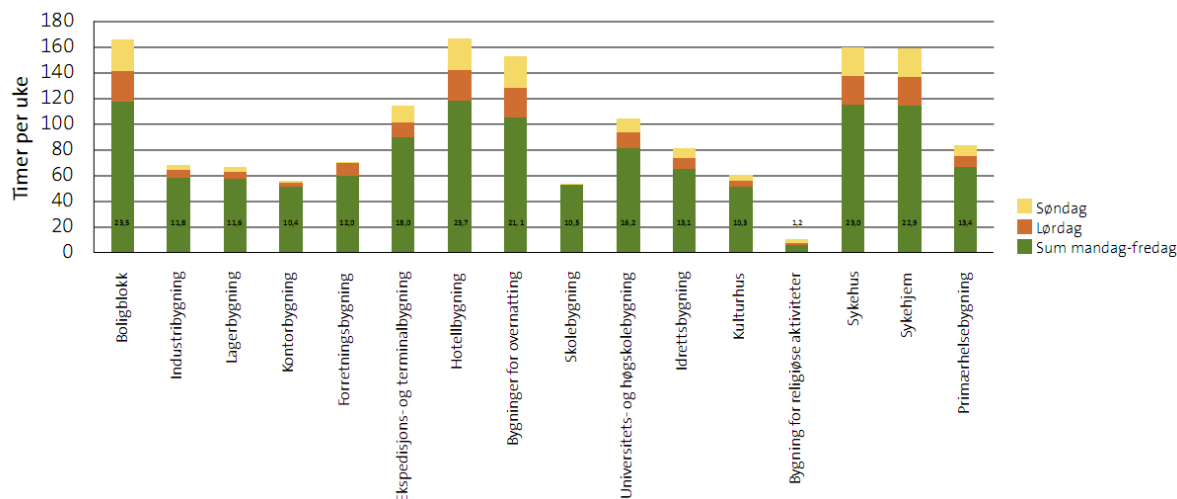


Figur 9 Korrigert spesifikk energiforbruk per sykehustype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006

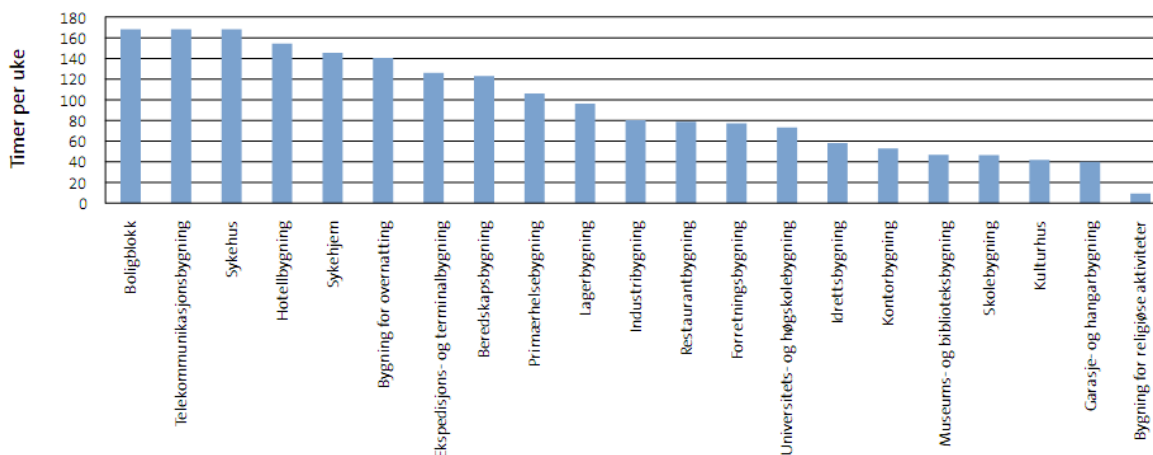
Energiintensitet registrert i 2008 for sentralsykehus var 381 kWh/m², med de største av disse godt over 400 kWh/m². Også denne kategorien forsvant fra statistikk for 2009, hvor energiforbruk for «sykehus» er registrert som 297 kWh/m²

## 1.8 Statistikk - brukstid

Høy energiintensitet i sykehus har, i følge SSB, sammenheng med stort innslag av energikrevende apparater samt at bygningene brukes lenger. Rapporten fra SSB nevner at helsebygg har nær heldøgnsdrift, mens gjennomsnittlig brukstid for statlige kontorbygninger er drøyt 9 timer per døgn. Enovas presentasjon av brukstid for årene 2007 og 2008 er vist i figur 10 og 11. Sykehus har innrapportert brukstid på 165 t/uke, av total 168 timer per uke.



Figur 10 Brukstid per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2006



**Figur 11 Brukstim per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2008**

### 1.8.1 Statistikk – tekniske systemer

Behovsstyring av tekniske systemer og belysning gir energibesparelser, men kun i bygninger med varierende brukstim. I Enovas rapport fra 2008 har kun 0,4 % av sykehusareal behovsstyrt ventilasjon, sammenlignet med 18 % av oppvarmet arealet i kontorbygninger, og 23 % i hotellbygninger, som vist i utdrag fra rapporten for 2008 i tabell 4.

Enova og SSB påpeker at sykehus har større mengder av energikrevende apparater og utstyr som påvirker energiintensitet, og spesielle krav til ventilasjonssystemer knyttet til isolasjon (luftsmittevern) er også nevnt.

|                      | Ventilasjon med behovsstyring % | Vann-reducerende armaturer % | T8 lysrør % | Tilstedeværelses detektorer % | Dagslys sensorer |
|----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
| <b>Sykehus</b>       | 0,4                             | 0,4                          | 15          | 1                             | 0                |
| <b>Kontorbygning</b> | 18                              | 1                            | 40          | 3                             | 28               |
| <b>Hotellbygning</b> | 23                              | 59                           | 17          | 8                             | 7                |

**Tabell 4 Prosent oppvarmet areal dekket per energiltak; utdrag per bygningstype, Enova Bygningsnettverk statistikk 2008**

Den lave dekningsgrad av tiltak for behovsstyring kan skyldes bevisste designvalg, basert på oppfatningen av sjukehus som steder med 24t drift, og at det derfor ikke er potensial for behovsstyring. I avsnitt 1.10 vises at aktivitet og behov er svært varierende selv i de travleste sykehusene, og at potensial for behovsstyring derfor er stort.

### 1.9 Sykehusfunksjoner – klassifikasjon av funksjon og delfunksjon

Det er skrevet en delrapport i dette prosjektet som har sortert areal etter antatt energibehov og etter når på døgnet de benyttes. Ved å ta utgangspunkt i klassifikasjonssystemet for sykehusareal (etter funksjon og delfunksjon) har man tatt ut disse delfunksjonene i de tre sykehusene som analyseres spesielt for å se om energibehovet varierer mellom funksjonene.

Områdene som undersøkes er:

- Dagområde og poliklinikk
- Intensiv
- Normalsengeområdet
- Pasienthotell
- Operasjon
- Radiologi

- Laboratorier
- Sterilsentral
- Hovedkjøkken
- Vakt- og transporttjenestene
- Kontorområdet

Helsemyndighetene ønsker oppfølging etter det nye klassifikasjonssystemet og trenger nøkkeltall for energiforbruk for delfunksjon. I en rapport utarbeidet av Spesialisthelsetjenestens "Grønt sjukehus" kreves at:

"Oppdeling i energiblokker skal gjøres etter klassifikasjonssystemet for arealer i helsebygg. Alternativt oppdeling etter det som er naturlig med bakgrunn i fysisk utforming og type aktivitet i bygget. Det må settes energimål og lages energibudsjett for hver energiblokk. Teknisk infrastruktur må planlegges slik at alle delposter i energibudsjettet kan etterprøves for hver energiblokk."

## 1.10 Sykehusfunksjoner - fordeling av energibehov og brukstid

Ved å se på behandlingsaktivitet og arbeidstidsordninger for de funksjonene som ikke er i direkte pasientkontakt, har vi fått et bilde for når ulike sykehusareal er i drift. Dette vises i tabell 5. Det er bare om lag 1/3 av sykehusarealet som er i drift alle dager i året og hele døgnet. Den største delen av dette arealet har også en veldig lav aktivitet etter kl. 18/19 om kvelden og i helgene. Områder som stort sett bare benyttes på vanlig dagtid en av de fem hverdagene i uka utgjør opp mot halvparten av sykehusarealet.

| Område                  | Aktivitetsnivå                | Sykehus 1   |                       | Sykehus 2   |                       |
|-------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
|                         |                               | netto areal | andel av samlet areal | netto areal | andel av samlet areal |
| Dagområde m/poliklinikk | Aktivitet dagtid              | 6.807       | 9,9 %                 | 8.170       | 9,4 %                 |
| Intensiv                | Aktivitet 24 timer 7 dg i uka | 5.378       | 7,8 %                 | 4.634       | 5,3 %                 |
| Normalsengeområde       | Aktivitet 24 timer 7 dg i uka | 15.653      | 22,7 %                | 12.993      | 14,9 %                |
| Pasienthotell           | Aktivitet 24 timer 7 dg i uka | 3.093       | 4,5 %                 | 1.664       | 1,9 %                 |
| Operasjon               | Hovedsak dagtid, noe vakt     | 2.106       | 3,1 %                 | 5.393       | 6,2 %                 |
| Radiologi               | Hovedsak dagtid, noe vakt     | 1.729       | 2,5 %                 | 3.997       | 4,6 %                 |
| Laboratorier            | Hovedsak dagtid, noe vakt     | 6.867       | 9,9 %                 | 16.801      | 19,3 %                |
| Sterilsentral, kjøkken  | Aktivitet utvidet dagtid      | 1.997       | 2,9 %                 | 1.779       | 2,0 %                 |
| Vakt, transport         | Aktivitet dagtid              | 12.210      | 17,7 %                | 6.836       | 7,9 %                 |
| Kontorområdet           | Aktivitet dagtid              | 13.188      | 19,1 %                | 24.707      | 28,4 %                |
| <b>Total</b>            |                               | 69.028      |                       | 86.974      |                       |

Tabell 5 Når på døgnet sykehusareal benyttes ved to større norske sykehus, netto areal

## 1.11 Data innsamling - energiforbruk etter sykehusfunksjon

Kartlegging av energiforbruk i denne fasen av forskningsprosjektet brukte en kombinasjon av publiserte data og data hentet fra referansesykehusene i Helse Sør Øst. Energidata fra referansesykehusene ble innhentet fra det webbaserte energioppfølgingssystemet, Energinet (Cebyc). Informasjon om distribusjon av utstyr og romfunksjoner ble hentet fra det webbaserte systemet dRofus (Nosyko). Teknisk driftspersonale fra HSØ hjalp prosjektet med design av informasjon for sykehusenes tekniske systemer.

Viktige kilder for internasjonale data var EU forskningsstudier, IFHE konferansemateriale og befaringer til sykehus i Sverige, Danmark, Nederland og Tyskland.

Resultatene fra referansesykehusene indikerer at det er enda større forskjeller i spesifikt energiforbruk enn de som er vist i tabell 6 fra rapporten «Grønt sjukehus» (Vedlegg 3 , Bygg).

Behandlingsbygg er kun 15 % mer energiintensiv enn sengebygg i følge rapporten. Analyse av data for 2010-2011 fra referansesykehus A viser at behandlingsfunksjonsområder er ca. 80 % mer energiintensiv enn sengeområder.

| Eksempel på energibudsjett     | Sengebygg          | Behandlingsbygg    | Psykatribygg       | Samlet             |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Oppvarmet BRA                  | 15 000             | 10 000             | 8 000              | 33 000             |
|                                | kWh/m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> | kWh/m <sup>2</sup> |
| Romoppvarming                  | 34                 | 25                 | 35                 | 32                 |
| Oppvarming av ventilasjonsluft | 31                 | 56                 | 25                 | 37                 |
| Vannoppvarming                 | 30                 | 30                 | 25                 | 29                 |
| Vifter og pumper               | 36                 | 42                 | 34                 | 37                 |
| Belysning                      | 43                 | 43                 | 42                 | 43                 |
| Teknisk utstyr                 | 35                 | 47                 | 30                 | 37                 |
| Romkjøling                     | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Kjølebatterier                 | 15                 | 16                 | 12                 | 15                 |
| Sum netto energibehov          | 224                | 259                | 203                | 230                |

Tabell 6 Energisignaturer per sykehusfunksjon, vedlegg 3 fra «Grønt sjukehus» , 2010

## 1.12 Delfunksjoner og energisignaturer

Prosjektet bruker 13 av de mest energirelevante delfunksjoner av total 81 delfunksjoner; kommunikasjonsareal er ikke med i kartleggingen. Hver delfunksjon har egen "energisignatur" på grunn av:

- plassering: lysbehov, varmetap,
- bruk: driftstid, behovsstyring, settpunkter og luftmengder
- utstyr: MTU og annet utstyr: elektrisk effektuttak (i drift, i standby), driftstid og behovsstyring, prosesskjølebehov

Et estimat på energisignaturer per sykehusfunksjon er vist i figur 12. Figuren skal oppdateres etterhvert med energidata innhentet fra referansesykehusene.

|                         | Dagområde<br>m/poliklinikk | Intensiv | Normal<br>senge-<br>område | Pasient-<br>hotell | Operasjon | Radiologi | Medisinsk<br>mikro-biologi | Steril-sentral | Kontor-<br>området |
|-------------------------|----------------------------|----------|----------------------------|--------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------|--------------------|
| 1a. Romoppvarming       |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 1b. Ventilasjonsvarme   |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 2. Varmtvann            |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 3a.Vifter               |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 3b. Pumper              |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 4. Belysning            |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 5. Teknisk utstyr       |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 6a. Romkjøling          |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |
| 6b. Ventilasjonskjøling |                            |          |                            |                    |           |           |                            |                |                    |

Figur 12: Grafisk estimat på energisignaturer per sykehusfunksjon

En rangering av energiintensitet fra referansesykehus B er vist i tabellen nedenfor.

| Hovedfunksjon                               | Delfunksjon             | Plassering                   | Areal<br>m <sup>2</sup> | Brukstid<br>(timer/døgn)           | Energi<br>(kWh/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Undersøkelse og behandling, somatikk</b> | Operasjon               | Operasjon, MS området        | 922                     | 7t/man-fre + beredskap             | 484                             |
| <b>Opphold, somatikk</b>                    | Intensiv                | Intensiv                     | 402                     | 24t/7d                             | 480                             |
| <b>Ikke-medisinsk service</b>               | Sterilsentral           | Sterilsentralen              | 228                     | 24t/7d                             | 476                             |
| <b>Opphold, somatikk</b>                    | Dagområde m/poliklinikk | Kirurgisk poliklinikk        | 895                     | 14t/man;<br>13t/dag;<br>9t/lør-søn | 310                             |
| <b>Opphold, somatikk</b>                    | Pasienthotell           | 5te etasje i høyblokka       | 1470                    | 24t/7d                             | 261                             |
| <b>Opphold, somatikk</b>                    | Normalsengeområde       | 4de etasje i høyblokka       | 1472                    | 24t/7d                             | 260                             |
| <b>Undersøkelse og behandling, somatikk</b> | Radiologi               | Radiologisk område uten MR   | 1420                    | 24t/7d                             | 213                             |
| <b>Administrasjon</b>                       | Kontorområdet           | GS i 2dre etasje på vestsida | 177                     | 8t/5d                              | 162                             |
| <b>Medisinsk service</b>                    | Medisinsk mikrobiologi  | Medisinsk biokjemi           | 620                     | 24t/7d                             |                                 |

Tabell 7: Energiintensitet per delfunksjon, referansesykehus B, 2010, data fra Energinet

Resultatene viser at delfunksjonene med høyt energiforbruk er: «Undersøkelse og behandling, somatikk: Operasjon» og «Opphold, somatikk: Intensiv». Merk at områdefinisjoner ekskluderer tverrgående arealer, og spesifikk forbruk blir dermed høyere enn for sykehuset generelt.

Andre betraktninger om årlig energiforbruk:

- Intensiv området er 80 % mer energiintensivt enn Normalsengeområdet.
- Undersøkelse og behandlingsområdet (operasjon) er 55 % mer energiintensivt enn kirurgisk poliklinikk
- Nøkkeltall basert på areal gir sterilsentral et høyt spesifikt energiforbruk

Energimodellering utført av Erichsen & Horgen for Nytt Østfold sykehus viste følgende resultater:

- Sengebygg 235
- Behandlingsbygg 259
- Psykiatri 211
- Teknisk 314

I denne modelleringen er behandling kun 10 % mer energiintensiv enn sengeområder. Dette resultatet kan forklares av at standardluftmengder fra NS3031 ble brukt.



## 1.13 Statistikk – energiforbruk internasjonalt

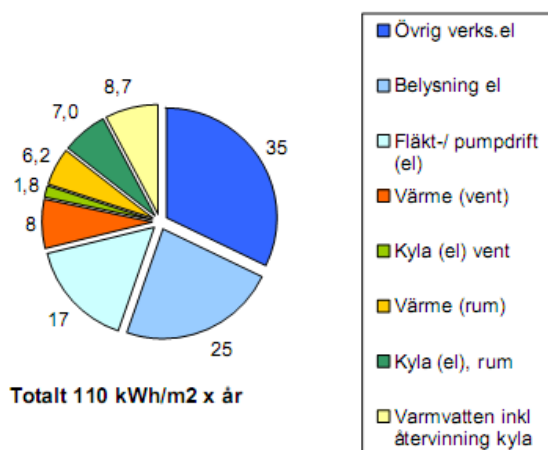
Spesifikk energiforbruk (kWh/m<sup>2</sup>) er den mest vanlige målestokken, men ikke nødvendig riktigst.

Andre mulige målestokker er:

- Spesifikk effekt (W/m<sup>2</sup>) sier mer om investering: ganget med brukstid gir denne energiforbruk
- Energi pr volumenhet (m<sup>3</sup>) også interessant, særlig for sykehus med glassgater
- Energi per seng, energi per pasient er kanskje mer samfunnsøkonomisk riktig, men mer vanskelig å kvantifisere pga. stor variasjoner i behandlingstilbud.

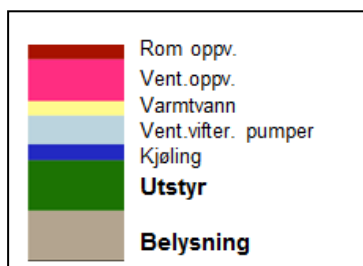
### 1.13.1 Sverige

Södra Älvsborgs Sjukhus - 'Tehuset' (2010), 20 000 m<sup>2</sup> presenterer seg selv som "Sveriges mest energieffektiva vårdbyggnad" med 110 kWh/m<sup>2</sup> i netto energibehov. Det inkluderer virksomhetsenergi, oppvarming, el til vifter, pumper, og belysning. Intern varmegjenvinning av varmtvann er medberegnet i forbrukstallet.



Figur 13 Energiinndeling for Södra Älvsborgs Sjukhus - 'Tehuset' (2010), fra sykehusets hjemmesider.

Sveriges største nye sykehusprosjekt, Ny Karolinska Solna, har prosjektert en energifordeling som vist i figur 14:



Figur 14 Ny Karolinska Solna - energibehov fra modell

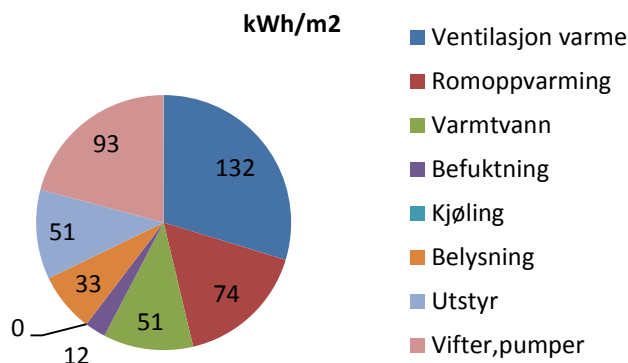
Den store andelen av energi til utstyr er bekreftet i danske studier som sier at dagens andel på 10 - 15 % av elforbruk i eksisterende danske sykehus skal øke til 15 -20 % i nye sykehus.<sup>7</sup> Denne økningen kan skyldes økt tetthet av medisinsk teknisk utstyr (MTU), utstyr med mer kraftkrevende prosessorer og økt skjermareal.

<sup>7</sup> Nøgletal for energiforbruk på sykehuse i Danmark, informasjon fra de danske regioner



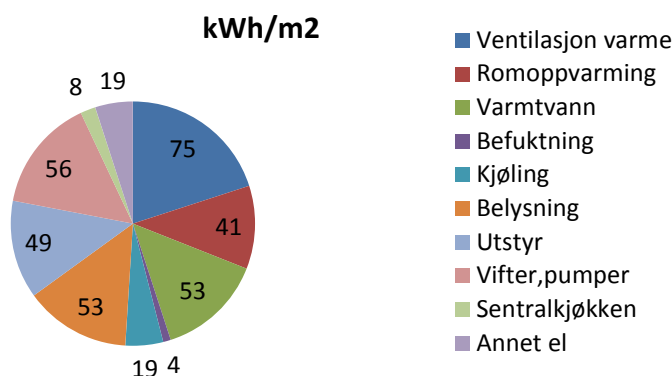
### 1.13.2 UK

Data fra NHS for nyere universitetssykehus med akutt-funksjoner og pasienthotell er vist i figur 15. NHS bruker nøkkeltall basert på GJ/100m<sup>3</sup> dvs. oppvarmet volum istedenfor areal, her konvertert til kWh/m<sup>2</sup> basert på gjennomsnittlig takhøyde på 3 m.



Figur 15: Energiinndeling for nyere universitetssykehus med akutt-funksjoner og pasienthotell (Ref: UK NHS 2009)

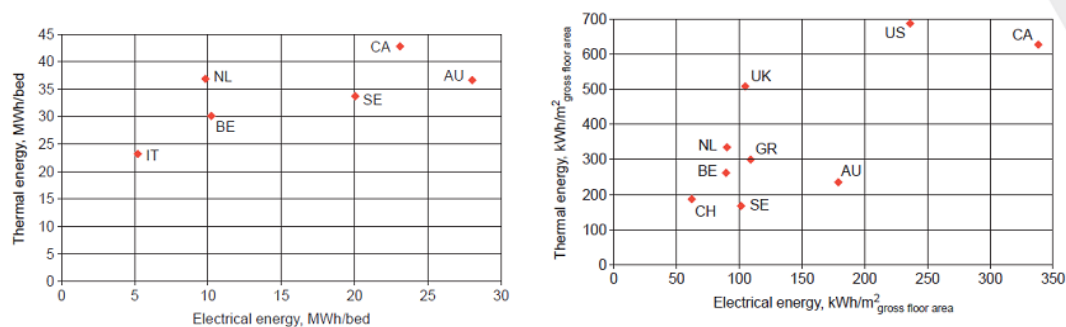
Energiinndeling for nytt, mellomstor 'best practice' sykehus i Cardiff, UK er vist i figur 16, fra arkitektfirma Arup, et firma som er kjent for lav-energi ventilasjonssystemdesign.



Figur 16 Energiinndeling for mellomstor nytt best-practice sykehus i Cardiff, UK (Ref: Arup 2009)

### 1.13.3 Europeiske studier

IEA Caddett, en energi kartlegging av sykehus fra 1997, viste forhold mellom termisk og elektrisk energiforbruk i sykehus i flere land som vist i figur 17.



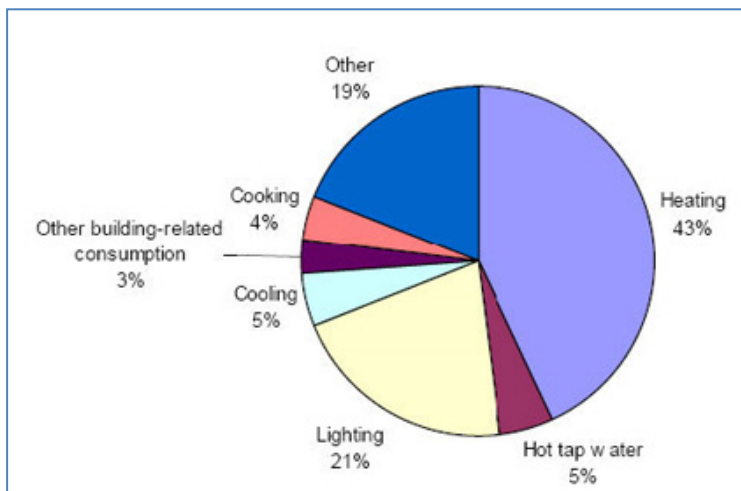
Figur 17 Energiforbruk fra Hospilot prosjekt, ECN 2002

- Svenske sykehus bruker 34 MWh termisk og 20 MWh elektrisk, per seng, netto energi.
- Internasjonalt er det ikke så store variasjoner i termisk energiintensitet per seng, men store variasjoner i elektrisk

Europeisk data fra Leonardo programmet i 2002 registrerte:

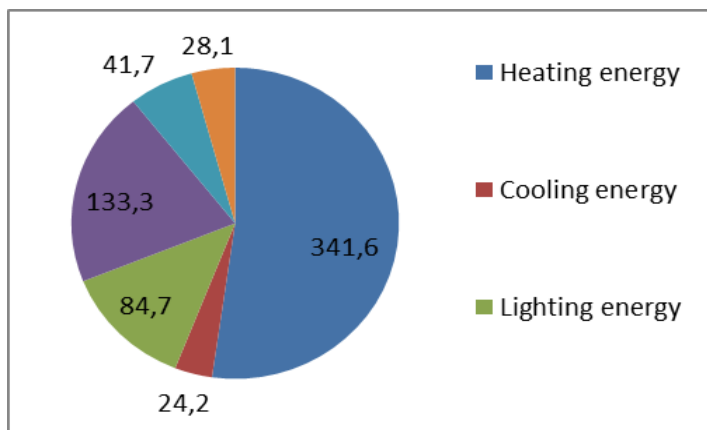
- 262 kWh/m<sup>2</sup> og 25,2 MWh/seng for levert termisk energi
- 113 kWh/m<sup>2</sup> og 10,9 for levert elektrisk energi.

En annen europeisk studie (ECN 2002) rapporterte energiinnndeling som vist i figur 18.



**Figur 18 Energiforbruk fra Hospilot prosjekt, ECN 2002**

Nordiske sykehus er nå blant de beste i verden på energieffektivitet. Nord-amerikanske sykehus bruker minst 2-ganger så mye. I USA ligger elforbruket rundt 256 kWh/m<sup>2</sup> og varmekonsumet rundt 640 kWh/m<sup>2</sup> (EPRI,2005). Canada har totalt et gjennomsnittlig forbruk 654 kWh/m<sup>2</sup>, inndelt som vist i figur 19.



**Figur 19 Energiforbruk i Canadiske sykehus (ECHPD 2005)**

## 1.14 Energiforbruk - data fra referansesykehus

Energiforbruksdata ble delt opp per energipost for 2010 for referansesykehus A; et stort sentralsykehus bygget 2008, med ca 500 sengeplasser og areal på 113 000 kvm. Energidataene ble ikke graddagskorrigererte: 2010 graddagstall var 4485, mens normal er 4139, altså 2010 var 8 % kaldere enn vanlig.

| Energipost     | kWh               | kWh/m <sup>2</sup> | % total      |
|----------------|-------------------|--------------------|--------------|
| vent.varme     | 12 619 000        | 111                | 27 %         |
| rad. varme     | 5 859 000         | 52                 | 12 %         |
| op.varme       | 664 092           | 6                  | 1 %          |
| varmtvann      | 1 480 000         | 13                 | 3 %          |
| kjøling (alle) | 7 333 000         | 65                 | 16 %         |
| snøsmelte      | 790 000           | 7                  | 2 %          |
| el-it rom      | 1 453 000         | 13                 | 3 %          |
| el (alt annet) | 17 041 000        | 150                | 36 %         |
| <b>SUM</b>     | <b>47 239 092</b> | <b>417</b>         | <b>100 %</b> |

Tabell 8 Energiforbruk fra referansesykehus (A), 2010

### 1.14.1 Ventilasjonsvarme

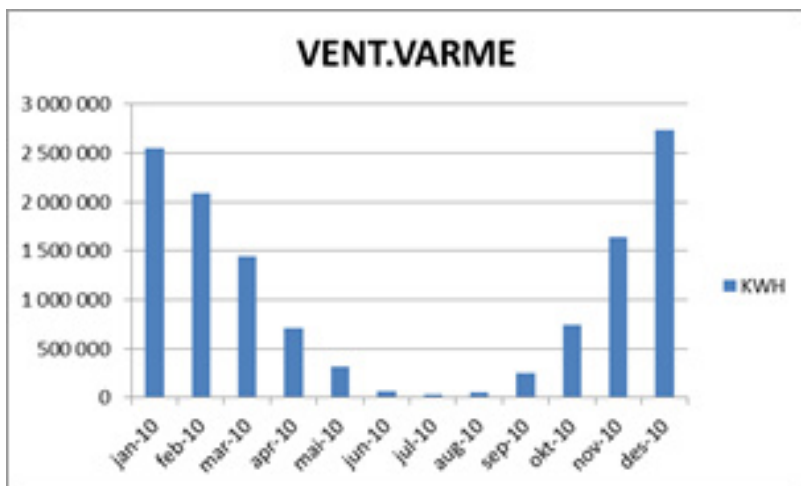
Resultatene viser store mengder energi til ventilasjonsvarme (111 kWh/m<sup>2</sup>). Noen forklaringer på det høye energiforbruket er:

- Lav gjennomsnittlig varmegjenvinningsgrad. Foreløpig analyse indikerer at mer utstrakt bruk av roterende varmegjenvinnere, med høyere gjenvinningsgrad enn batterigjenvinnere kunne redusere denne energiposten.
- Høye luftmengder, som kjennetegner sykehus, kan frakte mer varme og dermed tar en større andel fra romoppvarming (radiatorvarme).
- Store oppvarmede bygningsvolumer som f.eks glassgater, og andre områder høyt under tak.

Batterigjenvinnere brukt i referansesykehus kunne også blitt koblet såkalte 'runaround' systemer, for bedre utnyttelse av varmeenergi fra integrert kjøle- og varmen distribusjonsnettverk. Dette hovedtiltaket ble brukt av NREL i sin rapport om 50 % energireduksjon, og er tema for Fase 2 i dette forskningsprosjektet.

Andelen av varme til ventilasjon er i tråd med data fra andre sykehus i nordiske land, men andel av varmeenergi er 60 % mens en andel mellom 30 og 40 % er typisk for eksisterende sykehus i Danmark.

Figur 20 viser data fra et større norsk sykehus. Det er veldig stor variasjon i denne energiposten. Den varierer med utetemperatur men uheldigvis i motfase med pasientbelastning. Som vist i figuren ble nesten 2,8 GWh varme brukt i kun en vintermåned.



Figur 20 Ventilasjonsvarme (kWh), månedlig i referansesykehus A

### 1.14.2 Romoppvarming (radiatorvarme) og høytemperatur varme (OP)

Radiatorvarme på 52 kWh/m<sup>2</sup> utgjør kun 13 % av det totale energiforbruket. Denne andelen kan tyde på at ventilasjonsvarme tar en større del av energibehovet for oppvarming. Romoppvarming for andre nyere sykehus og sykehus under prosjektering i Norge har ligget rundt 70-80 kWh/m<sup>2</sup>. For eksisterende sykehus i Danmark tar romoppvarming ca. 60 kWh/m<sup>2</sup>.

Resultater viser også forholdsvis store mengder høytemperaturvarme til operasjonsrommene. Totalt netto operasjonsareal i referansesykehuset er 1000 m<sup>2</sup>, som gir spesifikt energiforbruk for romoppvarming på ca. 660 kWh/m<sup>2</sup>.

Det er også registrert store mengder varme til snøsmelting. Dette er et særskilt problem for sykehus i Norge, som definerer mer areal som skal være snø- og isfritt enn vanlig for andre bygningstyper. Et riktigere nøkkeltall for energi til snøsmelting ville vært energi per kvm dekket areal.

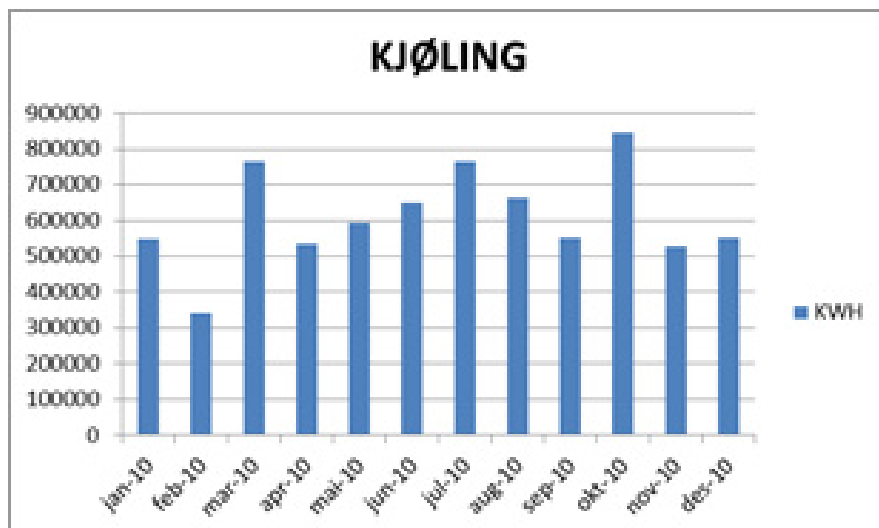
### 1.14.3 Varmtvann

Energiforbruk til oppvarming av varmtvann, 13 kWh/m<sup>2</sup>, utgjør kun 3 % av det totale energiforbruket. Energiintensitet av oppvarming av varmt tappevann er sammenlignbart med andre, etablerte sykehus. Ullevål sykehus bruker ca. 13,4 kWh/m<sup>2</sup> til oppvarming av tappevann, målt på primærsiden av varmeveksler.

Analyse av denne energiposten viser en intensitet som er mye lavere enn standardverdiene brukt i energimodellering. Denne energiposten er et eksempel på et forbruk som bør kanskje kartlegges etter antall senger for å få riktigere estimater.

### 1.14.4 Kjøling

Resultater viser store mengder energi til kjøling, 65 kWh/m<sup>2</sup>, som er 16 % av det totale energiforbruket. Kjøleenergi over året viser kun 20 % variasjon med utetemperatur. Dette resultatet tyder på at ca. 80 % av kjøling er knyttet til prosessene i sykehuset, og ikke direkte til komfortkjøling (ventilasjonkjøling). Typiske verdier for ventilasjonkjøling i norske sykehus ligger rundt 15 kWh/m<sup>2</sup>.



Figur 21 Kjøleenergi (kWh), månedlig i referansesykehus A

### 1.14.5 Elektrisitet

#### Elektrisitet (alle unntatt IKT):

Elektro er den største energiposten. En finere inndeling av elektrisitetsforbruk var ikke mulig ved avslutning av prosjektets Fase 1 på grunn av et stort antall felles elkurser. I tabell 9 estimerer vi inndeling av elenergien.

Det er registrert store mengder energi til IKT rommet. Sykehusspesifikt energiforbruk til IKT, 13 kWh/m<sup>2</sup>, er mye høyere enn i et typisk kontorbygg. Andre faktorer som spiller inn er strengere krav til økt redundans (flere servere som går i hot backup) og bedre responstid.

|                         | % total el | kWh/m <sup>2</sup> |
|-------------------------|------------|--------------------|
| el-belysning            | 35 %       | 53                 |
| el-vifte- og pumpedrift | 20 %       | 30                 |
| el-sykehus-spes. utstyr | 45 %       | 68                 |
| el-SUM                  | 100 %      | 150                |

Tabell 9 El-energiforbruk estimert for referansesykehus (A) , 2010

### 1.14.6 Elektrisitet til belysning

Elkursene til belysning var umulig å skille ut fra el til andre formål, så derfor er energibruk til belysning kun estimerer. El til belysning utgjør typisk ca. 20 – 35 % av totalt elforbruk, men er antatt 10 % lavere i nye sykehus. Installert effekt er ca. 12 W/m<sup>2</sup>. Korridorbelysning er ca. 25 % av installert effekt. Det er estimert at 20 % av energi til belysning må regnes også å skape kjølebehov.

### 1.14.7 Elektrisitet til luftbehandling og pumpedrift

Elkraftkursene til ventilasjonsanleggene var umulig å skille ut fra el til andre formål i alle referansesykehusene. Erfaringstall fra andre sykehus sier at el til luftbehandling utgjør mellom 15-25 % av det totale el-forbruket, og mellom 35 - 50 kWh/m<sup>2</sup>.

### 1.14.8 Elektrisitet til sykehusspesifikt utstyr

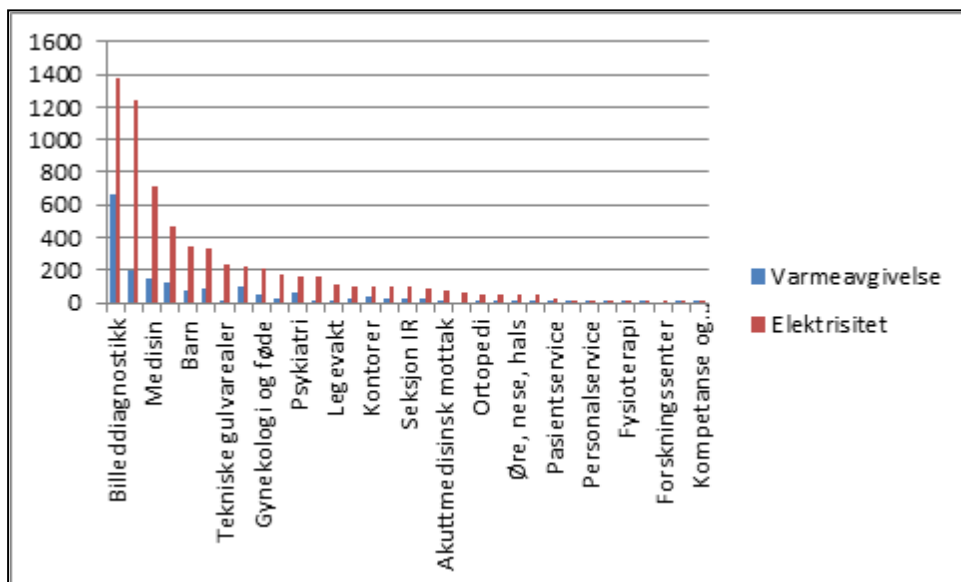
Typiske verdier for summen av MTU og sykehusspesifikt utstyr er mellom 60 – 80 kWh/m<sup>2</sup> eller mellom 12 % - 20 % av det totale elforbruket i nye sykehus.

Resultater fra referansesykehus A viser at store bildediagnostiske systemer (BDS) har høy standby effekt over lang tid: 520 000 kWh/år (Ahus)= 625 000 kWh/år, inklusiv kjøling med 80 % gjenvinning. Dette tilsvarer 5,2 kWh/m<sup>2</sup>

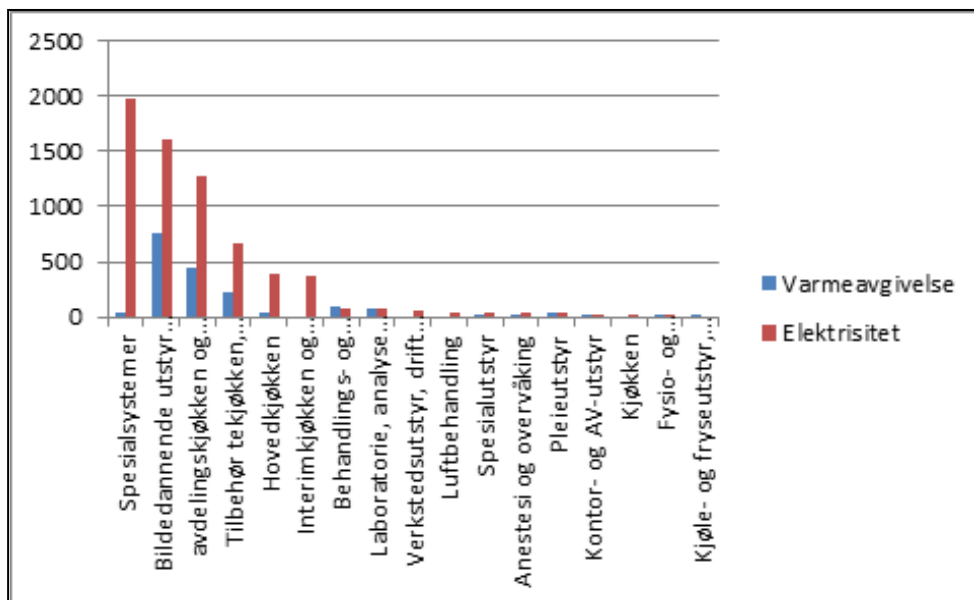
Analyse av utstyr i referansesykehus A viste en normalfordistribusjon av installert effekt, både overfor antall og for delfunksjoners tilhørighet.<sup>8</sup> BDS representerer kun 25 % av total installert effekt, og estimert under halvparten av total energiforbruk for alt av MTU og sykehusspesifikt utstyr.

Det er mer installert kW dvs. kraftkrevende utstyr, i området «Spesialsystemer» enn det som finnes installert i BDS. Spesialsystemer består av autoklaver, dampgenerator, dekontaminatorer og tøyvaskmaskiner. Et annet område med halvparten av BDS sin installerte effekt, men med lang brukstid, er «medisin» med mye overvåkningsutstyr.

Prosjektet venter fortsatt på detaljerte brukstid per utstyrskategori.



Figur 22 Effekt (kW) og varmeavgivelse per delfunksjon:



Figur 23 Effekt (kW) og varmeavgivelse per utstyrskategori

<sup>8</sup> Se vedlegget (C eller D)

## 1.15 Resultater – oppsummering

En sammenstilling av ikke-korrigerede energiforbruksdata er vist i tabellen. Dataene er hentet fra Energinet energioppfølgingssystem i HSØ for perioden 07.2010-07.2011.

| Sykehus        | BRA areal m2 | kWh         | kWh/m2 |
|----------------|--------------|-------------|--------|
| Ahus           | 113 235      | 47 240 000  | 417    |
| Ullevål        | 328 303      | 104 102 000 | 317    |
| Elverum        | 45 222       | 10 794 000  | 239    |
| Bærum          | 62 781       | 30 988 000  | 494*   |
| Lillehammer    | 54 326       | 20 250 260  | 373    |
| Drammen        | 62 305       | 27 644 800  | 444*   |
| Rikshospitalet | 194 200      | 75 000 000  | 385*   |
| SUM            | 798 067      | 288 374 260 | 367    |

**Tabell 10 Energiforbruk, ikke-korrigert, for referansesykehusene fra 07.2010-07.2011 (\*=2010)**

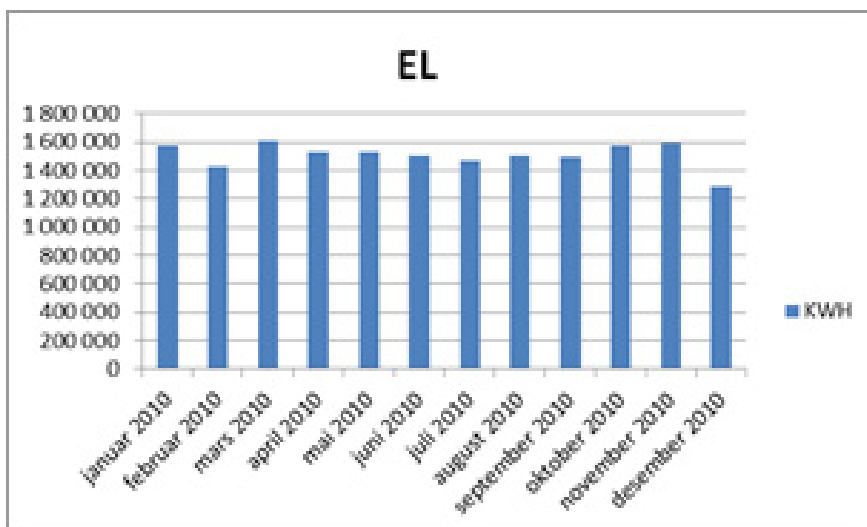
Den store variasjonen i spesifikt energiforbruk (levert kWh/m<sup>2</sup>) mellom sykehusene kan forklares kun delvis med energidesign av bygg og tekniske systemer. Mye av denne forskjellen kan også forklares av store variasjoner i produksjonsenergi, definert som antall konsultasjoner, liggedager, og utstyrsparken.

Gjennomsnittlige energiforbruk for et utvalg av sykehus i HSØ er 367 kWh/m<sup>2</sup>. Forbrukstall er brutto og har ikke blitt korrigert bl.a. for graddagstall eller tjenester.

Store sykehus med økt volum fra glassgater har høyere nøkkeltall basert på areal. For sammenligning på tvers av sykehus bør energitall korrigeres for graddager, produksjon og produksjonsstøttesystemer. Det er viktig å korrigere for outsourcing av produksjonsstøtte til andre virksomheter enn de som formelt inngår i sykehuset. Rikshospitalet tilbyr produksjonsstøtte med søppelautoklaver (4GWh), produksjonsapotek (1,5 GWh), sterilsentral (1GWh), PET senter (0,5GWh) og take-away kjøkken (1GWh). Etter alle de foreslåtte korrigeringer ligger Rikshospitalets energiforbruk på 335 kWh/m<sup>2</sup>.

## 1.16 Resultater - potensialet for behovsstyring - sesongvariasjoner

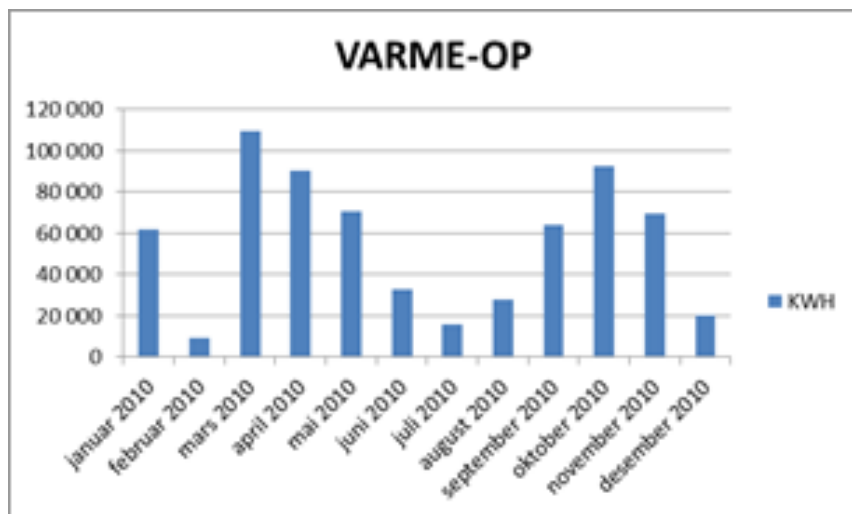
Data for 2010 fra referansesykehuset (A) viser ingen variasjon i sykehusets største energipost (elektrisitet), hverken med sesong/dagslys eller pasientbelastningen over året. Dette kan indikere en stor grunnlast som kan behovsstyres mye bedre.



**Figur 24 Elektrisitet (kWh), månedlig i referansesykehus A**



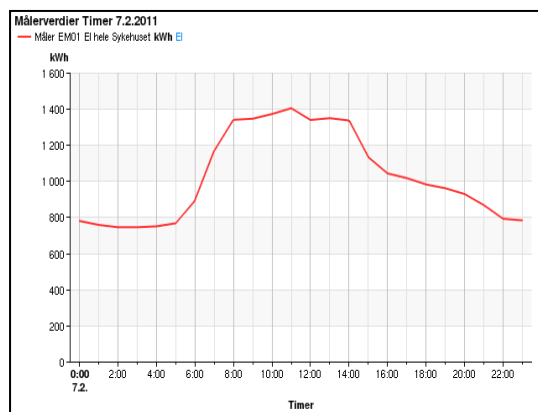
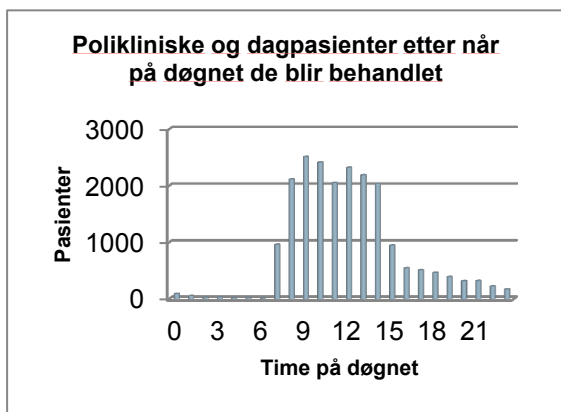
Det er heller ikke korrelasjon mellom høytemperatur varme til operasjonsstuer (OP) og utetemperatur. Dette er ikke som forventet siden OP-stuene i referansesykehuset og de i de fleste norske, moderne sykehus har store vinduer ut mot friluft. Men størrelsen på denne energiposten, kombinert med et opplagt forhold til aktivitet, betyr at denne også er en kandidat for bedre behovsstyring.



Figur 25 Høy-T varme til OP (kWh), månedlig i referansesykehus A

### 1.17 Resultater - potensialet for behovsstyring - døgnvariasjoner

Aktivitetsdata i figur 26 fra referansesykehus (B), et mindre sentralsykehus, viser en klar døgnrytme. Sammenstilt med sykehusets største energipost kan man se at også her er det et potensial for behovsstyring.



Figur 26 Aktivitetsdata (venstre) og elforbruk over et døgn, referansesykehus B

Resultater fra referansesykehus viser at elforbruk er sterkt aktivitetsavhengig, men med en grunnlast som utgjør ca. 50 % av døgnets høyest verdi. Andre relevante resultater fra analyse av elforbruk:

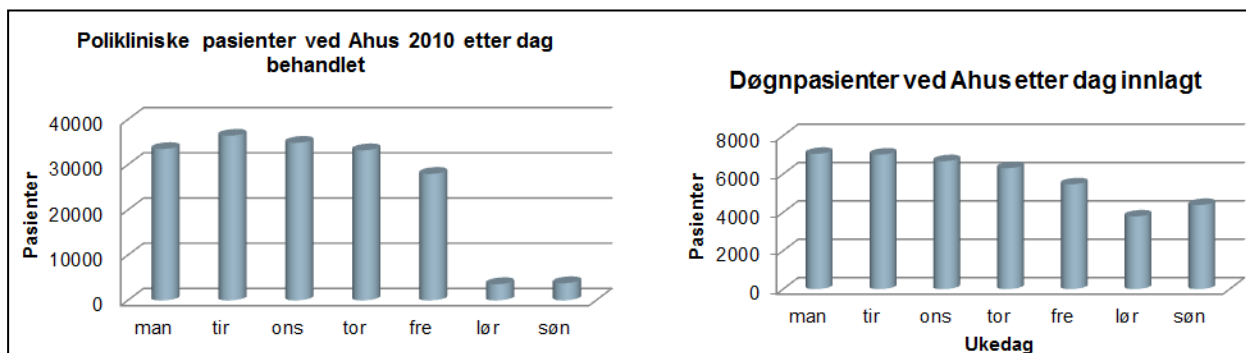
- Nattreduksjon utgjør en senkning av mellom 20 – 45 % fra peak
- Helgereduksjon er kun 10- 20 % fra peak

Behovsstyring av varmekonsum i referansesykehus er mer vanskelig å kartlegge pga. treghet i termisk masse. Referansesykehus B benyttet en helgereduksjon som er estimert på mellom 30 – 50 % fra peak verdien i løpet av uken.

En av konklusjonene fra analysen er at behovsstyring etter døgn- og ukevariasjoner i mindre sykehus (B) er mer effektiv enn ved større sykehus (A).

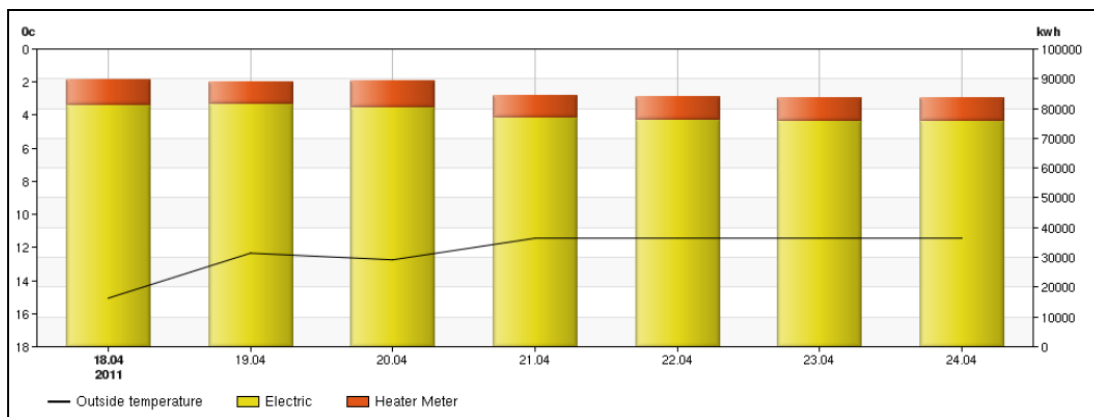
## 1.18 Resultater - potensialet for behovsstyring - ukevariasjoner

Med aktivitetsdata som en brukbar indikator for reelle behov, ser man også klare ukevariasjoner selv i et travelt og stort lokalsykehus, referansesykehus A, som vist i figur 27.



Figur 27 Aktivitetsdata (venstre) over et døgn, referansesykehus B.

Ukentlige variasjoner av ca. 30 % i aktivitet er ikke gjenspeilet i en tilsvarende ukevariasjon i energiforbruk, som vist i figur 28 for mandag til søndag i midten av april 2010. Dette betyr et teoretisk potensial for forbedret behovsstyring.



Figur 28 El- og varmekonsum over en uke (mandag-søndag), referansesykehus B.

Kandidater for funksjonsområder med størst potensial for behovsstyring er funksjonene med stort energiforbruk og med de største døgnvariasjoner i aktivitet: dagområde/poliklinikk, operasjon, og generelle oppholdsområde (f.eks. psykiatri).

Analysearbeid i delprosjektet viser at kun ca. 30 % av arealet i referansesykehuset A er regnet som 24t i døgnet 7 dager i uka. Behovsstyring av ventilasjon i resterende areal kan gi stor energigevinst. Halvering av luftmengden utenfor vanlige driftstider vil redusere energiforbruk over 80 %.

## 2 DELPROSJEKT 2: BYGG

### 2.1 Passive bygningsmessige tiltak

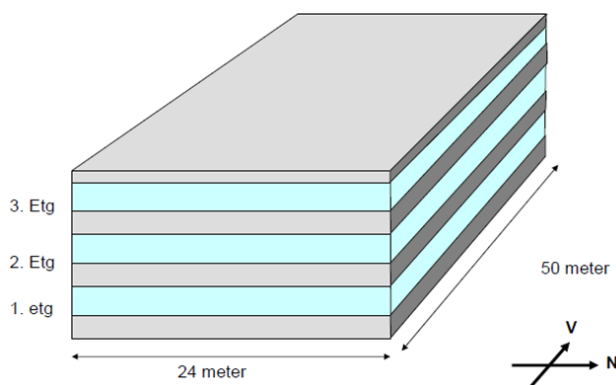
#### 2.1.1 Utfordringer for bygningsmessige tiltak.

Kyoto-pyramiden er en kjent og mye brukt styringskode for energieffektivisering. Der angis nødvendige tiltak i følgende prioriterte rekkefølge: 1) reduser varmetapet, 2) reduser elforbruket, 3) utnytt solenergien, 4) vis og reguler energiforbruket, og 5) velg energikilde.

De viktigste utfordringene mht. energiforbruk i sykehus er imidlertid knyttet til overskuddsvarme, særlig pga. høye interne laster til medisinsk-teknisk utstyr. Løsninger som kan bidra til passiv kjøling eller på annen måte avhjelpe overskuddsvarme, blir dermed like viktige som de nevnte tiltakene.

#### 2.1.2 Ytre form

For å redusere varmetapet, har flere tidligere rapporter trukket frem "kompakt bygningsform" som et meget viktig tiltak. Innenfor forskningsprosjektet Low Energy Commercial Buildings (LECO) er det utgitt en rapport som ser nærmere på energibalansen i yrkesbygg med kompakt form<sup>9</sup>. De har tatt utgangspunkt i et kompakt bygg som vist under, og som også er utgangspunktet for arbeidene med nye energikrav i tekniske forskrifter (TEK10). Et viktig poeng i deres rapport var at når energimålet var reduksjon på 40 % eller mer, var de største utfordringene knyttet til å håndtere overskuddsvarme og å unngå solinnstråling og interne varmelaster, dersom nye forskriftskrav til yttervegger ble fulgt. Figur 29 viser den bygningsmodellen som ligger til grunn for beregningene både i rapporten og i TEK 07.



**Figur 29** Illustrasjonen fra den nevnte LECO-rapporten

De samme konklusjonene trekkes også fram i forskningsprosjektet Climate Adaptive Buildings (CAB). I et paper fra 2009<sup>10</sup> ble enkeltelementene i bygningsskallet undersøkt i en dynamisk simuleringsmodell for å vurdere potensialet for energisparing. Deres konklusjon var at tetthet og isolasjon var svært viktige parametere – i tillegg til å redusere kjølebehovet. Men bygningens form hadde liten innvirkning på energieresultatene.

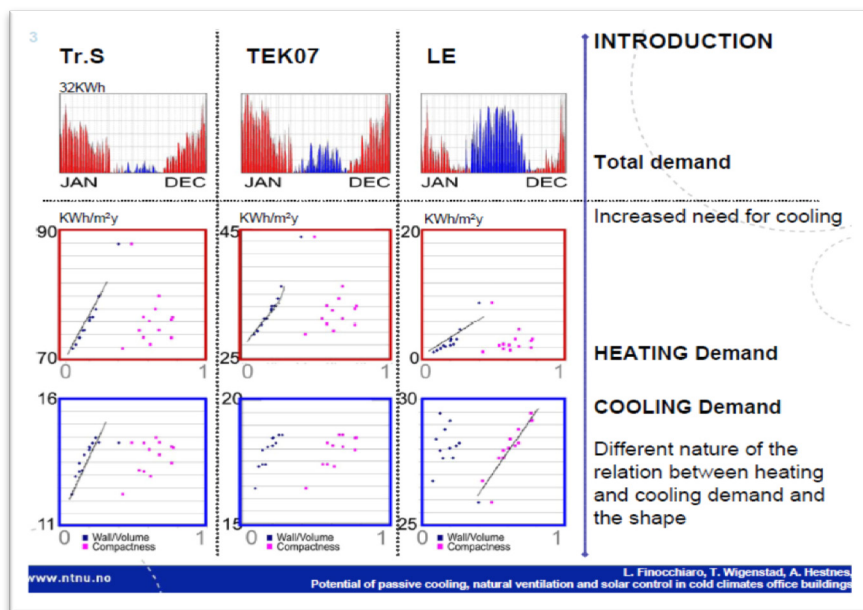
Innenfor forskningsprosjektet Zero Emission Buildings (ZEB), er formfaktoren undersøkt nærmere, og utdypet bl.a. i et paper<sup>11</sup>. De viser der et teoretisk bygg med en relativt lik og kompakt

<sup>9</sup> T. Wigenstad og C. Grini: *LECO. Fra normbygg til Faktor 10. Mulig vei for å redusere energibruken med 90% i et kontorbygg*. (SINTEF Byggforsk, prosjektrapport 51:2010).

<sup>10</sup> M. Haase et al.: *Design and future of energy-efficient buildings in Norway* (SINTEF Byggforsk og NTNU)

<sup>11</sup> L. Finochiaro, T. Wigenstad og A. Hestnes: *Potensial of passive cooling, natural ventilation and solar control in cold climates office buildings* (NTNU, SINTEF Byggforsk, 2010).

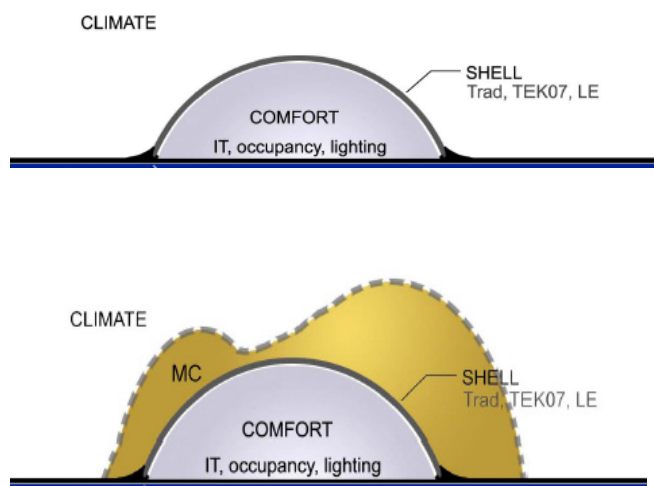
bygningsskropp utført med tre ulike tekniske standarder: tradisjonell utførelse, energikrav i hht. TEK07/TEK10, og energikrav for "lavenergibygg" (LE). Figur 30 viser hvordan forholdet mellom oppvarmingsbehov og kjølebehov endres for dette bygget bare ved å endre energikravene til klimaskallet:



Figur 30 Forholdet mellom oppvarmingsbehov og kjølebehov når energikravet til klimaskallet endres

I prosjektet ble også en rekke formfaktorer undersøkt, for å se hvordan ulik form påvirket energibruken. Deres konklusjon var at ytre form hadde liten eller ingen betydning. Det kan imidlertid se ut som om det – uansett form – kan være viktig å etablere en sone med "mikroklima" nær bygget.

Dette kan illustreres med figurene under:



Tegningen til venstre viser i prinsippet klimaskallet betydning i ordinære bygg: Klimaskallet er det eneste skillet mellom klimaet og komfort-sonen inne i bygget.

Tegningen til venstre viser i prinsippet et bygg med klimaskall og i tillegg en sone med "mikroklima" som kan bidra til bedre energibalanse i bygget.

Etablering av en slik "mellomsone med mikroklima" vil kunne endre synet på hovedgrep for ytre form og volum for sykehusbygg. Slike soner kan også sees i sammenheng med løsninger med doble fasader eller andre fasadekonsepter. Men ikke minst: slike soner bør kunne kobles til etablering av eventuelle glassgårder – som ofte er ønsket i sykehusbygg pga. viktige sosiale og trivselsmessige aspekter, men som kan være vanskelig å forsvare i forhold til bygningens energiforbruk.

### 2.1.3 Ytre form og glassgårder

Glassgårder har også blitt undersøkt spesielt i forhold til energiforbruk, og publisert i en rapport<sup>12</sup>. Tre konsepter for glassgårder i kontorbygg ble undersøkt, og det konkluderes med at eventuelle glassgårder ikke bør utformes som atrier eller glassoverdekte gater inne i bygget – både pga. det store varmetapet gjennom taket, og fordi det i taket ikke vil være aktuelt å bruke lavere U-verdier på glasset fordi det da vil gi økt snølast m.m.

Deres konklusjon var derfor at glassgårder primært burde utformes som store, åpne rom med en stor vertikal flate med glass – og dersom det skulle være glass i taket, burde dette maksimalt være 30-35 % av takflaten (65-70 % tett). Solskjerming av glassgården må vies oppmerksomhet. Dette kan gjøres ved bruk av vegetasjon, utvendige persiennner, eller ved bruk av nyere glassmaterialer som kan endre egenskaper og slippe inn lys/varme når det er behov for det (ECW), og skjerme når det er behovet. Denne type glassgårder bør også kombineres med bruk av tunge, varmelagreende materialer (betong og evt. PCMs) for utjevning av temperaturen over døgnet. I tillegg bør overskuddsvarme i sykehuset benyttes til oppvarming av glassgårdene. Glassgårdenes rolle og betydning for energibalansen i sykehus og kombinasjon med "mikroklimasone" bør utforskes videre.

### 2.1.4 Ytre form og bærekraftig energiproduksjon

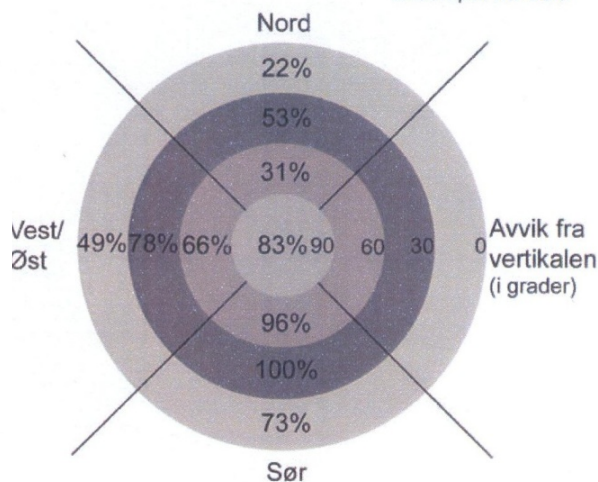
I fremtiden vil det viktigste energitiltaket knyttet til ytre form være at den ytre formen bidrar til at bygget kan oppnå maksimal bærekraftig energiproduksjon via klimaskallet.

#### Solenergi:

Solenergien kan utnyttes både som passiv solenergi via innstråling, via solpaneler som i hovedsak gir varmt vann for oppvarming av rom eller forbruksvann, eller via solceller som produserer strøm (PV). For bygg med stor overskuddsvarme er både passiv innstråling og vannbåren energi av mindre interesse – håpet i dette prosjektet er jo bl.a. at overskuddsvarmen vil kunne utnyttes til å dekke sykehusets behov for den type energi. For sykehusbygg er det derfor helt klart solceller (PV) eller annen bærekraftig energi som produserer strøm som har størst interesse.

Solenergi i form av bygningsintegrerte PV-fasadeelementer (BIPV) peker seg ut som det viktigste tiltaket, og disse kan gi et vesentlig bidrag til å dekke behovet for strøm. Det vil være en fordel med volum og fasader som er vendt mot sør +/- 20 %, men PV-elementene produserer også strøm med indirekte sol.

Solcellers effekt (%) etter orientering  
Eksempel fra Oslo



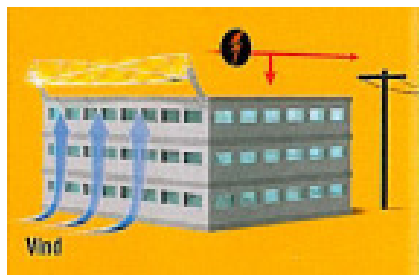
I Oslo er den ideelle plasseringa av PV-elementer i fasaden mot sør, og ca 20 % avvik fra sør både mot øst og vest. Elementene gir størst effekt når de har en helning på ca. 30°, og videre opp mot 60°.

<sup>12</sup> M. Thyholt og B. Strandholmen: *Nye energikrav; muligheter for glassgårder og glassfasader* (SINTEF Byggforsk 2007)

## Vindenergi

Når vinden treffer en stor bygningsfasade, blir vinden akselerert med opptil 70 %, noe som øker vindens energikapasitet med over 350 %. Denne energien kan utnyttes ved bruk av kantvindmøller. Kantvindmøllene er imidlertid ikke så effektive som ordinære vindmøller; de henter bare ca. 34 % av vindens energi, mens ordinære propellbaserte vindmøller henter nærmere 45 %. Til gjengjeld er de normalt plassert der vinden har mest energi.

Vindenergien bør utnyttes der forholdene ligger til rette for dette klimatisk, og i så fall bør bygget utformes med en rett hovedfasade som er minst 12 m høy, vinkelrett på fremherskende vindretning.



Illustrasjonen viser prinsippet for kantvindmøller, hvor vinden får øket energi over kanten av taket dersom veggen er mer enn 12 m høy, og er plassert vinkelrett på fremherskende vindretning.

Dersom den fremherskende vindretning er fra nord (eller i det minste andre himmelretninger enn sør +/- 20 %), vil mulighetene for lokal energiproduksjon gi sterke føringer for ytre form, men samlet vil det kunne gi et meget vesentlig bidrag til energiregnskapet for bygget.

## Fasader/kledning

Det forskes mye på ulike nye fasade-konsepter. Dette spenner fra nye typer "low-tech"-løsninger (med bruk av vegetasjon / grønne fasader, og tradisjonelle materialer), til "high-tech"-løsninger (doble fasader koblet til ventilasjon, intelligente fasader, smarte fasader).

Smarte fasader kan inkorporere både høyeffektive isolasjonsmaterialer, nye varmelagrende materialer (med PCMs), ventilasjon og småskala PV slik at den energien fasaden bruker for å kunne yte optimalt blir produsert av fasaden selv, gjerne i form av solskjermingselementer med PV.

I forhold til en målsetting om halvering av bygningens energiforbruk, vil bruk av bygningsintegrerte fasadeelementer med PV (BIPV) være det viktigste tiltaket, og være et tiltak med stort potensiale. Produsentene hevder eksempelvis at BIPV kan halvere energibruken i et kontorbygg.



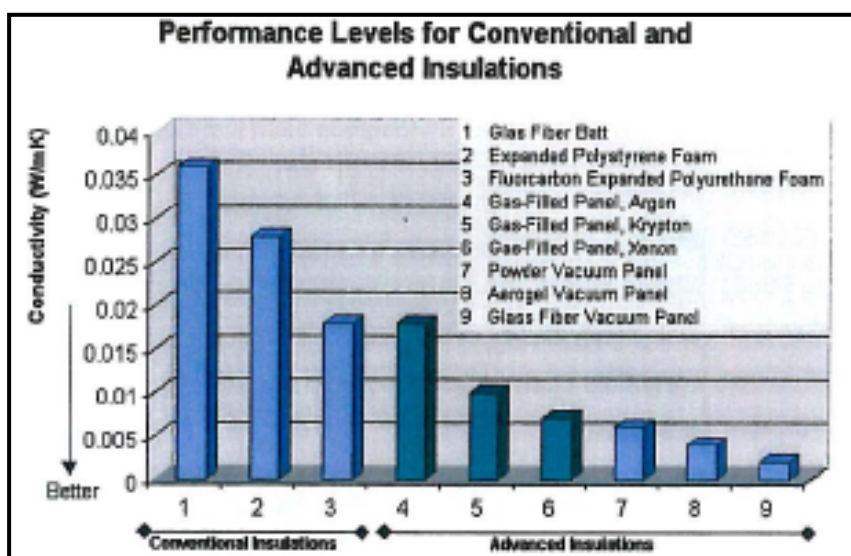
## 2.2 Yttervegger – konstruksjoner

For energitap via yttervegger viser rapporter fra CAB-prosjektet at det viktigste enkelttiltaket er bedre lufttetting og isolasjon.

Det skjer mye forskning på isolasjonsmaterialer. Passivhus / nesten-null-utslippshus osv. forutsetter vesentlig bedre isolasjon av byggene enn i dag, og forskriftene skjerpes stadig. Men svært tykke vegger har også noen uheldige sider, og forskningen er knyttet til høyisolerende materialer som gir samme effekt med vesentlig mindre tykkelser (svært lave U-verdier). Gassfylte paneler (med ulike gasser) og vakuumisolasjonspaneler (VIP) i ulike former er blant produktene som testes ut.

Figur 31 viser varmegjennomgangen i ulike typer isolasjonsmaterialer<sup>13</sup>.

- De tre søylene til venstre viser tradisjonelle produkter på markedet i dag.
- De tre litt mørkere søylene i midten viser gassfylte isolasjonspaneler med ulike gasstyper (GIP)
- De tre søylene til høyre viser tre varianter av vakuumisolasjonspaneler (VIP)



Figur 31 Varmegjennomgang (U-verdier) i ulike konvensjonelle og avanserte isolasjonsmaterialer.

Men både GIP og VIP har fortsatt noen svakheter: de er sårbare for skader, punkteringer gir store kuldebro-problemer i en ring rundt, de kan ikke tilpasses på stedet, og de mister noe av effekten ved aldring. Helhetlige løsninger for veggen for å unngå fuktskader i forhold til ulike kondenspunkter må også sikres. Det forskes derfor videre, slik at VIP-panelene innen kort tid kan erstattes av vakuum-isolasjonsmateriale (VIM) som tar i bruk nanoteknologi for å møte disse utfordringene, og som kan opptre som et materiale som kan kappes på stedet og som tåler skader uten at kuldebroproblemer oppstår. Med disse høyeffektive materialene kan nye krav til isolasjon møtes uten at veggtykkelsene nødvendigvis må økes vesentlig.

Dagens VIP-paneler kan oppnå U-verdier ned til 0,004 når det er nytt, og øke til 0,08 ved aldring, noe som fremdeles er et lavt tall. Det forventes at VIM-materialene får omtrent de samme verdiene.

For mulige kuldebroer er bruk av VIP/VIM-paneler i liten skala også et forskningsfelt.

For lufttetting vil det viktigste tiltaket være å sikre at utførelsen er god nok. I tillegg finnes det nå bedre løsninger for lufttetting rundt dør- og vinduskarmen, men også disse er avhengig av godt

<sup>13</sup> Figuren er hentet fra <http://gfp.lbl.gov/performance/default.com>, og gjengitt i rapporten *Energy-Efficient Intelligent Facades. A State-of-the-Art* av I. Andresen et al. (2005).



håndverk. Det kan her også legges til at de nye isolasjonsmaterialene VIP (og VIM) er lufttette, og at det er overganger som vil utgjøre utfordringene.

## 2.3 Vinduer og glass

Vinduer og glassflater utgjør i dag ca. 40 % av varmetapet gjennom bygningsskallet, og bør ha stort fokus. Her er det et stort potensiale for energisparing ved å ta i bruk nye glasstyper / vindustyper som kan redusere U-verdien fra dagens 1,4-1,6 W/m<sup>2</sup>K (via de nye forskriftskravene på 0,8-1,2 W/m<sup>2</sup>K) ned til de beste variantene som i dag kan tilbys, med U-verdier på ned mot 0,5 W/m<sup>2</sup>K. Dette kan utgjøre en vesentlig energisparing, og også bidra til at arealene inne i bygget kan utnyttes bedre helt ut til vinduene (dvs. bedre arealeffektivitet).

Det er skjerpede energikrav også til vinduer, og TEK10 angir U-verdi ordinært på 1,2 W/m<sup>2</sup>K. For lavenergi / passivhus er kravet en viss maksimumsstørrelse og en U-verdi på 0,8 W/m<sup>2</sup>K – men med muligheter for en avregning i forhold til vinduenes størrelse (mindre vinduer – større flater). Kravet innebærer dermed risiko for at det blir vesentlig mindre vindusflater, og/eller at det kommer mindre lys inn. Dette kan være uheldig på sykehus, spesielt i pasientrom, i forhold til dagslysets betydning for raskere rekreasjon og for mental helse. Dagslyset kan også ha betydning for bakteriebekjempelse i sykehus.

Det finnes flere typer arkitektoniske grep og optiske systemer for å bringe dagslys lenger inn i bygget, både direkte og indirekte. Dersom dette skal bidra til energisparing, må det imidlertid knyttes mer direkte til styring av belysningen inne i byggene.

Det skjer en relativt rask utvikling på glasstyper. Glassene kan nå endre karakter både passivt (som i termokromatiske og fotokromatiske glass) eller aktivt (som i elektrokromatiske glass). Glassene finnes også med en rekke belegg og i kombinasjoner med gass. Det er et stort marked å orientere seg i, og de endelige verdiene for varmelekkasjer vil foruten selv glasstype/oppbygning også være avhengig av karm/innfesting (og størrelsen, for totalt varmetap). Det finnes også løsninger som nærmer seg doble fasader, med stor avstand mellom de ytterste glassene, og hvor hulrommet knyttes til ventilasjon.

En forskningsrapport som har sammenlignet de ulike glass/vindustypene har konkludert med at de elektrokromatiske vinduene (ECW) er mest lovende. De kan endres innenfor et stort spekter av egenskaper, fra lav U-verdi til god solskjermingseffekt hvor de kan styre bort uønsket stråling og/eller varmestråler. Disse vinduene krever litt strøm – og denne kan de få via PV knyttet til en liten solavskjerming over vinduene. Disse får også nok energi på fasader som ikke vender mot sør.

## 2.4 Varmelagring

Varmelagrende materialer kan være viktige for temperaturutjevninger over døgnet, og disse deles i tre hovedgrupper: a) følbare varmelagringsmaterialer (betong, stein, sand, vann m.m.) som baseres på kjent teknologi, b) latente varmelagringsmaterialer (PCMs) som innebærer at et stoff skifter aggregasjonstilstand ved en bestemt temperatur, og c) termokjemiske varmelagringsmaterialer (TCES) som innebærer reversible kjemiske prosesser.

- Bruk av tunge materialer med stor termisk masse (særlig betong) vil kunne være viktig i store rom med store temperaturvariasjoner over døgnet – særlig glassgårder eller de store sosiale rommene, på grunn av stor varmelagringskapasitet. Effekten vil være avhengig av eksponert flate, fordi det bare er de ytterste ca 5 cm som i praksis tar opp varme over et døgn. Arkitektoniske løsninger som gir økt overflate er mulig, og slike løsninger vil samtidig kunne bedre akustikken – som kan være en utfordring i slike rom.
- Bruk av PCMs kan være viktige supplementer til de følbare varmelagringsmaterialene, fordi de kan rettes inn mot bestemte temperaturintervaller hvor endringene inntreffer. Forsøk viser at de har topptemperaturer på ca 2° og dermed bidrar til temperaturutjevning. Vi ønsker i eget paper å undersøke effekten av bruk av PCMs for å kunne dempe/utjevne overskuddsvarmen fra medisinsk-teknisk utstyr som slås av om natten.

- Bruk av TCES er ikke like aktuelt i sykehus, fordi dette oftest er dyrere løsninger. TCES har imidlertid mye bedre egenskaper i forhold til frakt av energi uten energitap, selv over lengre strekninger, og dette kan være en framtidig anvendelse av slike materialer. Men selv i sykehus i dag kan bedre løsninger for flytting av energi ha interesse.

## **2.5 Tak**

I hht. Lavenergiutvalgets rapporter og opplæringsmateriell utgjør varmetap gjennom taket en relativt liten andel av det totale varmetapet i bygg, og potensialet for å spare er derfor relativt lite. De foreslår likevel at isolasjonen skal økes (fra 350 mm til 450 mm).

Det er likevel en del produktutvikling og forskning knyttet til nye løsninger for tak. I rapporten DP 1 2-2-N fra dette prosjektet blir flere løsninger gjennomgått: grønne tak, "cool roofs", solceller på takflatene, taket som bruksareal for andre funksjoner m.m.

Når potensialet for energisparing knyttet til takflatene er lite, vil andre hensyn være viktigere. Bruk av "grønne tak" som kan redusere utfordringene knyttet til økt nedbør og manglende kapasitet i overvannsledningene vil kunne være en god løsning for framtida.

### **3 DELPROSJEKT 3 - SYKEHUS-SPESIFIKT UTSTYR**

#### **3.1 Generelt**

Dette delprosjektet er delt opp i 2 deler hvor den ene delen omhandler tungt bildediagnostikk utstyr (høy effekt) og den andre lett sykehusspesifikt utstyr (mindre effekt). Vi har definert sykehusspesifikt utstyr (SSU) som utstyr som er i sykehus, men ikke vanlig i andre yrkesbygg. SSU inkluderer derfor medisinsk teknisk utstyr (MTU) pluss en del annet utstyr som er spesifikt for sykehus.

Målsetningen med dette delprosjektet er å kartlegge bruken av sykehusspesifikt utstyr, deres effekt- og energiforbruk, driftstider og å søke å finne potensiale for å redusere energiforbruket ved å se på standby tid i forhold til undersøkelse, behandling og annen bruk.

For å komme med konkrete tiltak må vi komme ned i dybden for å finne det enkelte forbruk på de ulike kategorier og type utstyr. Vi kan dele dette inn i følgende områder i henhold til dRofus database:

- Anestesi og overvåkning
- Avdelingskjøkken og kantine
- Behandlings- og undersøkelsesutstyr
- Fysio og ergotreapi
- Kjøkken
- Kjøle og fryseutstyr
- Sikkerhetsbenker
- Pleieutstyr
- Spesialsystemer
- Spesialutstyr
- Tilbehør tekjøkken, personalopphold
- Verkstedsutstyr, drift og vedlikehold

Videre har vi valgt å dele inn i høyeffekt utstyr som effektkrevende bildediagnostikk. Disse er:

- MR
- Angiografi
- CT
- PET scan
- PET/CT

Som lette mindre effektkrevende innen behandling og undersøkelsesutstyr kan nevnes:

- Ultralyd
- Laparoskopi
- Systoskopi
- Gastroskopi
- Hyseroskopi

Vi har benyttet data for våre undersøkelser fra følgende sykehus:

- Rikshospitalet på Gaustad – Oslo
- St-Olavs Hospital - Trondheim
- AHUS – Lørenskog

Våre simuleringer og målinger så langt anslår et energiforbruk for sykehusspesifikt utstyr er mellom 10 og 25 %. Disse er som følgende:

- Rikshospitalet: 22,5 % sykehusspesifikt utstyr.
- St. Olavs hospital: 17 %
- AHUS: 12 %

I de neste 2 underkapitlene har vi spesifisert målene dypere innenfor hvert område.

### 3.2 Tungt bildediagnostikk utstyr

Innenfor bildediagnostikk utstyr med høy effekt har det hvert svært vanskelig å vite forløpet av effektforbruk gjennom en undersøkelse og dag / døgn. Tunge bildediagnostikk utstyr har en peak effekt på opp mot 100 kW. Før vi startet prosjektet var det ikke mulig å finne svar på effektforløp gjennom en behandling og dag / døgn for disse tunge bildediagnostikk utstyrene. Gjennom prosjektet har vi foretatt omfattende målinger på tungt bildediagnostikk utstyr. Dette har gitt oss verdifull erfaring og informasjon som vi har tatt med videre i møte med Siemens Healthcare utviklingssenter i Erlangen. Våre undersøkelser har medført et paper (prosjektets første) på IFHE - Conference i Paris - Juni - 2011 (4<sup>th</sup> European Conference on Healthcare Engineering). Disse konkrete undersøkelsene vises det videre til i vedlagte paper: **Vedlegg 1.**

Våre foreløpige undersøkelser angir at de tunge bildediagnostikk utstyrene utgjør ca. 50 % av det totale sykehusspesifikke utstyret. Vi vil fremover utvide våre undersøkelser for å komme enda dypere inn i ulike type undersøkelsesmetoder. Dvs. se sammenheng mellom effekt og energiforbruk

### 3.3 Mindre bildediagnostikk utstyr

Det finnes mangfoldige tusen ulike typer med "små" laveffekt utstyr på et sykehus. Vi har gjennomgått innkjøpsdatabasen (dRofus) for nye AHUS. Gjennom sortering innenfor ulike områder og videre utskilling på utstyr over 1 kW har vi gjennom diskusjonsforum med sykehuseksperter kommet frem til anslåtte tidsforbruk for dette utstyret. Målet er å komme enda lengre ned i denne materien ved og analysere de ulike typer utstyr. Vi vil videre prøve å påvirke utstysleverandører til å produsere utstyr med lav standby effekt eller kort oppstartstid. Dvs. en kan sette utstyret i lavenergimodus eller slå det av i større deler av den totale tid.

### 3.4 Oppsummering og konklusjoner

I delprosjekt sykehusspesifikt utstyr - "State of the art - Best Practice" har vi kartlagt både tynge bildediagnostikk- og mindre utstyr som ultralyd, utstyr for titthullsoperasjoner og annet mindre utstyr med effekt mer enn 1 kW. Kartleggingen av det tynge bildediagnostikkutstyr er gjennomført ved effektmåling ned på sekundnivå for å få frem peak effekten i forhold til effekt i standby modus.

Det gjennomgående resultatet for tynge bildediagnostikkutstyr er at det er relativ høy standby effekt i forhold til peak effekt. Standby effekten multiplisert med driftstid utgjør i hovedsak energiforbruket til utstyret. Enkelte utstyr som MR slås ikke av utenom driftstid (flytende helium). Dette betyr at energiandelen fra denne type utstyr utgjør en større andel da utstyret er på døgnkontinuerlig med relativt høy effekt.

Leverandører til denne type utstyr har ofte høye krav til inneklima (temperatur og fuktighet). En del utstyr krever høy kjøleeffekt i form av luftkjøling i rommet. Andre har innebygget vannkjøling. Det er på det rene at vannkjøling er langt å foretrekke. Imidlertid er det en generell trend at utstyret krever lave kjølevannstemperaturer - gjerne 7 °C og at det er relativt høyt trykkfall over den interne varmeveksleren.

Gjennom nye kravspesifikasjoner for innkjøp av tungt bildediagnostikkutstyr søkes det å påvirke leverandører til å endre på disse forhold. For å komme videre er det tatt initiativ til besøk hos en av våre partnere i prosjektet Siemens Healthcare sin forskning og utviklingsavdeling i Erlangen. Her har vi presentert vårt prosjekt med våre funn og analyser. Vårt energiprojekt ble mottatt med stor entusiasme. Siemens healthcare ønsket videre å benytte vår presentasjon i deres videre interne arbeid for å oppnå enda mer fokus på energieffektivisering av tungt sykehusspesifikt utstyr.

For mindre effektkrevende utstyr mindre enn 10 kW og mer enn 1 kW har vi gjennomgått dRofus databasen (utstyrsliste) for nye AHUS. Våre analyser så langt viser at disse mindre effektkrevende utstyrene (mellom 1 og 10 kW) utgjør 71 % av det totale energiforbruket av sykehusspesifikt utstyr.

Videre utgjør de veldig "lette" utstyret 18 %. Tabellen under viser fordelingen av sykehusspesifikt utstyr fordelt på ulike kategorier:

|                    |                 | kWh/m2 | Andel |
|--------------------|-----------------|--------|-------|
| Tungt utstyr       | Over 10 kW      | 6      | 11 %  |
| Lett utstyr        | 1-10kW          | 36     | 71 %  |
| Veldig lett utstyr | Mindre enn 1 kW | 9      | 18 %  |
| Sum                |                 | 51     | 100 % |

### 3.5 Resultater av energimålinger - sykehus spesifikt utstyr

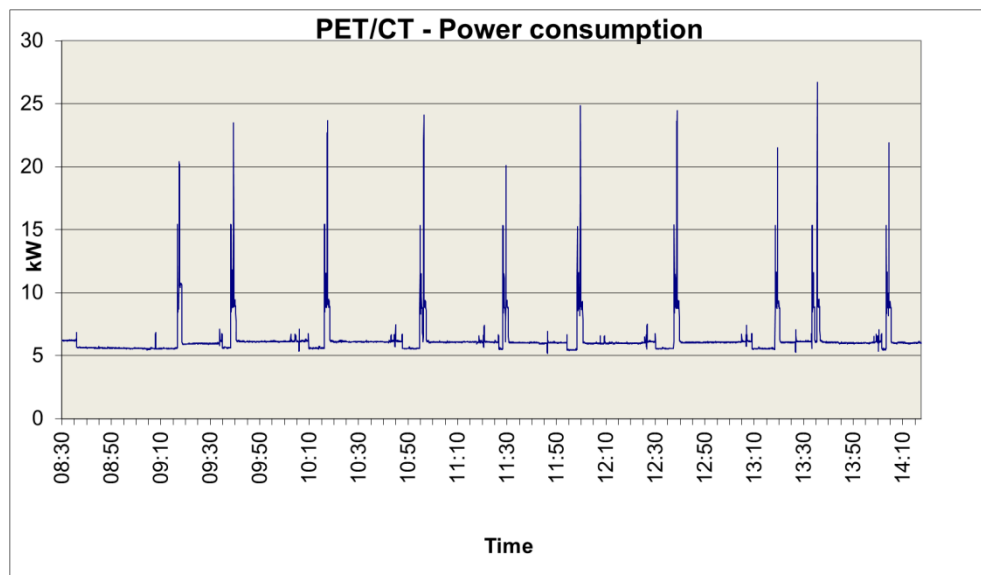
#### 3.5.4 Tungt sykehusspesifikt utstyr

Med tungt utstyr mener vi denne sammenheng utstyr med en effekt på over 10 kW. Dette er i hovedsak bildediagnostikk utstyr.

Vi har logget følgende type bildediagnostikk utstyr:

- PET/CT
- CT
- Angiography (Rikshospitalet)
- MRI
- CT3

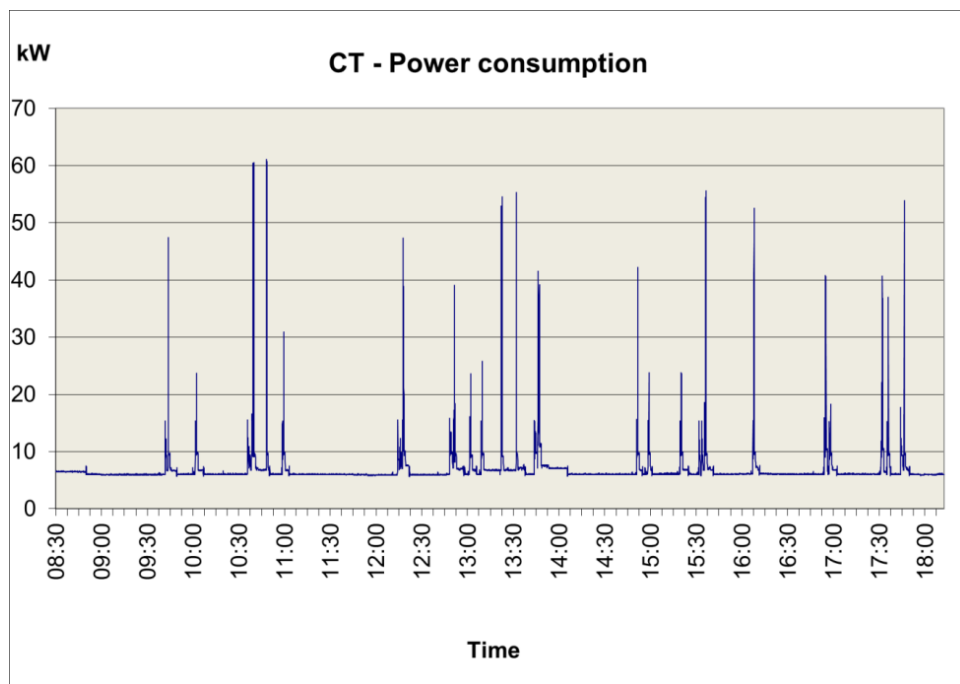
Under ser vi PET/CT – Effekt forløp gjennom en utvalgt dag.



Figur 32 Energibruk til PET/CT

Følgende undersøkelser er gjennomført: (Savner underlag). Vi ser generelt at standbyeffekten er mellom ca 25% av peak effekten.

Under ser vi CT med følgende effektforløp:



Figur 33 Energibruk til CT

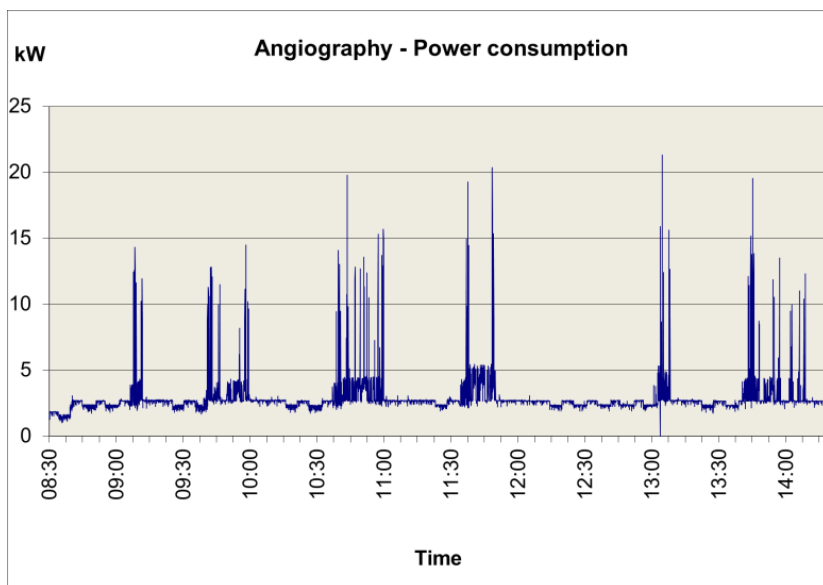
Følgende undersøkelser er gjennomført:

| Aker sykehus CT 10. Måling 01.03. 2011   |                                  |           |
|------------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| CT type: Somatom Sensation 64 ( Siemens) |                                  |           |
| Tidspunkt                                | Undersøkelse                     | Kommentar |
| 09:35                                    | CT -Abdomen                      |           |
| 09:50                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 10:15                                    | CT-Pancrias                      |           |
| 10:48                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 12:10                                    | CT Abdomen og underekstremiteter |           |
| 12:42                                    | CT-Stentgrafutredning            |           |
| 12:50                                    | CT-Cervikalcolumna               |           |
| 13:14                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 13:30                                    | CT-underekstr. Angio             |           |
| 14:40                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 14:47                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 15:10                                    | CT- Urinveier                    |           |
| 15:30                                    | CT Thorax og abdomen             |           |
| 16:00                                    | CT -Abdomen                      |           |
| 17:00                                    | CT Caput og CT thorax            |           |
| 17:30                                    | CT Caput/thorax / halsangio      |           |
| 22:00                                    | CT Abdomen                       | Ikke målt |
| 02:00                                    | CT-Caput                         | Ikke målt |

Tabell 11 Måling av energibruk for CT, mars 2011

Vi ser generelt at standbyeffekten er mellom 10-15% av peak effekten.

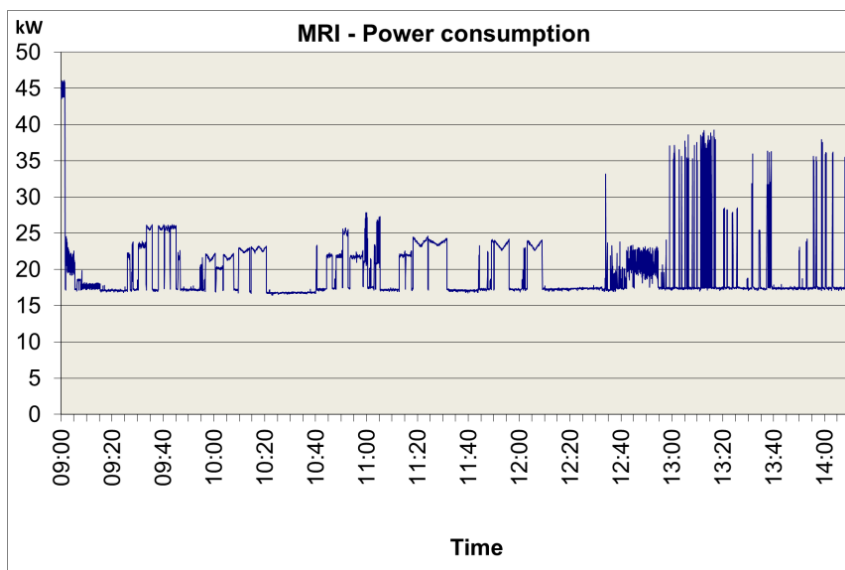
Under ser vi effektforløpet av en Angiography:



**Figur 34 Energibruk ved angiografi**

Følgende undersøkelser er gjennomført: (Savner underlag). vi ser generelt at standbyeffekten er mellom 10-15 % av peak effekten.

Under ser vi effektforløpet av en MRI:

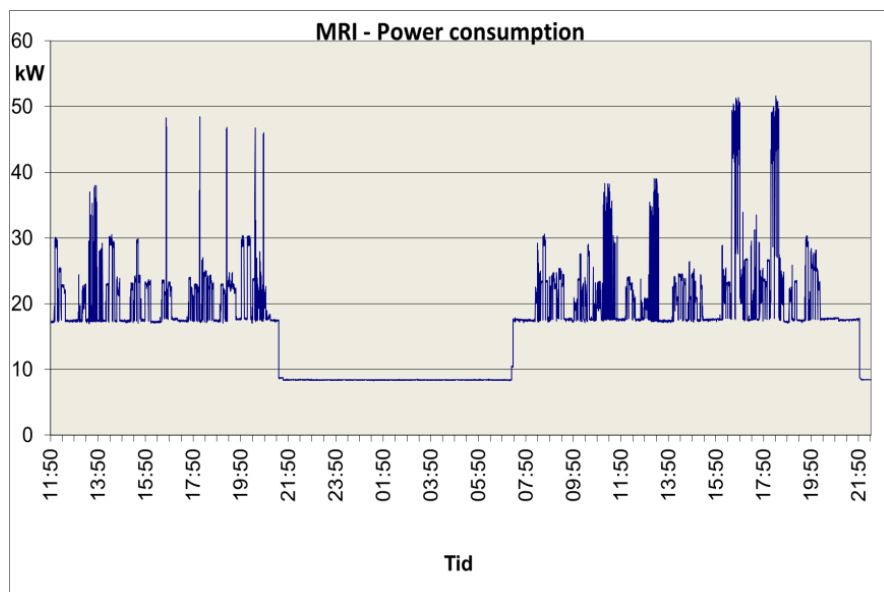


**Figur 35 Energibruk for MRI, maskin 1**

Følgende undersøkelser er gjennomført: (Savner underlag): vi ser generelt at standbyeffekten er mellom 40-45 % av peak effekten.

Under ser vi effektforløpet av en annen MRI med effektforløp gjennom døgnet:

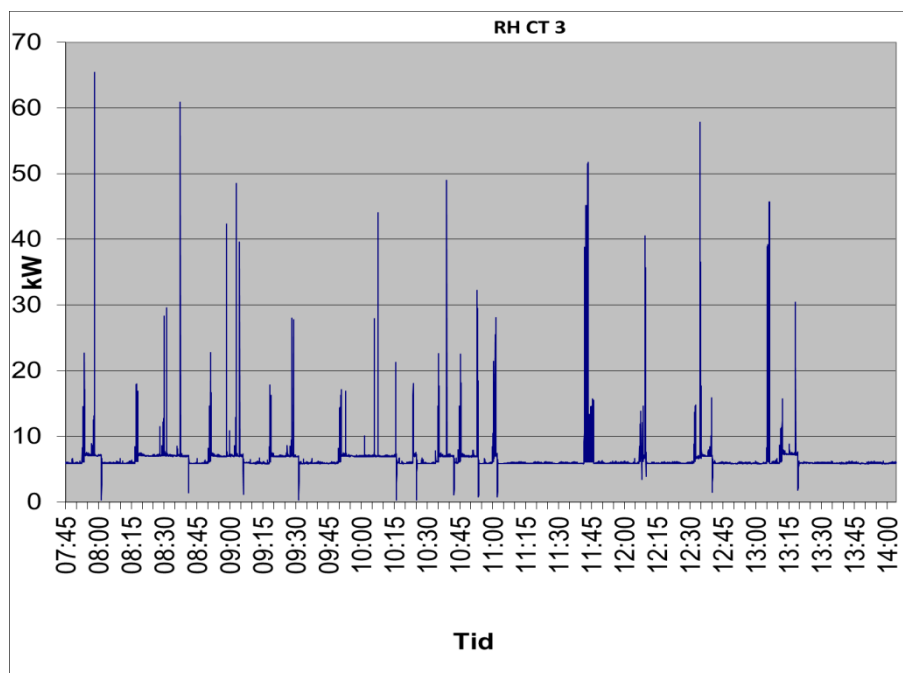




Figur 36 Energibruk for MRI, maskin 2

Følgende undersøkelser er gjennomført: (Savner underlag): Vi ser generelt at standbyeffekten er mellom 35-40% av «peak» effekten i standby mode og ca. 15-20% i sleeping mode.

Vi har i tillegg sett på effektforløpet av en de siste installerte CT maskinene.



Figur 37 Energibruk for CT, Rikshospitalet

Følgende undersøkelser er gjennomført:

| <b>Program 30.03.2011 RH CT 3</b>      |                     |                                                 |
|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| <b>CT type: Aquillon ONE (Toshiba)</b> |                     |                                                 |
| <b>Tidspunkt (Sommertid)</b>           | <b>Undersøkelse</b> | <b>Kommentar</b>                                |
| 08:07                                  | Thorax              |                                                 |
| 08:21                                  | Abdomen             | CT er nyinstallert og kjører ikke fullt program |
| 09:41                                  | Abdomen             |                                                 |
| 10:49                                  | Hals                |                                                 |
| 10:41                                  | Abdomen             |                                                 |
| 11:13                                  | Håndledd            |                                                 |
| 11:25                                  | Thorax              |                                                 |
| 11:51                                  | Testbilder Fantom   |                                                 |
| 12:58                                  | Hode                |                                                 |
| 13:22                                  | Hode                |                                                 |
| 14:01                                  | Thorax barn         |                                                 |
| 16:48                                  | Test                |                                                 |

**Tabell 12 Målepunkter for CT, Rikshospitalet**

Standbyeffekten til denne CT maskinen ligger generelt på 10-15% av peakeffekten.

### 3.5.5 Kommentarer til ovenstående logger på tungt utstyr

Generelt kan vi si at vi har en relativt høy standbyeffekt i forhold til peakeffekten.

Under er det satt sammen en oppsummeringstabell for våre logger.

| <b>Type utstyr</b> | <b>Peak power</b> | <b>Standby Power</b> | <b>Standby av peak</b> | <b>Sleeping mode</b> | <b>Driftstid/døgn</b> |
|--------------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
|                    | <b>kW</b>         | <b>kW</b>            |                        | <b>kW</b>            | <b>timer</b>          |
| PET/CT Scan        | 25                | 7                    | 28 %                   |                      | 6                     |
| CT Scan            | 57                | 7                    | 12 %                   |                      | 10                    |
| Angiography        | 20                | 2,5                  | 13 %                   |                      | 6                     |
| MRI                | 40                | 17                   | 43 %                   |                      | 5                     |
| MRI                | 49                | 17                   | 35 %                   | 9                    |                       |
| CT 3               | 60                | 7                    | 12 %                   |                      | 7                     |

**Tabell 13 Måleresultatene for tynge medisinsk teknisk utstyr, energibruk**

Dette er de første innledende undersøkelser for tungt bildediagnostisk utstyr. Vi har gjennom disse undersøkelsene fått bygget opp en spennende kompetanse som skal benyttes for videre undersøkelser. De videre undersøkelsene vil fokusere på type undersøkelse, type utstyr, alder på utstyr, produsent, hvordan det kjøles, trykkfall over eventuell kjøleveksler.

### 3.6 Lav effekt sykehusspesifikt utstyr

Vi ser at en stor andel av vårt sykehus spesifikke utstyr er den kategori vi kaller laveffekt utstyr. Dvs. utstyr som bruker mindre enn 10 kW. Vi har startet en gjennomgang av et utvalg av utstyr. Det må videre presiseres at vi ikke er helt ferdig med denne analysen enda. Det er flere «hull» som må undersøkes. Tabellen under er hentet fra utdrag av dRofus databasen for AHUS.

Brukerstyrt innovasjonsprosjekt «Halvert energiforbruk i fremtidens sykehus»  
Sammendrag fase 1- Kartlegging av funksjonskrav, energiforbruk og design

|                                                        | Varmeavgivelse | Elektrisitet | Brukstid (t/ukedag) | Brukstid (t/helgedag) | % i bruk | SUM Varme kWh | SUM EI kWh |
|--------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------------------|-----------------------|----------|---------------|------------|
| <b>Interimkjøkken og kjøkkenmottak</b>                 | <b>0</b>       | <b>561,5</b> |                     |                       |          | -             | -          |
| (blank)                                                | 0              | 561,5        |                     |                       |          | -             | -          |
| <b>Anestesi og overvåking</b>                          | <b>13</b>      | <b>102</b>   |                     |                       |          | -             | -          |
| Pasientovervåking føde/CTG                             | 1              | 0            | 24                  | 24                    | 50 %     | 5 242         | -          |
| Pasientovervåking sengeenhet med og uten sentral       | 11             | 42           | 24                  | 24                    | 50 %     | 47 174        | 183 456    |
| Pasientovervåking telemetri                            | 1              | 60           | 24                  | 24                    | 20 %     | 2 271         | 104 832    |
| <b>avdelingskjøkken og kantine</b>                     | <b>441</b>     | <b>1640</b>  |                     |                       |          | -             | -          |
| Benker, skap, hyller                                   | 14             | 60           | 24                  | 24                    | 20 %     | 24 461        | 105 007    |
| Kjøle og frys                                          | 6              | 119          | 24                  | 24                    | 20 %     | 10 483        | 208 441    |
| Maskiner                                               | 0              | 8            | 24                  | 24                    | 5 %      | -             | 3 320      |
| oppvask                                                | 0              | 357          | 24                  | 24                    | 5 %      | -             | 155 981    |
| Varme                                                  | 421            | 1036         | 24                  | 24                    | 10 %     | 367 786       | 905 399    |
| Vogner, traller                                        | 0              | 59           | 24                  | 24                    | 10 %     | -             | 51 542     |
| <b>Behandlings- og undersøkelsesutstyr</b>             | <b>103</b>     | <b>157</b>   |                     |                       |          | -             | -          |
| Dialyse                                                | 26             | 108          | 16                  | 16                    | 50 %     | 75 712        | 313 040    |
| Endoskopisk utstyr                                     | 0              | 28           | 8                   |                       | 10 %     | -             | 5 824      |
| Laser                                                  | 38             | 3            | 8                   |                       | 10 %     | 7 904         | 624        |
| Neonatalutstyr                                         | 22             | 0            | 24                  | 24                    | 50 %     | 97 843        | -          |
| ØNH                                                    | 16             | 18           | 8                   |                       | 10 %     | 3 370         | 3 744      |
| <b>Billedannende utstyr og radiologi</b>               | <b>760</b>     | <b>1613</b>  |                     |                       |          | -             | -          |
| Angiografi                                             | 49             | 244          | 8                   | 0                     | 15 %     | 15 288        | 76 128     |
| CT                                                     | 142            | 604          | 18                  | 0                     | 10 %     | 66 456        | 282 672    |
| Digital radiografi                                     | 15             | 175          | 8                   | 0                     | 15 %     | 4 711         | 54 600     |
| Digitalt bildearkiv, PACS                              | 28             | 2            | 8                   | 0                     | 15 %     | 8 861         | 624        |
| Gjennomlysning                                         | 31             | 70           | 8                   | 0                     | 15 %     | 9 672         | 21 840     |
| Mammografi                                             | 6              | 8            | 8                   | 0                     | 10 %     | 1 248         | 1 664      |
| Mobil røntgen og gjennomlysning                        | 38             | 62           | 8                   | 0                     | 15 %     | 11 700        | 19 188     |
| MR                                                     | 400            | 299          | 14                  | 0                     | 15 %     | 218 400       | 163 254    |
| Nukleærmedisin (Gammacamera)                           | 2              | 60           | 8                   | 0                     | 15 %     | 624           | 18 720     |
| Ultralyd                                               | 49             | 89           | 8                   | 0                     | 10 %     | 10 171        | 18 595     |
| <b>Fysio- og ergoterapiutstyr</b>                      | <b>5</b>       | <b>6</b>     |                     |                       |          | -             | -          |
| Fysioterapi- og treningsutstyr                         | 5              | 6            | 8                   | 0                     | 10 %     | 1 040         | 1 248      |
| <b>Hovedkjøkken</b>                                    | <b>40</b>      | <b>394</b>   |                     |                       |          | -             | -          |
| benke diverse                                          | 0              | 7            | 8                   | 0                     | 20 %     | -             | 2 912      |
| diverse maskiner                                       | 0              | 22           | 8                   | 0                     | 20 %     | -             | 9 194      |
| oppvask og vognvask                                    | 40             | 200          | 8                   | 0                     | 40 %     | 33 280        | 166 400    |
| pakkemaskiner                                          | 0              | 10           | 8                   | 0                     | 10 %     | -             | 2 080      |
| produksjonsutstyr                                      | 0              | 154          | 8                   | 0                     | 20 %     | -             | 64 230     |
| <b>Kjøkken</b>                                         | <b>0</b>       | <b>5</b>     |                     |                       |          | -             | -          |
| Rengjørende utstyr                                     | 0              | 5            | 8                   | 0                     | 20 %     | -             | 2 080      |
| <b>Kjøle- og fryseutstyr, medisinoppbevaring</b>       | <b>11</b>      | <b>0</b>     |                     |                       |          | -             | -          |
| Frysere, -40 gr. C og ultra                            | 11             | 0            | 24                  | 24                    | 30 %     | 28 829        | -          |
| <b>Kontor- og AV-utstyr</b>                            | <b>3</b>       | <b>11</b>    |                     |                       |          | -             | -          |
| AV-utstyr                                              | 0              | 8            | 8                   | 0                     | 5 %      | -             | 780        |
| Kontormaskiner og utstyr                               | 3              | 4            | 12                  | 0                     | 20 %     | 1 872         | 2 184      |
| <b>Laboratorie, analyse og prøvepreparering</b>        | <b>79</b>      | <b>117</b>   |                     |                       |          | -             | -          |
| Analysatorer, hematologi                               | 4              | 13           | 16                  | 0                     | 30 %     | 4 992         | 16 224     |
| Analyseinstrumenter                                    | 41             | 72           | 16                  | 0                     | 30 %     | 50 544        | 90 106     |
| Farmaseutisk utstyr                                    | 0              | 9            | 8                   | 0                     | 30 %     | -             | 5 616      |
| Fotometri                                              | 0              | 3            | 8                   | 0                     | 30 %     | -             | 1 872      |
| Mikrobiologi                                           | 5              | 14           | 8                   | 0                     | 30 %     | 2 808         | 8 424      |
| Prepareringsutstyr, mikse-, blande-, varme-, pipettere | 2              | 0            | 8                   | 0                     | 20 %     | 832           | -          |
| Sentrifuger                                            | 21             | 0            | 8                   | 0                     | 20 %     | 8 736         | -          |
| Varmeskap, inkubatorer, varmebehandling                | 7              | 7            | 24                  | 24                    | 50 %     | 31 886        | 28 392     |
| <b>Luftbehandling</b>                                  | <b>0</b>       | <b>54</b>    |                     |                       |          | -             | -          |
| Sikkerhetskabinetter                                   | 0              | 52           | 24                  | 24                    | 20 %     | -             | 90 156     |
| Sterilbenker                                           | 0              | 2            | 16                  | 0                     | 50 %     | -             | 4 160      |
| <b>Pleieutstyr</b>                                     | <b>30</b>      | <b>42</b>    |                     |                       |          | -             | -          |
| Spesial-/varme-/antidecubitusmadrasser                 | 30             | 42           | 24                  | 24                    | 5 %      | 13 104        | 18 346     |
| <b>Spesialsystemer</b>                                 | <b>44</b>      | <b>2477</b>  |                     |                       |          | -             | -          |
| Autoklav                                               | 42             | 293          | 8                   | 0                     | 50 %     | 43 160        | 304 720    |
| Dampgenerator                                          | 2              | 480          | 0                   |                       | -        | -             | -          |
| Dekontaminator /spyling                                | 0              | 786          | 24                  | 24                    | 10 %     | -             | 686 475    |
| Dekontaminator /vasking                                | 0              | 830          | 16                  | 16                    | 5 %      | -             | 241 812    |
| Tranportsystem                                         | 0              | 12           | 16                  | 4                     | 40 %     | -             | 21 965     |
| Tørketrommel/tøy                                       | 0              | 40           | 8                   | 4                     | 10 %     | -             | 9 984      |
| Vaskemaskin /tøy                                       | 0              | 36           | 8                   | 4                     | 10 %     | -             | 8 986      |
| <b>Spesialutstyr</b>                                   | <b>17</b>      | <b>30</b>    |                     |                       |          | -             | -          |
| Dekontaminatorer, instrument- og vaskemaskiner         | 0              | 6            | 24                  | 24                    | 10 %     | -             | 4 980      |
| Rengjøringsutstyr                                      | 8              | 14           | 8                   | 4                     | 10 %     | 1 997         | 3 594      |
| Sterilisering-/ autoklaveringsutstyr                   | 9              | 10           | 8                   | 0                     | 50 %     | 9 360         | 10 296     |
| <b>Tilbehør tekjøkken, personalopphold</b>             | <b>232</b>     | <b>691</b>   |                     |                       |          | -             | -          |

For dette mindre effektkrevende utstyr med mindre enn 10 kW og mer enn 1 kW har vi gjennomgått dRofus databasen (utstyrsliste) for nye AHUS. Våre analyser så langt viser at disse mindre effektkrevende utstyrene (mellom 1 og 10 kW) utgjør 71 % av det totale energiforbruket av sykehusspesifikt utstyr. Videre utgjør de veldig "lette" utstyret 18 %. For mindre effektkrevende utstyr mindre enn 10 kW og mer enn 1 kW har vi gjennomgått dRofus databasen (utstyrsliste) for nye AHUS. Våre analyser så langt viser at disse mindre effektkrevende utstyrene (mellom 1 og 10 kW) utgjør 71 % av det totale energiforbruket av sykehusspesifikt utstyr. Videre utgjør de veldig "lette" utstyret 18 %.

Totalt har vi kommet frem til følgende sammensetning av energiforbruk for AHUS:

| <b>Analyse</b>    |                    |                  |
|-------------------|--------------------|------------------|
| Installert effekt | kW                 | <b>7 969</b>     |
| Energiforbruk     | kWh                | <b>4 721 430</b> |
| Areal             | BRA                | <b>113 000</b>   |
| Spes. forbruk     | kWh/m <sup>2</sup> | <b>42</b>        |
| Mindre MTU<1kW    |                    | <b>9</b>         |
| Spes. forbruk     | kWh/m <sup>2</sup> | <b>51</b>        |
| % total forbruk   | %                  | <b>12 %</b>      |

Denne analysen viser at det sykehusspesifikke utstyret utgjør ca. 12% av det totale energiforbruket. Dataene er fortsatt under verifisering og må derfor ikke publiseres enda.

## 4 DELPROSJEKT 4 – TEKNISKE SYSTEMER

### 4.1 Generelt

Sykehusets «tekniske systemer» her er bygg-relaterte anlegg som definert iht de NS 3420 kapitlene:

- 31 – Sanitæranlegg (inkl varm tappevann)
- 32 – Varmeanlegg
- 33 – Gass
- 35 – Varmepumpe og kuldemaskin
- 36 – Ventilasjon og luftbehandling
- 37 – Vannkjøleanlegg
- 44 – Belysning
- 45 – Elvarme

I fase 1 har fokus vært på de tekniske systemene med størst energiforbruk i sykehus:

- 36 – Ventilasjon og luftbehandling
- 44 – Belysning

### 4.2 Ventilasjon og luftbehandling

Norske og internasjonale standarder for tekniske systemer utarbeidet for å tilfredsstille funksjonskrav, ventilasjon og luftmengder

Det synes som man i Norge, først i løpet av det siste tiåret, har funnet det nødvendig med noen mer presise krav til ventilasjon. Dette kan være et resultat av at det er satt i gang og gjennomført en del viktige sykehusprosjekt med funksjoner som har krevd noe ekstra av bygget, og mer kunnskap om hvilke normer som benyttes i andre land. Dette gjelder ikke bare bygget. Kravene til utstyr har også blitt mer spesifikke.

I dette kapitlet gis en overordnet beskrivelse av de standardene som anbefales av de sentrale institusjonene i Europa og USA. En mer inngående presentasjon av de ulike standardene kan leses i vedlegg til rapporten.<sup>14</sup>

Her er en oversikt over de utenlandske institusjoner som har utarbeidet standarder for ventilasjon og luftmengder som benyttes i Norge:

**The European Committee for Standardization (CEN)** har som formål å fjerne handelsbarrierer for Europeisk industri og Europeiske forbrukere. Dette skal oppnås ved at de er med på å skape en felles plattform for Europeiske standarder for tekniske spesifikasjoner. CEN er den eneste institusjonen som er en godkjent Europeisk organisasjon i henhold til 98/34/EC for planlegging, utarbeidelse og ibruktaking av Europeiske standarder innenfor alle områder av økonomien, unntatt elektroteknologi (CENELEC) og telekommunikasjon (ETSI). Norge er medlem av CEN.

**Deutsches Institut für Normung (DIN)**, er en teknisk forening som engasjerer seg i standardiseringsarbeidet for å fremme effektivisering, kvalitetssikring, miljøvennlighet, sikkerhet og kommunikasjon mellom bedrifter både innenfor forskning, offentlig virksomhet og i privat industri. DIN er godkjent av Forbundsregjeringen i Tyskland som Tysklands nasjonale standardiseringsinstitusjoner. DIN har vært medlem av International Organization for Standardization (ISO) siden 1951.

**Health Technical Memorandum (HTM)** utarbeides av Helsedepartementet i Storbritannia.

**American Institute of Architects (AIA)** utarbeider veiledere for bygg og utstyr ved sykehus og medisinske enheter.

<sup>14</sup> En mer utførlig presentasjon av alle kravene kan leses i vedlegg C

**American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)** ble stiftet i 1894 og har medlemmer fra flere land, totalt 51,000 personer. ASHRAE har som mål å bidra til at oppvarming, ventilasjon, luftkjølesystemer og kuldesystemer fremmer bærekraftige løsninger gjennom forskning, standarder, publisering og fortløpende utdanning.

**American national standards institute (ANSI)** er en samling av offentlige etater, organisasjoner, akademiske og internasjonale institusjoner og individer som samarbeider med ASHRAE og representerer 125 000 selskap og 3,5 millioner fagpersoner.

#### 4.2.1 CEN

CEN rapporten er bygget opp tilsvarende tysk standard DIN 1946-4: 2008. Den deler sykehus i fire hovedklasser H1-H4, der operasjonsrom har tre underklasser og isolater fire underklasser.

Rapporten nevner bare krav til uteluft og sier ikke noe om total luftmengde, luftveksling eller fortynningstid (recovery) som i noen andre standarder. Kravene til uteluftmengde er da presentert for de ulike romklasser. Noen ganger er det mengde per person og noen ganger mengde per m<sup>2</sup>.

For rom hvor det benyttes vann er det satt krav til mengde avtrekksluft.

Kravene til uteluftmengde bør sammenlignes med krav i norske forskrifter og med andre standarder fra UK/HTM, US AIA/ASHRAE og DIN.

Krav til trykkforskjell er satt for isolater og verdien er > 6 Pa. Det er et meget lavt tall som er vanskelig å regulere og kontrollere, og som bør sammenlignes med andre standarder. Krav til laboratorier og isolater bør kontrolleres mot norske forskrifter/retningslinjer som AT 1322, Isoleringsveilederen, EN 12128 og EU GMP.

Bortsett fra operasjonsrom er det ikke satt betingelser mht. rengjøring, renblåsing eller reetablering av trykk i forbindelse med stopp og restart av ventilasjonsanlegg.

Det er videre satt opp krav til komponenter som kanaler, spjeld, varmegjenvinnere og tilsvarende.

#### 4.2.2 DIN

DIN 1946-4: 2008 er bygget opp tilsvarende som CEN rapporten.

Både DIN og CEN behandler hovedsakelig operasjonsrom og andre pasientrettede romtyper. Den har to hovedklasser der den ene dekker operasjonsrom og er delt i to underklasser. Den andre hovedklassen er da de resterende rom som er delt opp etter romnavn som isolat, undersøkelse/behandling, korridor, radiologi og en samlebetegnelse for andre rom.

DIN setter krav til uteluftmengder og nevner prinsippet med resirkulering og omluft, men gir ingen tall for totalluftmengde. For operasjonsrom er kravene satt per m<sup>2</sup>, mens det for øvrige rom er satt per person for de fleste romtyper.

Kravene til trykk er ikke tallfestet i DIN.

Krav til komponenter er tilsvarende i de to standardene.

#### 4.2.3 HTM

HTM 03 er en veldig detaljert veiledning for ventilasjon av spesielle områder og rom i sykehus mht. luftmengder, trykkforhold, redusert drift, varmegjenvinning o.a. Den er utviklet i Storbritannia og viser til europeiske og britiske forskrifter.

Det er mange nyttige henvisninger til andre forskrifter og standarder for andre rom, f. eks. spesiallaboratorier. HTM går lengre enn de to foregående standardene til å spesifisere rom etter en mer spesialisert funksjon.

Det kan være noe uklart hva som menes med krav til luftveksling og til uteluft for enkelte rom, men dette må beregnes i hvert enkelt tilfelle.

Minimumskrav til uteluftmengde er  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  pr person (CEN = 36, DIN = 40). Kravene til rom er formulert som minimum luftvekslinger per time og trykkforskjeller mellom naboområder er spesifisert fra pluss 25 Pa til 0 Pa.

#### 4.2.4 ASHRAE

Dette er en standard fra USA som også støtter seg på anbefalinger fra den amerikanske arkitektforeningen. De utgir en håndbok hvert fjerde år, men standardene revideres hyppigere.

De deler sykehus inn i 7 hovedområder. Et av disse er operasjon og intensiv, der operasjon er delt inn i tre underklasser. Det gis anbefalinger både om arealstørrelse, uteluftmengde og trykkforskjeller. Uteluft måles i liter per time. Der det nevnes trykkforskjeller er disse satt til 2,5 Pa.

Det er krav til både minimum uteluftmengde og total luftveksling:

##### Uteluftmengde.

Krav til minimum uteluftmengde (luftveksling pr time, 1/h) er basert på std. 62 og er beregnet ut fra krav til komfort, hygiene og lukt (comfort, asepsis, odor).

##### Total luftveksling

Total luftveksling beregnes som total luftmengde dividert med romvolum. Luftmengden kan være tilluft eller avtrekksmengde, avhengig av romtype og systemløsning for ventilasjon.

Total luftveksling er beskrevet som mengden som er nødvendig for varmembalanse, for å oppnå temperatur- og fukt kontroll, og fjerne varmeoverskudd fra personer, lys, utstyr og varmetransmisjon/stråling. I noen tilfelle gjelder det mengde for kontroll med luftstrømmer og luftrenhet (partikler, mikroorganismer).

Luftvekslingen kan reduseres med 25 % når rommene ikke er i bruk, men forutsetter at luftvekslingen reetableres ved bruk og at trykkforholdene opprettholdes.

##### Resirkulering/omluft

Bruk av resirkulering av luft beskrives som "preferred", dvs. anbefalt løsning for energisparing.

Bruk av omluft i sentralaggregater og styring av minimum uteluftmengde er en vanlig løsning.

Bruk av romkjølere (fan-coils o.a.) er nevnt flere steder, men er stort sett ikke anbefalt i sykehus.

Bruk av resirkulering og filtrering (HEPA) nevnes som en mulig løsning for isolater og andre rom.

Systemer med 100 % uteluft skal ha varmegjenvinning.

##### Trykkforskjell

Krav til trykkforskjell  $> 2,5 \text{ Pa}$  er et meget lavt tall som bør sammenlignes med andre standarder. Dette gjelder særlig for laboratorier, isolater og renrom. En trykkforskjell på 2,5 Pa er en lav fysisk størrelse som er meget vanskelig å regulere og kontrollere.

Det er anmerket at rom med trykkforskjell må være tette.

##### Operasjonsrom

Operasjonsrom er klassifisert etter størrelse og bruksområde/type inngrep.

Beskrivelse av ventilasjon er lite detaljert. Bruk av lokal, ensrettet strømming er nevnt (LAF/UDF). Typisk lufthastighet  $0,45 \text{ m/s} \pm 10 \%$ .

"ASHRAE Standard 170 Ventilation of Health Care" har blitt endret som et resultat av forskningsinnsats på fortregningsventilasjon i pasientrom. Forskningen konkluderte med bekreftelse på hypotesen om at fortregningsventilasjon, ved redusert luftmengde, gir mulighet for betydelige energibesparelser samtidig som man opprettholder pasientens komfort og sikkerhet. Resultatene ble presentert for ASHRAE Standing Standard Project (SSPC) Committee 170, og godkjent i begynnelsen av 2011. Standarden åpner nå for bruk av fortregningsventilasjon i pasientrom. Denne løsningen skiller seg ut fra konvensjonell ventilasjon ved å plassere tilluft lavt



på sideveggene i motsetning til i taket. Dette fører til økt energisparing og samtidig til å opprettholde komforten og kontroll av luftbåren forurensning.

I fortregningsventilasjon er prinsippet termodynamisk. Det vil si at luften tilføres undertemperert med meget lav hastighet gjennom tilluftsorgan med stor overflate. Tilluften synker ned mot gulvet og flyter utover i et sjikt som etter hvert tempereres og stiger opp. Forurenset romluft med høyere temperatur vil dermed fortrenses mot taket og suges ut gjennom avtrekkssystemet. Fortregningsventilasjon kan fjerne store varmeeffekter i tillegg til at en oppnår høy ventilasjonseffektivitet.

#### **4.2.5 Funksjonskravene i overordnet teknisk program (OTP)**

De norske retningslinjene er ikke spesielt tilpasset ventilasjon i sykehus, bortsett fra laboratorier og isolater som er nøye beskrevet, men da i veiledere.

I vedlegg D vises de de løsningene som er valgt for fem nye norske sykehus. Sykehusene er Stokmarknes, Kirkenes, nytt Østfoldsykehus, St. Olav og nye Ahus. Som eksempel er valgt standarder for sengerom og for operasjonssaler. Disse er så sammenlignet med standardene som er presentert i kapittel 4, i plan og bygningsloven og i NS3031.

Sengerom er beregnet å være omlag 15 m<sup>2</sup> med en takhøyde på 2,5 m og et volum på 37,5 m<sup>3</sup> med i gjennomsnitt to personer til stede.

Uteluftmengden målt som m<sup>3</sup> per time varierer da fra 72 til 240 med CEN og HTM som de laveste og NS3031 som den høyeste. Forskjellen mellom St. Olav og Ahus er 86 og 180.

Operasjonsrommet er som standard 40 m<sup>2</sup> med takhøyde 4 m og et volum på 160 m<sup>3</sup>. Det forutsettes at det vil være 6 personer til stede.

Uteluftmengden er ikke beregnet i noen av de norske prosjektene, mens totale luftmengde er beregnet for St. Olav og Kirkenes til henholdsvis 3 200 og 3 000 m<sup>3</sup> per time. Standardene som er beskrevet i kapittel 4 varierer med en uteluftmengde fra 640 til 4 000 m<sup>3</sup> per time, og plan mens bygningsloven er helt nede på 256.

Denne gjennomgangen viser at det er store, ikke forklarte forskjeller både i standarder og i den praksisen som følges ved bygging av norske sykehus. Ingen av standardene er forsøkt samkjørt med sluttkravet for et sykehus som vil være arbeidsmiljø, pasientmiljø og kravet til renhet både med hensyn til smitte av og fra pasienter og ved arbeid med smitte eller med produksjon av medier som skal være rene. Det er ingen drøfting av om ventilasjonskravene er absolutte, eller om de er et alternativ til arbeidsrutiner.

## 4.3 Belysning

### 4.3.1 Generelle krav til lys i rom

Energieffektiv belysning og arbeidsmiljømessige faktorer er viktige faktorer ved planlegging av lavenergi sykehus. Disse henger nøye sammen og i dette kapitlet presenteres anbefalte belysningsløsninger i de ulike sykehusarealer, basert på tilgjengelig teknologi, forskning og kunnskap om lys og belysning.

Lysstyring er en vesentlig del av energibesparelsen i et belysningsanlegg, hvilket er omtalt i de ulike løsninger. Valg av lyskilde og armatur henger sammen med bruken av de ulike arealer/rom og/eller soner av rom, samt de arbeidsoppgaver som skal gjøres der. Det er sikkerhet for både ansatte og pasienter som må være viktigst, samt at det tilstrebes en belysning som gjør at medisinsk personell fatter de riktige slutninger på riktig grunnlag. Derfor vil også lyskildens fargegjengivelsesegenskaper og fargetemperatur være en vesentlig del av planleggingen, sammen med anbefalte verdier for belysningsstyrke for ulike funksjoner/oppgaver.

Ved planlegging av et belysningsanlegg er det en rekke faktorer og kvalitetsmessige krav som må settes og vurderes i hvert enkelt tilfelle. Det må vurderes prinsipp for belysningsløsningen, og gjerne kombinere dagslys og kunstig lys så langt som mulig. Dynamisk lyssetting er av uvurderlig betydning i noen sammenhenger, og da gjerne i oppholdsarealer for ansatte, pasienter og pårørende. I tillegg er det vesentlig å vurdere investeringskostnader opp mot driftskostnader, og vurdere hensiktsmessigheten av prosjekteringsvalg.

Her er det viktig å understreke viktigheten av tverrfaglig samarbeid for å oppnå gode og energieffektive belysningsløsninger, som også tar hensyn til de menneskelige faktorer.

Et sykehus miljø omfatter en mengde ulike arbeidsoppgaver og funksjoner, og det skal tas hensyn til ansatte og pasienters individuelle behov så langt det er praktisk mulig. I tillegg vil det være en stor gruppe besøkende innom i løpet av en dag. De anbefalte løsninger som her vises er produktneutrale og det er søkt etter løsninger som skal gi en betydelig energibesparelse uten at det går utover helse, opplevelse og komfort for de ulike aktører i miljøet. Rapporten gir en innføring i sentrale begreper, hva som er viktig å vurdere underveis ved planlegging av lys og belysning, samt - som nevnt - anbefalte løsninger.

For å oppnå gode belysningsløsninger må alle aktører samarbeide fra starten av. Byggets orientering i landskapet, konstruksjon og mål av åpninger, prinsippene i solavskjerming, videre posisjonering av enkelte rom, interiør og materialene i bruk betyr mye for belysningsløsninger. Oppgaven for den som prosjekterer belysning kan være uløselig hvis ikke andre aktører tar hensyn til kriteriene som lyset er avhengig av. Det er en forpliktelse at arkitekt, landskapsarkitekt, interiørarkitekt, helseingeniør, elektroingeniør og lysdesigner samarbeider fra starten av.

### 4.3.2 Energieffektiv belysning med menneskelig fokus

I dette prosjektet hvor fokus ligger på energieffektive løsninger for sykehusbygg, er det viktig også å ha fokus på menneskelige faktorer. Godt lys er ikke viktig bare for at vi skal kunne se og orientere oss, det påvirker oss også på andre måter. For eksempel er hormonrytmen vår helt avhengig av det naturlige lysets variasjoner og derfor har dagslyset stor betydning for om man er opplagt om dagen, har god søvnkvalitet, og det virker også inn på immunforsvaret. Orientering i landskapet av rommene hvor pasienter oppholder seg lengre tid, eller hvor ansatte jobber hele dagen, sammen med størrelse og posisjon av åpningene, vinduer eller terrasser, har stor betydning for innslipp av dagslys og utnyttelse av dets positive egenskaper. I forhold til synet påvirker belysning evnen til å oppfatte farer, arbeidshastighet og presisjon i forhold til utført arbeid. Lys, enten naturlig eller kunstig berører alle flatene som er omkring oss, og reflekteres inn i våre øyne. Avhengig av materialvalg på rommets flater reflekteres eller spres lys og kommer tilbake i forskjellige form. Det reflekterte eller direkte lyset kan oppleves behagelig og koselig, eller i noen tilfeller veldig distraherende. Hvordan lyset i et rom påvirker folk avhenger av materialvalg og bruk.

I et sykehus er det mange aktører med ulike behov. Sykehuset er først og fremst en stor arbeidsplass der kravene til arbeidsmiljøet spiller en stor rolle i utforming av belysningsanlegget. Sikkerhet for ansatte og pasienter er viktig, likeså et optimalt arbeidslys avhengig av de ulike oppgaver og arealer. Samtidig skal rom tilrettelegges for pasienter og pårørendes opphold. Det er viktig å legge vekt på at pasienter skal trives, og at forholdene er de beste for å komme raskt i bedre form. Besøkende er den tredje gruppen som beveger og oppholder seg i områder hvor også pasienter og ansatte møtes. De trenger også en positiv opplevelse av stedet, en følelse av trygghet og velvære både i pasientrommet, oppholdsrom, samt andre steder der pårørende møter helsepersonalet.

Ved planlegging er det viktig å angi belysningsanleggets kvalitetskrav og fastsette hvilke faktorer som må hensyntas for å oppnå et energieffektivt anlegg i de ulike områder, også i henhold til individuelle behov og de påkrevde arbeidsoppgaver.

### 4.3.3 Lystekniske begrep

**Belysningsstyrke** er et mål for hvor mye lys som treffer en flate. Den angis i lux (lx) eller lm/m<sup>2</sup>.

**Fargegjengivelse** er et begrep for å beskrive en lyskildes evne til å gjengi farger. Den angis som Ra-indeks på en skala fra 0-100, hvor 100 tilsvarer optimal gjengivelse av alle farger. Sollys er eksempel på lys med Ra 100. Ra 80 ansees som god, og Ra 90 som meget god.

**Fargetemperatur** er et mål på om lyset oppleves varmt eller kaldt. Fargetemperatur måles i Kelvin grader [K]. Temperaturer fra 2700-6500K oppfattes som hvitt lys, henholdsvis fra varmere til kaldere hvitt. Lyskilder kan ha ulike fargetemperaturer, for eksempel lysrør med 3000K (varmhvitt), 4000K (nøytralhvitt), eller 6500K (dagslysrør).

**Lysutbytte** betegner virkningsgraden til en lyskilde, og måles i lumen pr. watt

**Luminans** eller lystetthet defineres som lysmengden som reflekteres fra et punkt eller en flate i en bestemt retning. Luminansforskjell angir overgangen mellom lyse og mørke flater.

**Armaturvirkningsgrad** angir en armaturs energieffektivitet og oppgis i %. Angitt prosent sier hvor stor del av den forbrukte energien armaturen greier å omsette i lys. Reflektor og optikk er nødvendig for å kontrollere lysutstrålingen, og til å rette lyset dit hvor det er nødvendig.

**Lyskultur** - Norsk kunnskapssenter for lys

### 4.3.4 Krav og anbefalinger

#### Belysningsstyrke:

Gjennomsnittlig belysningsstyrke er definert etter synsoppgavene som skal utføres på et sted eller i et rom. For eksempel krever en operasjon 1000lux (10 000lux) mens for en tur i korridoren anbefales det 200lux. Synet svekkes med alderen. Voksne trenger høyere belysningsnivå enn unge mennesker.

#### Blending:

Lyset er energi og kommer alltid fra en kilde. Enten det er sol eller kunstig kilde betyr at lys og styrke er mest konsentrert i ett, eller flere punkt. Forskjellen mellom styrke i kilden og andre flater som er i synsfeltet kan være stor. Dette er aktuelt når man ser på en himling som har innfelte eller utenpåliggende armaturer, samt at det samme kan oppleves hvis man ser i sol. Altfor høy luminans som faller inn i øynene som ikke er forberedt på å dette skaper noe som heter blending.

#### Jevnhet:

Jevnhet betyr at lyset har likt nivå på en hel flate som skal belyses. Siden lys kommer fra en lyskilde og lyskilden har mindre størrelse enn området som skal belyses, blir det mest lys på det punktet som er nærmest kilden. For å oppnå jevnhet i et areal må lyskilder fordeles riktig over hele området. Mange rom inndeles i flere soner som alle har sine anbefalte lysnivåer. Da betyr jevnhet

også en «overgang» mellom soner. Jevnhet er forholdet mellom laveste verdi og middelvei, og gjelder både belysningsstyrke og luminans.

### Kontraster:

Belysningsløsninger i mange næringsbygg baserer seg ofte på å oppfylle krav i forhold til anbefalt lysnivå på gulv eller i arbeidsplanet. Anbefalinger i forhold til belysning beskriver, i tillegg til blant annet belysningsstyrke, hvilke kontraster et rom bør ha på vertikale og horisontale flater for å skape et naturlig inntrykk av rommets dybde. Bedre kontraster fører til at øyet trenger mindre lys for å oppfatte former og dybder i et rom, og belysning av vegger trenger derfor ikke bety at man må installere mer lys enn ved kun å belyse gulv.

### Spesielle krav til fargegjengivelse:

Fargegjengivelse (Ra) er en viktig kvalitetsfaktor der hvor mennesker jobber eller oppholder seg om dagen. Ra over 80 regnes som god nok til de vanlige synsoppgavene. Ra over 90 kreves til oppgaver hvor farger viser informasjon som er viktig. Ved noen undersøkelser er riktig farge på huden informasjon til medisinsk personell om pasienten er bra eller dårlig. I kjøkkenet er fargen på maten informasjon om maten er god og frisk.

### Spesielle anbefalinger i forhold til fargetemperatur:

Siden det er mange rom med forskjellige oppgaver i et sykehus bør lysfargen tilpasses oppgavene. «Hjemmelignende» rom – pasientoppholdsrom, stue, kantine osv. bør ha varm lysfarge, mens forretningslignende rom – kontor, møterom bør ha kald lysfarge. I sykehus finnes det mange rom for spesielle oppgaver som krever ulik type lysfarge eller kontrast, og også komplementære farger, for at oppgavene kan utføres riktig (ultralys, røntgenrom, operasjonsrom).

De ulike synsoppgaver i et sykehusmiljø vil kreve ulike belysningsnivåer. I tillegg vil det være ulike behov og funksjoner som må kartlegges ved planlegging og utforming av et hensiktsmessig belysningsanlegg. Man inndeler gjerne i tre hovedprinsipper for valg av belysningsløsning, og det må avklares tidlig i prosjekteringen hvilke prinsipper som legges til grunn i de ulike arealer. Dette er:

- Jevn allmennbelysning
- Lav allmennbelysning med plassbelysning
- Plassorientert allmennbelysning.

De tre hovedprinsippene vil ikke være anvendelige i alle arealer, avhengig av rommets/arealets bruk.

Det er utarbeidet verktøy og tabeller for å fastsette nødvendig belysningsnivå for en synsoppgave, som for eksempel Luxtabellen. Det vises i den sammenheng til NS-EN 12464-1, og publikasjon 1B fra Lyskultur «Luxtabell og planleggingskriterier for innendørs belysning». Her finnes tabell med anbefalt belysningsnivå for en rekke synsoppgaver i ulike byggkategorier.

Kvalitetsparametere som fargegjengivelsesegenskaper, blendingstall, luminansforhold, modellering, fargeforhold, levetid for lyskilder, dagslys, reflektanser, farger i rommet, armaturvalg og energibruk, må tas med i prosjekteringen av et belysningsanlegg.

Planlegging av vedlikehold er til sist en viktig parameter for å ivareta de lystekniske kvaliteter som er lagt til grunn ved prosjekteringen. Det er viktig at det foreligger korrekt og enkel FDV dokumentasjon av anlegget, samt at rutiner for renhold og lyskildeskift er tilstrekkelig beskrevet. Dette er viktig for å oppnå den levetid som er angitt for produktene og sikker drift av anlegget.

Oversikt normer og regler som man må forholde seg til ved planlegging av belysningsanlegg:

- Plan og bygningsloven
- TEK 10 / VTEK 10
- Arbeidsmiljøloven med tilhørende aktuelle forskrifter

Tilsynsloven  
 Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (fel)  
 Forskrift om elektrisk utstyr (feu)  
 NS-EN 12464-1  
 NS-EN 12464-2  
 NS-EN 15193  
 NS 3031  
 UU-krav i NS

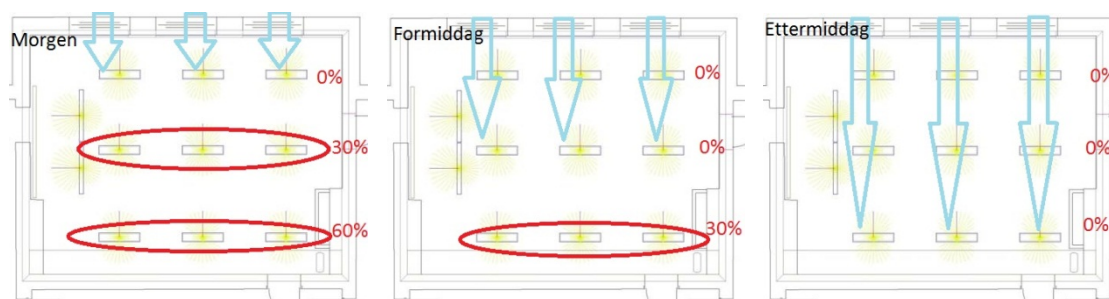
Basert på gjeldende lover og forskrifter har Lyskultur utgitt flere publikasjoner med anbefalinger for belysningsanlegg. De funksjonsspesifikke anbefalingene beskrives under kapittelet "Anbefalte løsninger".

### 4.3.5 Lysstyring

Før man fikk de avanserte styringssystemer som finnes i dag, var det enten opp til bruker å skru av og på lyset, eller styringen var sentralisert slik at den ble tent og slukket i hele bygget/etasjen samtidig uavhengig av bruk. I forhold til energisparing var dette en dårlig løsning siden lyset ofte ble stående tent i tomme rom. I dag har vi mulighet for helautomatisk lysstyring, hvilket er en måte å oppnå en energieffektiv belysningsløsning på og dermed oppnå besparelser i energiforbruket. Det er imidlertid fremdeles viktig å gi brukeren en mulighet til å overstyre automatikken etter behov i enkelte områder. Styringsnivå kan for eksempel deles i to med et overordnet styringsnivå og et brukernivå. Et system som kan styres både sentralt og manuelt er med andre ord den beste løsningen.

Med dagens styringssystemer kan man kontrollere dagslys og tilstedeværelse i rommet og man kan styre lyset ved å slå det av/på, dimme det eller forandre lysfarge. I mange rom er det hensiktsmessig at lyset tennes manuelt med bryter og at automatisk styring slår det av når rommet er tomt, slik at man unngår at lyset tenner i de tilfellene man kun skal inn i rommet for å hente noe.

Dagslysutnyttelse utføres slik at rommet er delt inn i soner og armaturene som dekker soner er delt inn i grupper. Avhengig av rommets dybde kan anlegget deles inn 2, 3 eller 4 soner. Dagslyset kommer fra vinduer, som vanligvis er orientert kun på en side av rommet, og gir mer belysning til denne sonen enn til motsatt side av rommet, se figur 38. En dagslysberegning ville vist at lys faller ned trinnvis mot den motsatte veggen. Kunstig lys kompletterer nødvendig belysning til man oppnår tilstrekkelig og ønsket nivå. Det betyr at armaturene i sonen ved vindu kan dimmes for eksempel ned til 0 %, sonen i midten til 40 % og sonen ved veggen til 80 %.



**Figur 38 Sonevis utnyttelse av dagslysinnfallet.**

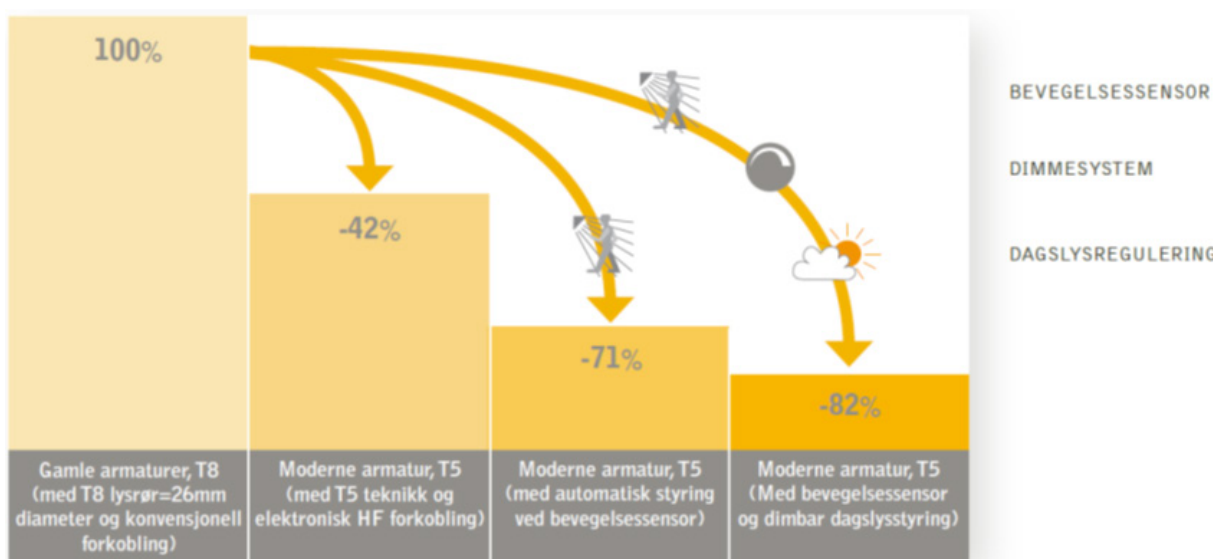
Mengde dagslysinnfall er avhengig av vinduenes utforming, bruk av solavskjerming, høyde over terreng, beliggenhet osv. Høyere etasjer vil få mer dagslys dypere inn bygget enn arealer i de lavere etasjer.

Systemer for dimming av lysrør eller LED kan være digitale eller analoge. Det mest kjente system for digital lysregulering heter DALI og har i dag blitt en standard for styring av HF (hørfrekvens forkobling) via et digitalt kontrollsignal. DALI-protokoll adresserer hver enkelt



armatur med mulighet for tilbakemelding om drift, programmering av ulike lysscenarier til ulike formål, og ikke minst kobling til overordnet styring.

Ved dimensjonering av lysanlegg må det tas hensyn til at lyskilden har en lystilbakegang i løpet av levetiden. For å sørge for at anlegget gir tilstrekkelig lys også mot slutten av levetiden, legger man inn en vedlikeholdsfaktor i planleggingen. Denne bestemmes ut fra bruk og type rom, om det for eksempel er et rent rom, eller om støv i rommet vil kunne påvirke lyset etter en tid. Det vil dermed være mer lys i et rom med nyinstallert lysanlegg enn det som er nødvendig. Lyset bør derfor dimmes ned til et riktig nivå, og oppjusteres i løpet av levetiden.



**Figur 39 fra Historien om Bellonahuset, presentasjon**

Figur 39 viser forbedret effektivitet ved bruk av lysrør (fra T8 – T5) og de ulike styringsmuligheter.

#### 4.3.6 Energieffektive lyskilder

Både LED og lysrør regnes som energieffektive lyskilder, og vil være aktuelle valg for belysningsløsninger med fokus på lavt energiforbruk. Lysrør er en tradisjonell lyskilde som har vært på markedet siden slutten av 1930-tallet, selv om utviklingen har forbedret lyskildens kvalitet og effektivitet mye siden den gang. LED (Lighting Emitting Diode) er fremdeles relativt nytt, men har den siste tiden utviklet seg til å bli et aktuelt alternativ til andre lyskilder, og da kanskje spesielt halogenlyskilden som er lite effektiv. Halogenlyskilde var et mer effektivt alternativ til glødelampen som var oppfunnet som første lyskilde. Nå er imidlertid glødelampen faset ut, iht. EU-direktiv per 1.september 2009. Halogenlampen er den eneste lyskilde som har Ra lik 100. Derfor er dens bruksområde begrenset til de områder hvor krav til fargegjengivelse (Ra) er høy, slik som i en undersøkelsessammenheng i et sykehus.

Kompaktlysør er en lyskilde som virker på tilsvarende prinsipp som lysør, men er utviklet med målene til glødelampen for å kunne brukes som et alternativ til den. På grunn av sin form har kompaktlysør mistet en del av effektiviteten sammenlignet med opprinnelige lysør. I forhold til bruksområder og lysets kvalitet er det mulig å bytte kompaktlysør med LED for å oppnå en mer effektiv løsning.

Det er en utfordring å skulle sammenligne løsninger med LED og lysør for å kunne si noe om hva som er den mest energieffektive belysningen. Mens lysør i stor grad er en standardisert lyskilde, er LED-teknologien fremdeles i startgropa hva angår standardisering. De ulike produsentene av LED-lyskilder og LED-armaturer har ulike måter å måle hvor effektive produktene er, og det er derfor vanskelig å finne sammenlignbare tall i produktdatablader. Det forventes at LED-teknologien fremdeles har noe å hente på effektivitet, og at LED om få år kan ha passert lysør i lysutbytte.

Hva som er den best egnede lyskilden avhenger av faktorer som belysningsprinsipp og styring og må vurderes i hvert tilfelle. I kapittelet "Anbefalte løsninger" er det forklart hvilke belysningsprinsipper, lyskilder og styringsprinsipper som bør brukes i forhold til rommets bruk slik at det totalt sett oppnås en optimal løsning.

En sammenligning mellom lysrør og LED kan vise oss at bruk av energieffektive lyskilder må spesifiseres til hvert rom og bruksområde separat. I dag er lysrør og LED i hovedsak like energieffektive lyskilder. Lysutbyttet vil kanskje forandre seg litt i fremtiden til fordel for LED. LED tåler godt hyppig tenning og slukking, noe som kan være en forutsetning for fleksibel lysstyring og dermed mer kontroll med energiforbruket.

I forhold til fargegjengivelse har standard lysrør Ra 80, men det finnes også spesielle lysrør med Ra over 90. Det er vanskelig å si noe generelt om LED og fargegjengivelse siden dette varierer fra produsent til produsent. Noen produserer LED med Ra over 90, men dette er mer kostbart og hører til unntakene, samt at det er store variasjoner i kvalitet.

Hvis vi sammenligner levetiden til de to lyskildene, kommer LED godt ut i forhold til standard lysrør. LED-armaturer oppgis som regel å ha en levetid på 50.000 timer ved 70 % opprettholdt lysutbytte (30 % lystilbakegang), mens tilsvarende tall for standard lysrør ligger på 20.000 timer. Det finnes imidlertid spesielle lysrør som har ekstra lang levetid (opptil 48.000 timer), men disse er dyrere i innkjøp enn standard rør, og brukes fortrinnsvis på steder der det er spesielt vanskelig å komme til for lampeskift.

En fordel med LED er at den gir fullt lysutbytte umiddelbart ved tenning, mens lysrør trenger noe tid for å oppnå fullt lysutbytte. Både LED og lysrør kan dimmes, men lysrør er i motsetning til LED ikke like fargestabil. Det vil si at lysfargen endrer noe karakter ved dimming til lavere nivåer som senker lyskvalitet og fører til færre bruksområder.

Figur 40 1-3 viser en LCC (livs syklus kostnader) beregning der tre ulike lyskildevalg er benyttet for belysning av kontor. Dette omfatter lyskildetypene LED, kompaktlysør og lysør. LCC beregner den totale anleggskostnaden, nedbetalingstid og tar hensyn til rente og inflasjon. Redegjørelsen viser også utslipp av CO<sub>2</sub> i et emisjonsdiagram.

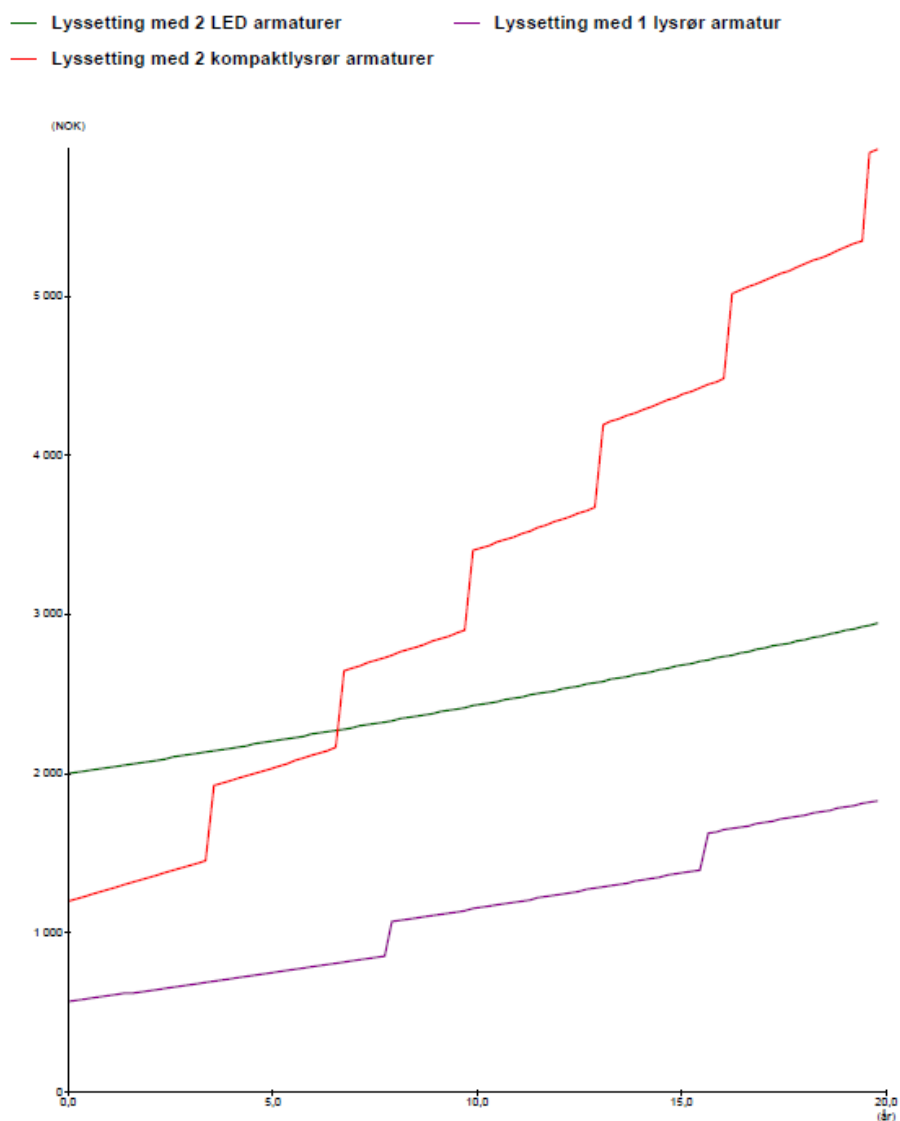
Alle tre lyssettinger tilfredsstiller anbefaling til belysningsstyrke på 400lux på arbeidsbordet, og gir samme gjennomsnittlige belysning i et kontorrom på 6 m<sup>2</sup>. Beregningene viser at løsningen med lysør har mest effektivitet, eller minst total installert effekt. LED har et resultat litt etter lysør, mens løsningen med kompaktlysør har dobbelt installert effekt til samme oppnådde belysningsnivå. Videre er det vist at i løpet av 20 år, for hvilke disse beregningene er utført, skiftes kompaktlysør 4 til 5 ganger, lysør 2 ganger, mens LED kan brukes til en hel syklus på 20 år til! Beregningene viser CO<sub>2</sub> utslipp som er høyest ved bruk av kompaktlysør. Når det gjelder kostnader er det helt klart at kompaktlysør ikke lenger er aktuelle for bruk hvis man tenker på energisparing. For å kunne konkludere med hva som er best av lysør og LED, burde vi sammenligne lysør og LED gjennom 50 år som er antatt levetid til LED.

Ved å redusere energiforbruk til belysning reduseres også byggets kjølebehov. LCC beregning viser at kompaktlysør bruker mer strøm enn lysør for å oppnå samme lysnivå og at mer strømbruk betyr mere strøm til kjøling i disse to eksempler. Potensiale i energisparing ligger fra starten av i valg av energieffektive lyskilder og armaturer med høyere lysutbytte.

Det er også viktig å se helheten i et anlegg og da spesielt sammenhengen belysning og kjølebehov. Belysningsanlegg avgir varme man ikke har behov for i et moderne bygg, hvilket kan medføre økt behov for kjøling i de ulike arealer.

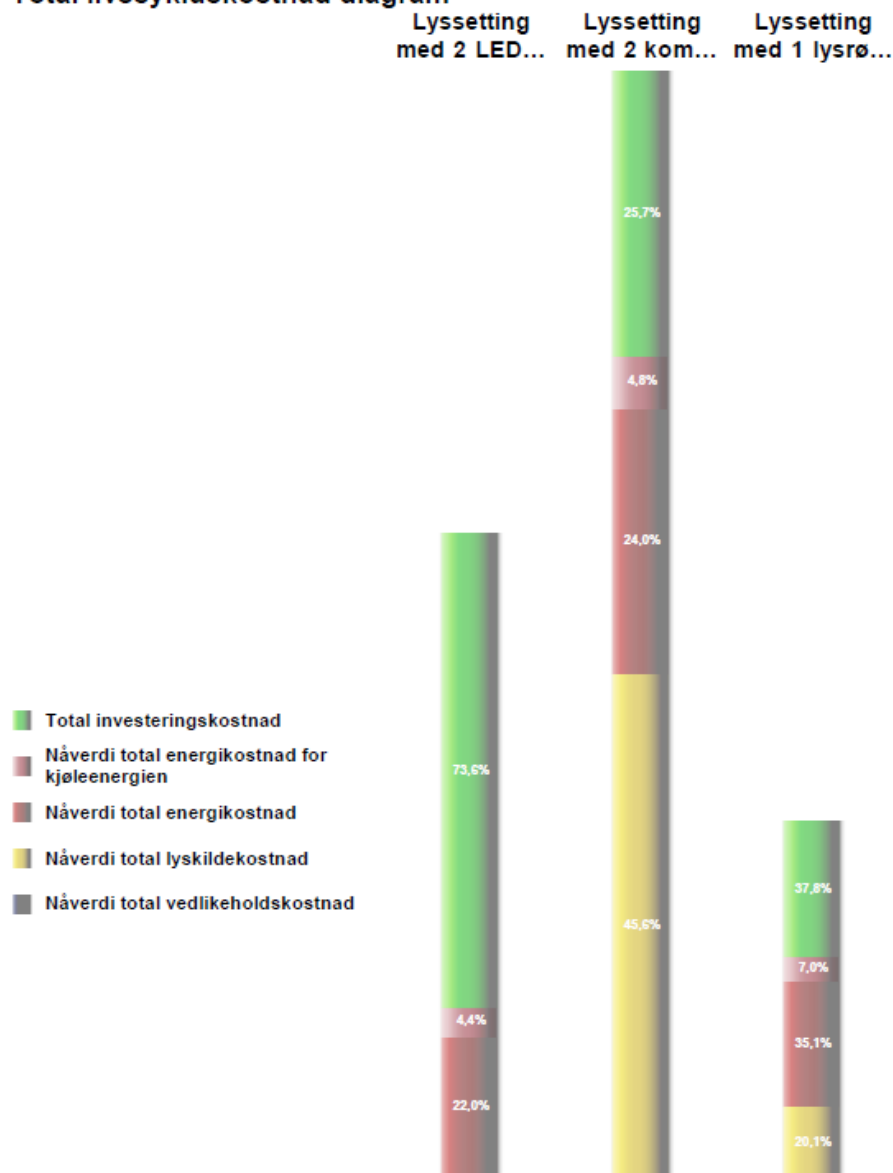


## Kostnadsutvikling (sammenligning)



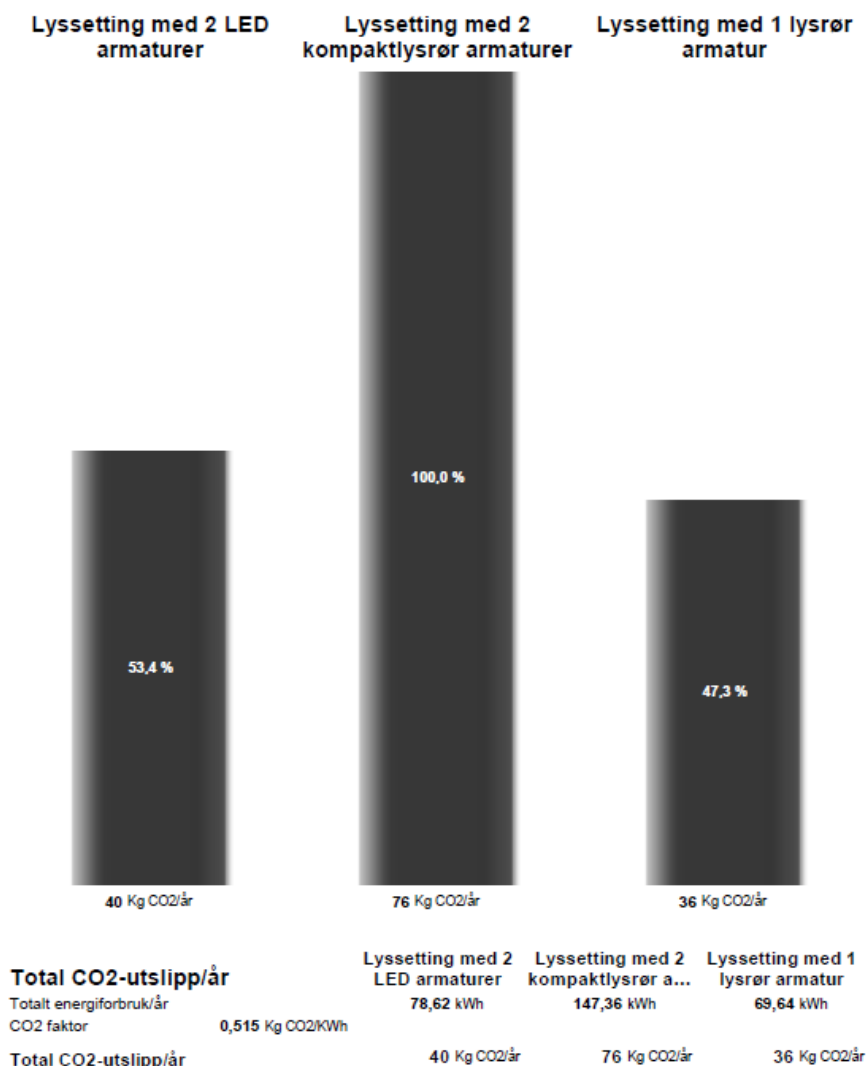
Figur 40 LCC for alternativ belysning - 1

### Total livssyklus kostnad diagram



Figur 41 LCC for alternativ belysning - 2

## CO<sub>2</sub> utslippsdiagram



**Figur 42 LCC for alternativ belysning-3**

Når det gjelder valg av armaturer avhenger det av valg av lyskilde. Under vises en LCC-sammenligning mellom løsning med lysrør og LED, med totale kostnader over en periode på 20 år. LCC-beregningen er gjennomført for to løsninger hvor begge oppfyller belysningskrav på 200 lux i et pasientrom på 12 m<sup>2</sup> med 2,8 m takhøyde. Kostnadsutvikling gjennom 20 år er større med belysningsløsning for lysrør. Det kan nevnes at livsperioden til LED faktisk er på 50 år.

I tabell 14 er LENI benyttet. LENI (The Lighting Energy Numeric Indicator) - numerisk energi-indikator for belysning. LENI-tallet skal brukes til

- å indikere belysningens energieffektivitet
- å sammenligne energieffektiviteten mellom ulike bygninger med samme funksjon

$$\text{LENI} = W_{\text{belysning, årlig}} / A \text{ [kWh/m}^2\text{,år]}$$

LENI regnes på belysningen for hele bygningen. Belysningen skal samtidig oppfylle gjeldende standarder og anbefalinger (som NS-EN 12464-1)

## Sammenligning av kostnad armaturløsning

| Generell informasjon                             | Lyssetting med<br>2 LED armaturer | Lyssetting med<br>2 kompaktlysrør | Lyssetting med<br>1 lysrør armatur |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Eksist. armaturløsning (referanseløsning for...) | Ingen eksisterende løsning        |                                   |                                    |
| Antall armaturtyper                              | 1                                 | 1                                 | 1                                  |
| Armatortyper                                     | 2 - LuxSpace                      | 2 - Fugato                        | 1 - Efix                           |
| Totalt antall armaturer                          | 2                                 | 2                                 | 1                                  |
| Totalt antall lyskilder                          | 2                                 | 4                                 | 2                                  |
| <b>Investeringskostnad</b>                       |                                   |                                   |                                    |
| Total armaturkostnad (ekskl. lyskilde)           | 2 000 NOK                         | 1 000 NOK                         | 500 NOK                            |
| Total lyskildekostnad                            | 0 NOK                             | 200 NOK                           | 70 NOK                             |
| Total installasjonskostnad                       | 0 NOK                             | 0 NOK                             | 0 NOK                              |
| Total material og arbeidskostnad                 | 0 NOK                             | 0 NOK                             | 0 NOK                              |
| <b>Total investeringskostnad</b>                 | <b>2 000 NOK</b>                  | <b>1 200 NOK</b>                  | <b>570 NOK</b>                     |
| <b>Energikostnad</b>                             |                                   |                                   |                                    |
| Total installert effekt                          | 70 W                              | 131,2 W                           | 62 W                               |
| Gjennomsn. utnyttelsesfaktor                     | 30,0 %                            | 30,0 %                            | 30,0 %                             |
| Totalt effektforbruk                             | 21,0 W                            | 39,4 W                            | 18,6 W                             |
| Gjennomsn. driftstid                             | 3 120 timer/år                    | 3 120 timer/år                    | 3 120 timer/år                     |
| Energiforbruk armaturer totalt                   | 65,52 kWh/år                      | 122,8032 kWh/år                   | 58,032 kWh/år                      |
| Kjølesystemets utnyttelsesgrad                   | 50,0 %                            |                                   |                                    |
| Kjøleeffektivitet                                | 2,5                               |                                   |                                    |
| Energiforbruk kjøling                            | 13,104 kWh                        | 24,561 kWh                        | 11,606 kWh                         |
| Totalt energiforbruk/år                          | 78,6 kWh                          | 147,4 kWh                         | 69,6 kWh                           |
| Strømpris                                        | 0,5 NOK/kWh                       |                                   |                                    |
| Total energikostnad/år                           | 39 NOK                            | 74 NOK                            | 35 NOK                             |
| <b>Nåverdi total energikostnad</b>               | <b>718 NOK</b>                    | <b>1 345 NOK</b>                  | <b>636 NOK</b>                     |
| <b>Lyskildekostnad</b>                           |                                   |                                   |                                    |
| Lyskildens benevnelse                            | LED                               | kompaktlysrør                     | lysrør                             |
| Totalt antall lyskilder                          | 2                                 | 4                                 | 2                                  |
| Total kostnad for lyskildeskift                  | 0 NOK                             | 440 NOK                           | 190 NOK                            |
| <b>Nåverdi total lyskildekostnad</b>             | <b>0 NOK</b>                      | <b>2 131 NOK</b>                  | <b>304 NOK</b>                     |
| <b>Vedlikeholdskostnad</b>                       |                                   |                                   |                                    |
| Total vedlikeholdskostnad                        | 0 NOK                             | 0 NOK                             | 0 NOK                              |
| <b>Nåverdi total vedlikeholdskostnad</b>         | <b>0 NOK</b>                      | <b>0 NOK</b>                      | <b>0 NOK</b>                       |
| <b>Totalkostnad armaturløsning LENI</b>          | <b>2 718 NOK</b>                  | <b>4 676 NOK</b>                  | <b>1 510 NOK</b>                   |
|                                                  | ~10,9 kWh/m <sup>2</sup> , år     | ~20,5 kWh/m <sup>2</sup> , år     | ~9,7 kWh/m <sup>2</sup> , år       |

Tabell 14 Sammenligning av kostnad for armaturløsninger

### 4.3.7 Armaturteknikk

Valg av lyskilde og armatur spiller en rolle for kvalitet og energibruk. Det er flere faktorer å vurdere ved valg av lyskilde. Hvilken type armatur som velges vil også avhenge av miljø og ønsket funksjon. Faktorer som armaturvirkningsgrad, optikk og reflektorteknikk er viktige parametere for utformingen av armaturen.

For armaturvalg må man søke å velge effektive lysarmaturer med passende lysfordeling og god avblending. Armaturvirkningsgrad beskriver hvor effektiv en armatur er. Alt lys som treffer reflektoren fordeles slik at en del reflekteres som lys tilbake og ut av armaturen, og den andre delen blir til varme og varmer reflektoren. Energieffektive armaturer er de som har mindre overflate/reflektor og fremdeles klarer å rette lyset der hvor det er nødvendig.

Optikk brukes som avdekning eller noe som skal minske blending fra armaturer, noe som retter lys i tillegg til reflektoren og som opprettholder IP grad. Optikken er lamellene eller raster på lysrørsarmaturer som brukes til visuelt å dele lyskilde inn i deler, slik at den ikke virker altfor lys. Lameller finnes i mange overflater (blanke, halvblanke, mat, mikrolameller) og tetthet. Akryl, polycarbonat eller glassdekning brukes til å skjerme lyskilde med matte mønstre på seg eller at de

bevarer lyskilde eller selve armaturen. Glassdekning brukes til å tette armaturer. Mikroprismatisk avdekning er behagelig og effektiv. Alle deler av armaturer som er plassert nær selve lyskilden, dermed også optikk, varmes opp av lys som treffer dem og går gjennom dem. Derfor er valg av riktig optikk en veldig krevende jobb.

Reflektorteknikk er form og overflate. Avhengig av hvor lyset bør rettes er reflektor rund, elliptisk eller noe imellom. Form på reflektor bygges etter fysikk av lysets refleksjon. Fordi mye av reflektoren er synlig må reflektorens synlige overflater gjøres mer behagelige. De mest effektive overflater er klare, men de gir til gjengjeld mest blending. Matt overflate synes behagelig, men de bryter lysets retning som en diffus flate. Fasetert optikk bryter lysets retning inn i mange små, men fortsatt direkte retninger, og overflaten gir mindre blending på grunn av at den er delt i mange små deler.

### 4.3.8 Belysningsprinsipper

#### Allmennbelysning og Funksjonsspesifikk belysning

Å ha lys der man trenger det, er et viktig prinsipp for energieffektiv belysning. I et typisk kontor vil man for eksempel ha behov for mest lys der man sitter og arbeider med papirer. Dersom det ikke tas hensyn til eksakt plassering av arbeidsplassen i rommet ved planleggingen av lyset, må man sørge for at det er godt nok arbeidslys i hele rommet. Ved å la allmennbelysningen sørge for arbeidslyset, vil det være mer lys i rommet enn det som er nødvendig. Å ha et lavere nivå på det generelle lyset, supplert med et separat arbeidslys, som for eksempel en skrivebordslampe, er en energieffektiv løsning. Se også tidligere seksjon i dette kapitlet for angivelse av belysningsprinsipper som kan ligge til grunn for utforming av et belysningsanlegg.

#### Lysets retning

Gjeldende anbefalinger for belysningsstyrker konsentrerer seg om belysning av gulv og arbeidsplan, det vil si horisontale flater. Det er imidlertid de vertikale flatene vi ser i normal synsretning, og det er derfor viktig å sørge for at vegger får en hensiktsmessig belysning som hjelper oss til å lese rommet.

Belysning av himling som et prinsipp for funksjonell belysning er et mindre effektivt grep, men å belyse himling i rom har andre kvaliteter som gjør at prinsippet i enkelte situasjoner likevel er å foretrekke. Her er det viktig å kjenne til hvilken himlingstype som anvendes i de aktuelle arealer.

#### Overflater

Overflater på alle gjenstander spiller en viktig rolle i totallyset i et rom. Overflater med forskjellige farger reflekterer kun separate deler av lysets spekter som treffer dem. Materialer på objekter reflekterer lyset rettet eller diffus og utgjør en del i hele lysets kvalitet. Riktig forhold mellom direkte og indirekte (diffuse) lys er viktig for noe synsoppgaver.

#### Dynamikk

Krav til dagslysfaktor i rom, som er et av kravene som skal oppfylles ved prosjektering, sier mye om hvor viktig det er at et rom har utsikt og dagslystilgang slik at menneskets biorytme kan følge forandringene i det naturlige lyset. Mulighet for tidsorientering er spesielt viktig for personer som oppholder seg innendørs store deler av dagen, eller pasienter som er sengeliggende mange dager i strekk. De naturlige variasjonene i lyset utendørs kan skapes kunstig med dynamisk belysning, dvs lys som endrer lysstyrke og lysfarge i løpet av dagen. Spesielt i land som Norge med et mørkt vinterhalvår påvirkes vi av den kunstige belysningen. Derfor burde alle rom hvor folk møtes, spiser eller slapper av, ha belysning med dagslysets egenskaper til variasjon i lysfarge og lysnivå. Prinsippet med dynamisk belysning kan implementeres i pasientrom og fellesarealer som stue og pauserom.

#### 4.3.9 Belysning - anbefalte løsninger

I det følgende presenteres forslag til belysningsløsninger for ulike romkategorier i et typisk sykehusbygg:

- pasientrom
- behandlingsrom: Dialyserom/fysioterapi/treningsrom, undersøkelse/ultralyd/gipsrom, røntgenrom, operasjon
- laboratorier
- kontor
- møterom
- kjøkken og kantine
- korridor
- stue, pauserom, venterom
- undervisningsrom
- skyllerom og bad

Løsninger som er presentert viser senkning i anbefalt lysnivå med mer bruk av andre lyskriterier for samme visuell komfort. Prinsipp i styring og valg av lyskilder sammen med belysningsløsninger fører til mindre bruk av energi.

#### Pasientrom

Å finne den optimale belysningsløsningen for pasientrom er en utfordrende oppgave. Her møtes pasientens behov for hjemlig belysning med behovet for godt arbeidslys for helsepersonalet. Anbefalingen fra Lyskultur sier at pasientrommet bør ha en gjennomsnittlig belysningsstyrke på 200 lux som generell belysning. Dagslyset kan bidra som en del av den nødvendige generelle belysningen, og dermed senke strømforbruket til belysningen. Når dagslysinnfallet ikke er tilstrekkelig til å tilfredsstille lysbehovet, må det benyttes kunstig lys. Høyere lysnivå virker mot depresjon, men det er også mulig å finne andre tiltak som kan motvirke depresjon slik som aktivitet - dynamikk. Da senkes det behov med høyere lysnivå med at et spill mellom lys farger holder aktiverende nivå hos pasienten. Å ha lys med samme egenskaper inne og ute fører til bedre visuell komfort. Dynamiske lyssystem har en blanding av lyskilder med høy og lav fargetemperatur, slik at lyset i rommet kan variere i et bredt spekter av lysfarger. Mange prosjekter har gjennom 1 års forskning bevist at dynamisk lys fører til bedre konsentrasjon og aktivitetsnivå. Sjekk hvilke forskningsprosjekter dette er

Armaturene må være godt avskjermet, slik at liggende pasienter ikke blir blendet fra lyset i taket. Armaturer som har mikrolinseoptikk har god avblending og er derfor et bra valg. Nå finnes det både armaturer med lysrør og LED som kan brukes til dynamisk lyssystem. Pasienten kan få tilgang til fjernkontroll for å overstyre automatikken etter egen preferanse.

For å skape variasjon i lysmiljøet uten innføre et dynamisk lyssystem kan man tilføre lys i en annen farge og karakter på veggene, som tilskudd til allmennbelysningen. Spotarmaturer med varmhvitt LED kan benyttes til slike settinger, og er et energieffektivt alternativ til tradisjonell halogenbelysning.

I tillegg til generell belysning trengs det undersøkelses-/leselys ved seng som gir 500 lux. Dette kan løses med kun en lampe som har en smalt og et bredd strålende halogen lyskilde i seg. Halogen lyskilde må brukes til undersøkelseslys da dette fremdeles er den lyskilde som har best fargegjengivelse og det er viktig at fargene vises helt ekte under undersøkelsen. Armaturen styres manuelt.

Lyset i badrom eller over vasken kan løses med en veggmontert lysrørsarmatur med en manuell bryter. Lyset kan styres med manuell tenning og automatisk av.

Lyset styres lokalt i hvert enkelt rom, med manuell tenning og automatisk av etter fravær eller dagslysets innfall. Alle armaturer har DALI og er del i et overordnet system som får informasjon om riktig drift av hver enkelt lyskilde. Dette gir lettere oversikt til vedlikehold.



Figur 43 Armatortyper og plassering i baderom

## Behandlingsrom

### Dialyserom, fysioterapi, treningsrom

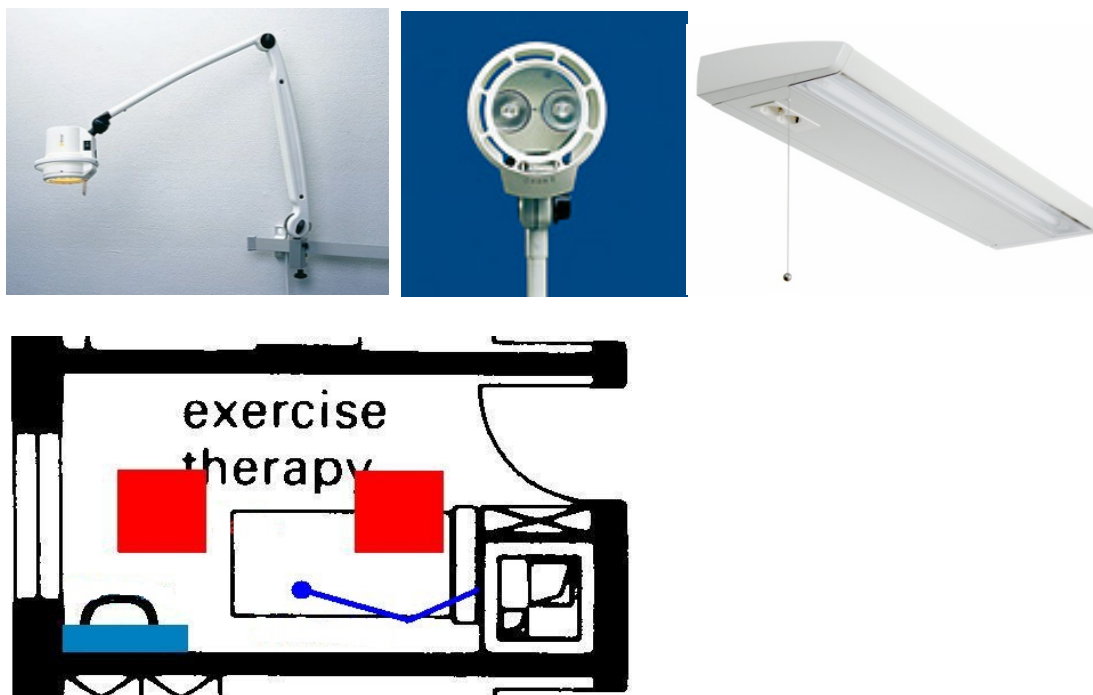
Dialyserom, fysioterapi, kiropraktor og treningsrom er rom hvor pasienter ligger en stund og burde føle seg komfortable slik at de kan slappe av. I tillegg må belysningen gi et godt arbeidslys for legen og øvrig medisinsk personell. Et generelt allmennlys fra innfelte armaturer i himling kan være en god løsning.

Ved dialysesengen kan halogenlampen med 2 lyskilder brukes som leselys eller undersøkelseslys. Lampen styres manuelt. Her kan også andre typer lamper brukes, hensikten er å ha mulighet for å bruke tilleggslys hvis det er nødvendig ved behandling. Legens arbeidsbord trenger ekstra belysning som gir 500 lux på arbeidsbordet, for eksempel veggmonterte lysrørsarmaturer med manuell bryter. Armaturen slås på manuelt mens fraværssensoren (bevegelsesdetektor) slår den av automatisk.

Styring av den generelle belysningen foregår automatisk etter dagslysinfall og tilstedeværelse.

Anbefaling til gjennomsnittlig belysningsstyrke er 300 lux som generell belysning.





Figur 44 Armaturtype og plassering dialyse

## Undersøkelse, ultralyd og gipsrom

Undersøkelse- og gipsrom trenger gjennomsnittlig belysningsstyrke på 500lux-300lux i generell belysning. Lysfarge er forutsatt mellom 3000 og 4000K dvs. nøytralhvitt. Fordi pasienter ligger der en stund burde armaturer med mikroprismatisk avskjerming brukes til generell belysning. Styring bør foregå automatisk etter tilstedeværelse med mulighet til manuelt dimming. Arbeidsbelysning på 500lux kan løses med en lampe med manuell bryter, som kan flyttes til steder hvor det er nødvendig i løpet av behandlingen. Over arbeidsbordet til legen trenger man 500lux og der kan for eksempel den veggmonterte lysrørsarmaturen benyttes. Armaturen styres manuelt på og automatisk av.

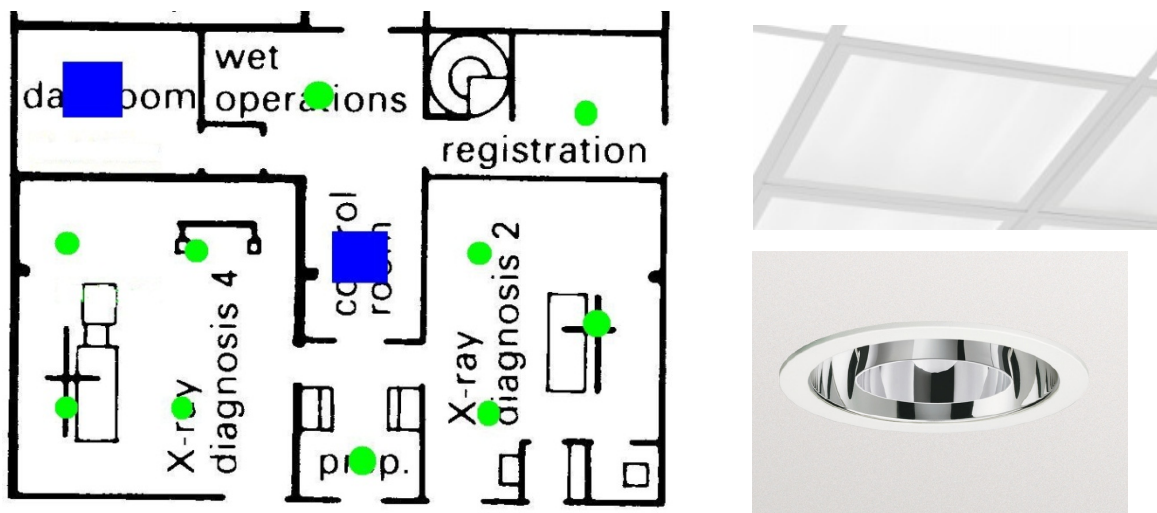


Figur 45 Armatur i ultralyd og gipsrom

## Ultralyd og røntgenrom.

Krav som stilles til belysning i røntgenrom er blant annet at lyset skal kunne dimmes kontinuerlig og digitalt. Derfor må styringssystemet gi mulighet til presis dimming, og dette kan løses ved å ha det implementert i et PC-program slik at personalet styrer det enkelt. Anbefalt lysnivå er 300lux til generell belysning i røntgenrommet og 500lux i kontroll rommet, og der hvor filmene leses. I kontrollrommet er det også krav til høy fargegjengivelse. Lysfargen bør være varm for at dette skal gi kontrast med den gråaktige fargen på filmene. I røntgenrommet tillates ikke dagslys. Den enkleste løsning er enten vanlige lysrørarmaturer eller downlightarmaturer som kan ha LED som lyskilde. Strømforbruk og CO2 utslipp er samme, men investeringskostnaden er høyere med LED løsning.

Vist eksempel på armaturer er en veldig bred modell som finnes hos de fleste produsenter. Det viktigste er at armaturen har middelsglans dobbelparabolske lameller i rasteret, som gir bra skjerming av lyskilde og høy armaturutnyttelsesgrad og best mulig lysfordeling inn i rommet. Styring er auto med dagslys og tilstedeværelseskontroll med mulighet til manuell styring. I kontrollrommet er det best å bruke mikrolinseoptikk for å unngå blinding ved lesing av filmer.

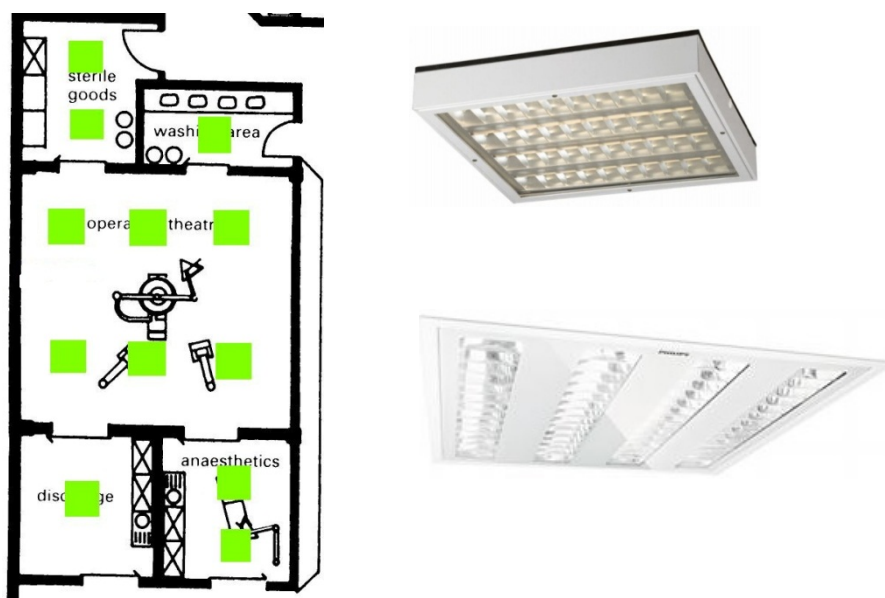


Figur 46 Armatur og plassering i ultralyd og røntgenrom

## Operasjon

I operasjonsrom er det anbefalt 1000 lux for generell belysning med veldig høy fargegjengivelse. Lysfarge skal være nøytral hvitt, eller mellom 3000-4000K. Armaturer må oppfylle krav til renrom, dvs. deksel må være av glass og optikken i høyglans. Generell styring utføres manuelt på og auto av etter fravær. Under operasjoner er rommet delt inn i arbeidssoner med tilhørende belysning som hver for seg fungerer separat. Styring under selve operasjonen utføres av helsepersonalet etter behov.

I tillegg til generell belysning har operasjonsrom også en spesiell lampe til arbeidsbelysning under operasjoner, som regnes som medisinsk utstyr. Dagslys i operasjonsrom er oftest forstyrrende og noen operasjonsrom har ikke vinduer i det hele tatt.



Figur 47 Armatur og plassering i operasjonsrom

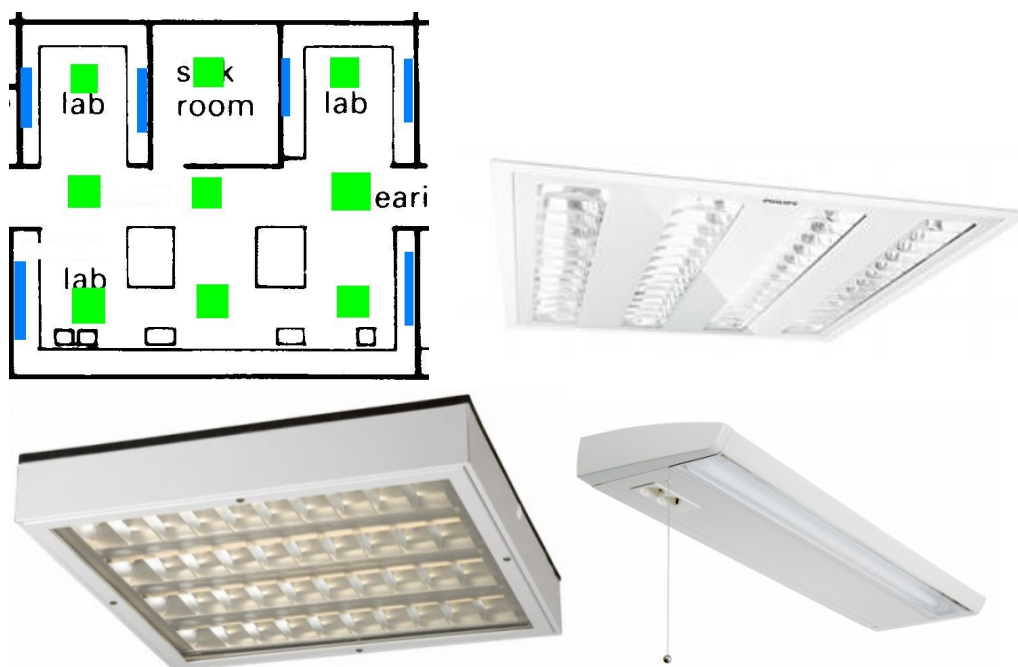
## Laboratorie

Laboratorier har vanligvis to deler. Til den delen hvor kravene om renhold er mer strenge kreves det også renromsarmaturer, dvs. tette armaturer som har glassavdekning. Til delen hvor pasientene kommer til blodprøvetaking eller lignende, er ikke kravene så strenge. Der kan det brukes vanlige armaturer med noe slags avdekning.

Lys i laboratorier bør styres med tilstedeværelsesdetektor, og dagslysstyring. Anbefalt generellbelysning til laboratorier skal være på 500 lux med optimal fargegjengivelse.

I tillegg til generell belysning må arbeidsbenken ha 1000 lux, som for eksempel kan løses med en veggmontert lysrørsarmatur, som kan styres manuelt på og automatisk av ved fravær.

Det finnes mange ulike laboratorier, og ulike renromskrav avhengig av bruk og formål. Dette behandles ikke separat, og her gjengis en overordnet generell betraktning.



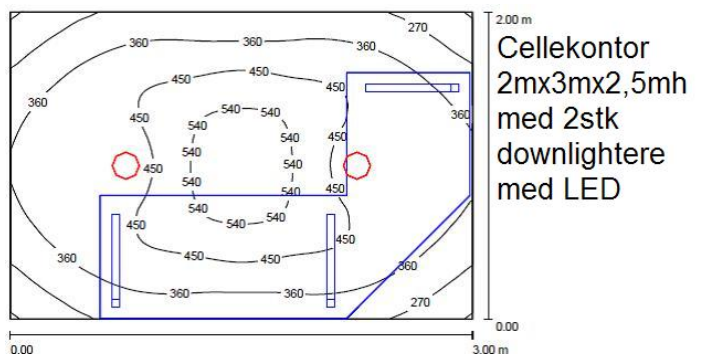
Figur 48 Armatur og plassering kontor

## Kontor

Legekontorene på sykehuset brukes ofte kun i kortere perioder om gangen, når legen ikke er i undersøkelse eller i visitten. Styringsprinsipp bør være manuelt på og automatisk av ved fravær. Ved bruk av DALI-kontrollen kan anlegget programmeres til å dimme ned allmennbelysningen ved dagslysinfall, samt at armaturene slår seg av etter en kort periode med inaktivitet.

Anbefalt belysningsstyrke for kontor er 500 lux på arbeidsområdets nærfelt (30x60cm tilsvarende et A3-ark). Resten av arbeidsbordet skulle ha 300 lux og resten av rommet 200 lux. Lysfarge bør være 3000 K.

Her er det gjort en enkel lysberegning og sammenligning av løsning med LED og kompaktlysrør. Begge eksempler gir gjennomsnittlig 400 lux i arbeidsplanet. Løsningseksempelene er også brukt som grunnlag til beregning av livssyklus kostnader, se seksjonen "Energieffektive lyskilder".



Takhøyde: 2.500 m, Montasjehøyde: 2.500 m, Vedlikeholdsfaktor: 0.80 Verdier i Lux, Målestokk 1:26

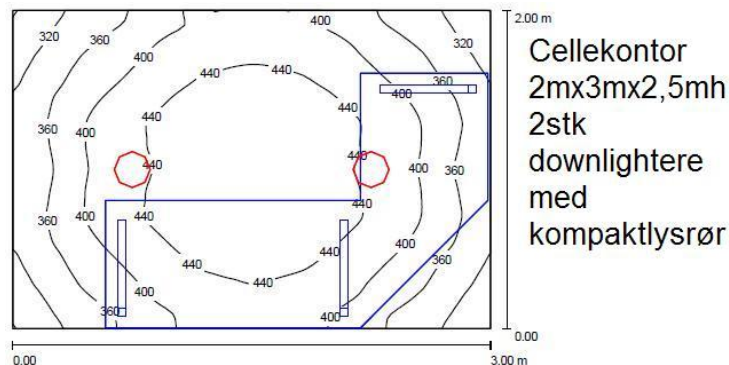
| Flate       | $\rho$ [%] | $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min} / E_m$ |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Arbeidsplan | /          | 401        | 173            | 595            | 0.431           |
| Gulv        | 20         | 175        | 22             | 366            | 0.125           |
| Tak         | 80         | 69         | 44             | 84             | 0.645           |
| Vegger (4)  | 50         | 121        | 23             | 287            | /               |

Arbeidsplan:  
Høyde: 0.760 m  
Målepunkter: 64 x 64 Punkter  
Yttergrense: 0.000 m  
Lysstyrkeforhold (etter LG7): Vegger / arbeidsplan: 0.320, Tak / arbeidsplan: 0.172.

#### Armatur-stykkliste

| Nr.     | Antall | Betegnelse (Korreksjonsfaktor)                      | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|--------|-----------------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 2      | Philips LuxSpace BBS491 1xDLED-Compact/3000 (1.000) | 2045        | 35.0  |
| Samlet: |        |                                                     | 4090        | 70.0  |

Spesifikk tilkoblet effekt: 11.67 W/m<sup>2</sup> = 2.91 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Grunnflate: 6.00 m<sup>2</sup>)



Takhøyde: 2.500 m, Montasjehøyde: 2.600 m, Vedlikeholdsfaktor: 0.80 Verdier i Lux, Målestokk 1:26

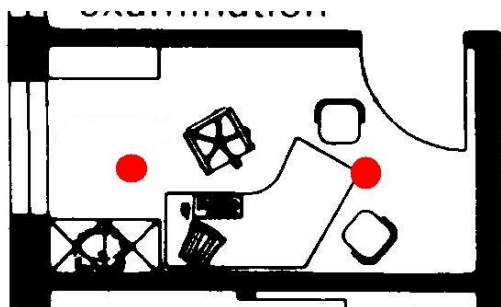
| Flate       | $\rho$ [%] | $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{max}$ [lx] | $E_{min} / E_m$ |
|-------------|------------|------------|----------------|----------------|-----------------|
| Arbeidsplan | /          | 400        | 279            | 468            | 0.698           |
| Gulv        | 20         | 162        | 32             | 286            | 0.198           |
| Tak         | 80         | 103        | 70             | 124            | 0.673           |
| Vegger (4)  | 50         | 201        | 29             | 485            | /               |

Arbeidsplan:  
Høyde: 0.760 m  
Målepunkter: 64 x 64 Punkter  
Yttergrense: 0.000 m  
Lysstyrkeforhold (etter LG7): Vegger / arbeidsplan: 0.594, Tak / arbeidsplan: 0.258.

#### Armatur-stykkliste

| Nr.     | Antall | Betegnelse (Korreksjonsfaktor)        | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|--------|---------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 2      | Philips FBS291 2xPL-C/2P26W C (1.000) | 3600        | 65.6  |
| Samlet: |        |                                       | 7200        | 131.2 |

Spesifikk tilkoblet effekt: 21.87 W/m<sup>2</sup> = 5.46 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Grunnflate: 6.00 m<sup>2</sup>)



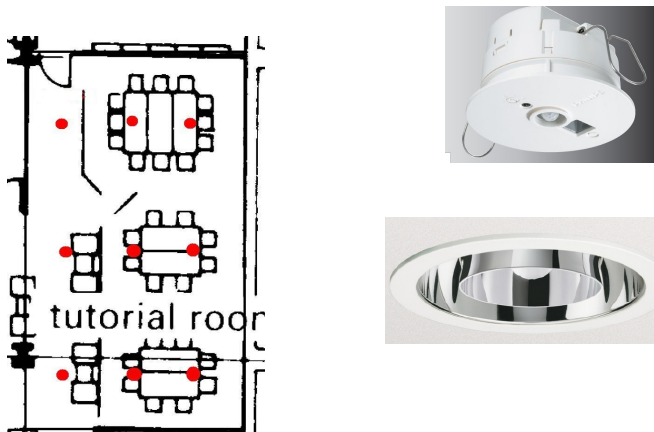
Figur 49 Belysning av kontor



## Møterom

For møterom anbefales det tilstrekkelig belysningsstyrke på 400 lux på møtebordet og 300 lux i resten av rommet. Lysfargen bør være 3000K. All belysning bør utformes etter rommets møblering.

Styring foregår manuelt på og automatisk av ved fravær. Ved bruk av DALI-systemet kan anlegget programmeres til å dimme ned ved dagslysinfall, samt at armaturene slår seg av etter en periode med inaktivitet.



Figur 50 Belysning og lysarmatur for møterom

## Enkelt kjøkken og kantine

Allmennbelysning kombinert med belysning av bord og vegger vil gjøre rommet til et godt sted å ha en pause. Downlights kan benyttes til allmennlyset. Det er viktig at armaturen har god skjerming av lyskilden, høy armaturvirkningsgrad og god lysfordeling for et jevnt allmennlys. I et oppholdsrom som kantine er det viktig å legge spesiell vekt på trivsel og romopplevelse. Pendelarmaturer over hvert bord gir mer variasjon i lysmiljøet og skaper en egen sone av lys rundt bordet, slik at atmosfæren blir mer intim. Vegger kan med fordel også lyssettes spesielt i disse rommene.

Hele anlegget kan fordeles i soner slik at lyset styres etter behov i de forskjellige soner. Styring kan være auto på og av ved at anlegget programmeres til å dimme ned ved dagslysinfall samt at armaturene slår seg av etter en kort periode med inaktivitet.

Anbefalt belysningsstyrke for kjøkken er 500 lux og for kantine 300 lux.



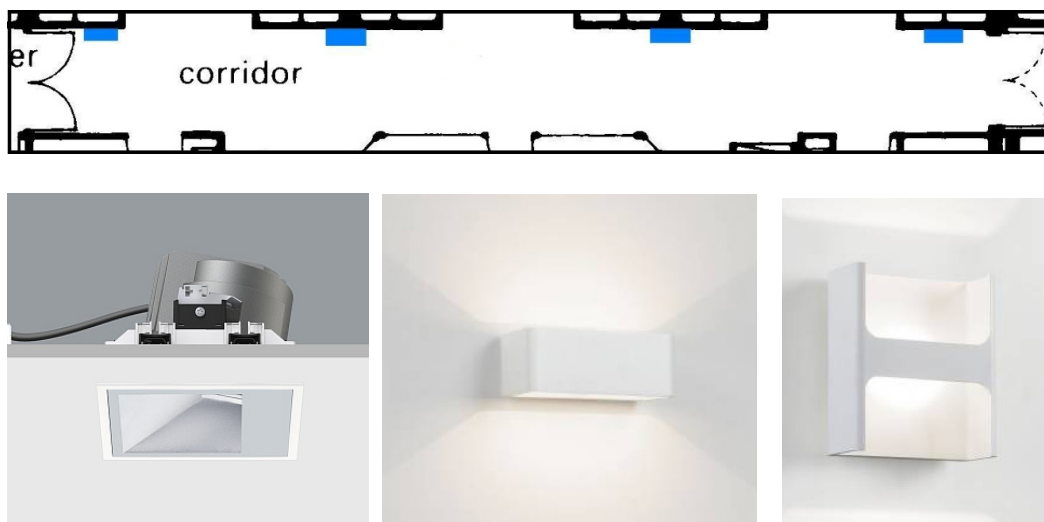
Figur 51 Armatur og belysning kjøkken

## Korridor

For å skape et behagelig miljø for pasienter som trilles i korridoren må armaturene ha en meget god skjerming av lyskilden. Armaturer kan enten felles inn i himling, monteres på veggen eller i hjørnet mellom vegg og tak slik at veggene blir belyst. Hvilket lyssystem som skal velges avhenger av hva slags himling man har og mulig innbyggingshøyde til innfelte armaturer.

Den beste måten å styre anlegget på er at armaturene fordeles i små soner, eller grupper, som da kan tennes ofte ved behov. Kanskje blir noen rom i slutten av korridoren aldri besøkt i løpet av natta (dag). Derfor er det ingen grunn at lyset i korridoren tennes unødvendig. Armaturene styres auto av/på etter bevegelsessensor.

Anbefalt belysningsstyrke på gulv i korridor er 200 lux om dagen, som kan senkes til 50 lux for nattbelysning.



**Figur 52** Armatur og belysning korridor

## Stue, pauserom og venterom

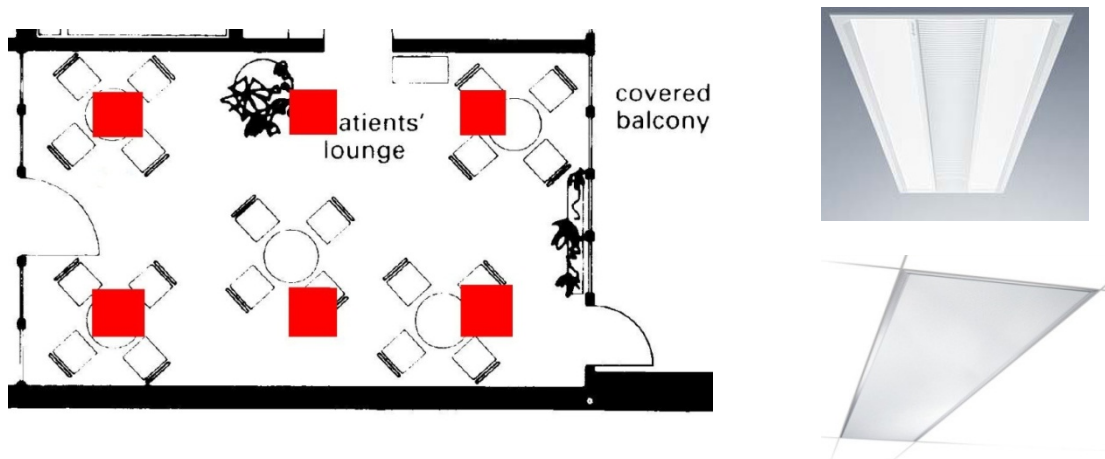
I disse rommene møtes pasienter, pårørende og helsepersonalet for samvær og samtale. Derfor er det viktig å skape en trivelig, naturlig og trygg atmosfære. Dagslyset kan bidra som en del av den nødvendige generelle belysningen, og dermed senke strømforbruket til belysningen. Når dagslysinnfallet ikke er tilstrekkelig til å tilfredsstille anbefalte verdier for lysnivå, kan et dynamisk lyssystem som harmoniserer med dagslyset ute benyttes. Armaturer som har mikrolinseoptikk er et bra valg da de har god avblending av lyskilden og fremstår som en lysende overflate, og dermed gir et inntrykk av overlys. Et dynamisk lyssystem baserer seg på en kombinasjon av lyskilder med lav og høy fargetemperatur, slik at man ved å kombinere disse i ulik grad kan få belysning med fargetemperaturer innenfor et spekter av disse ytterpunktene. Mange studier og forskningsprosjekter har vist positivt virkning av dynamisk lys mot folk som oppholder seg over lang tid i et rom eller sted.

I tillegg til generell belysning kan man skape bedre trivsel med dekorativ belysning ved sittegrupper. Det kan være pendelarmaturer som henger over bordet.

Lysstyring i denne romkategorien bør baseres på auto på/ av ved fravær.



Anbefalt lysnivå er 250 lux i gjennomsnitt.



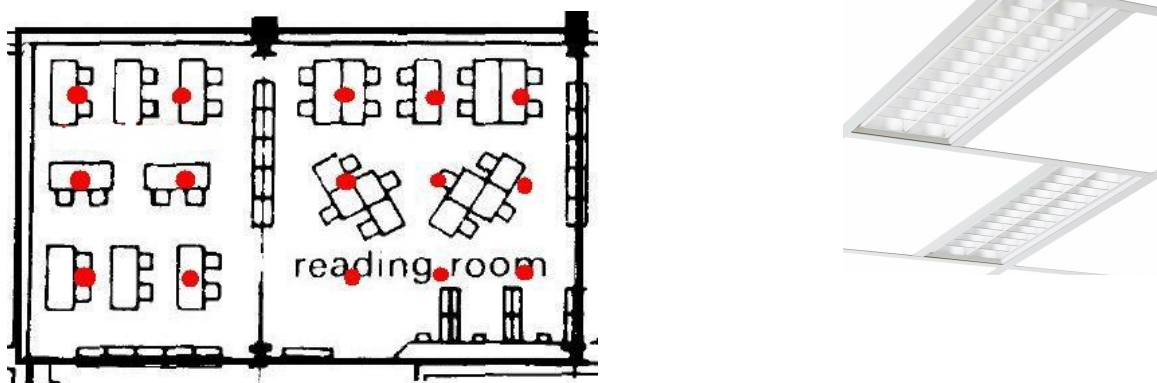
Figur 53 Armatur og belysning oppholdsrom

## Undervisningsrom

Det bør legges opp til et generelt allmennlys som gir like belysningsforhold for alle sitteplasser i rommet. Armaturer og plassering må også velges med hensyn på å unngå blinding. Eksempel på egnede armaturer er downlightarmaturer med LED, eller armaturer med lysrør.

Styring, basert på DALI, kan foregå manuelt på og auto av ved fravær. Hele anlegget kan programmeres til å dimme ned ved dagslysinfall samt at armaturene slår seg av etter en periode med inaktivitet. Fjernkontroll kan brukes til å dimme tavlebelysning manuelt etter behov.

Anbefalt belysningsstyrke for undervisningsrom er 300 lux i arbeidsplanet. I tillegg bør tavlen ha egen belysning som gir 500 lux i det vertikale planet.



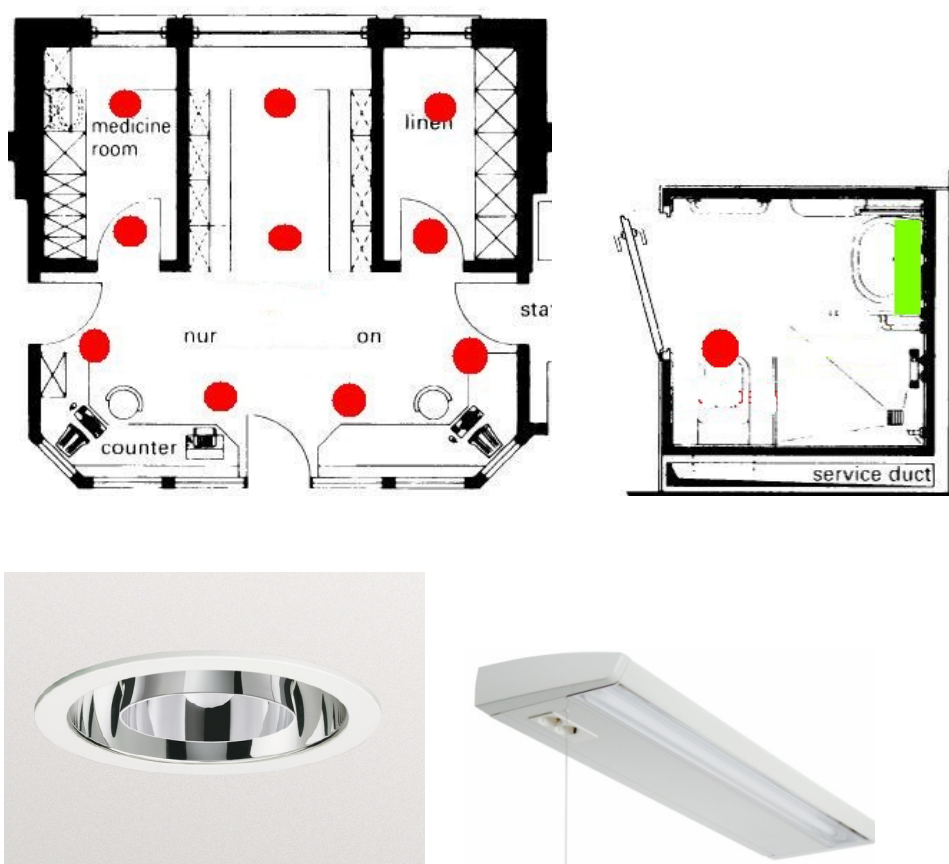
Figur 54 Armatur og belysning undervisningsrom

## Skyllerom og bad

I disse rommene vil det være hensiktsmessig med et jevnt generelt allmennlys, i tillegg til spesiell belysning over vask. Dette kan for eksempel løses med innfelte downlightarmaturer, supplert med veggmontert armatur over vask.

Rommene benyttes kun i korte perioder av gangen, og det beste prinsippet for styring er derfor auto på/ av etter tilstedeværelse/fravær.

Anbefalt belysningsstyrke for bad og skyllerom er 300 lux.



Figur 55 Armatur og belysning skyllerom og bad

## 5 DELPROSJEKT 5 - SYSTEMLØSNINGER I SYKEHUS

### 5.1 Tekniske løsninger

Dette delprosjektet har 2 hovedmålsetninger innen “State of the art / best practice”

- 1) Teknisk integrasjon - kommunikasjonssystemer fra feltsystem og opp på toppnivå
- 2) Tekniske systemløsninger - Systemtekniske løsninger innenfor vannbårne systemløsninger.

Vi har gjennomgått følgende sykehus som er bygget/er ferdig de siste 10 år:

- Rikshospitalet på Gaustad – Oslo
- Ringerike sykehus – Hønefoss
- St-Olavs Hospital - Trondheim
- AHUS – Lørenskog

Målet har vært, gjennom analyse av disse sykehusene, å trekke ut de beste tekniske løsningene innenfor systemintegrasjon og systemtekniske løsninger. I de neste 2 underkapitlene har vi spesifisert målene dypere innen hvert område.

### 5.2 Teknisk integrasjon

For å kunne optimalisere den totale energibruk ser vi det som lønnsomt at de ulike kommunikasjonssystemer kan kommunisere med hverandre. Eksempel at lys, ventilasjon, kjøling og varme behovsstyres både med hensyn på bevegelse, booking, brann, solinnfall o.s.v. Videre at man har kunnskap som kan fortelle noe om temperaturønske på pasientrom, helgepermisjon mv., og at systemdata (temp. fukt. lufthastighet/mengde) kan utveksles med system for operasjonssaler. Dette gir mulighet for at varmen, kjølingen og ventilasjonen kan minimeres når det er fravær, eller når det enkelte pasientrom, operasjonssal mv ikke skal benyttes i en gitt periode. Det må gjøres en kost nytte evaluering av integrasjonsløsningene. Systemløsninger skal integreres for en hver pris.

Teknisk integrasjon kan deles inn i 4 områder:

- Sykehusspesifikk kommunikasjon:
  - o Sykehus signaler
  - o Pasientjournaler
  - o Alarmsystemer
  - o Callingsystem
  - o Booking system
- Sikkerhetstekniske
  - o Adgangskontroll
  - o Branndeteksjon
  - o Brannalarm
  - o Nøddlys
  - o TV-signaler
  - o TCP/IP – Internett for pasienter / pårørende
  - o Videoovervåkning
  - o Heisalarm
  - o Telefoni
- Sentrale tekniske systemer
  - o Ventilasjon
  - o Varme
  - o Kjøling
  - o Tekniske underprosesser
  - o EOS – Energioppfølgingssystem
  - o EL-anlegg

- Sonetekniske systemer
  - Lystyring
  - Persiennetyring
  - Temperakontroll
  - Luftmengdekontroll

Målet er å finne kommunikasjonsplattformer med tilstrekkelig sikkerhets- og funksjonsnivå, slik at en kan minimere antall kommunikasjonsbusser. I senere avsnitt vises det hvordan dette er løst ved tidligere angitte sykehus.

### 5.3 Tekniske systemløsninger

Innen tekniske systemløsninger ser vi i hovedsak for oss vannbårne og luftbårne systemer. Dette kan deles inn i følgende områder:

- Varmeavgivere
- Varmedistribusjon
- Regulering av varmeavgivere - systemløsninger
- Varmeproduserende enheter
- Kuldeavgivere
- Kuldistribusjon
- Regulering av kuldeavgivere – systemløsninger
- Kuldeproduserende enheter
- Frikjøling – luft, vann (grunnvann, sjø, mm)

Det er en målsetning at en må utnytte overskuddsvarmen fra alle kjøleprosesser før en tilfører varme utenfra. Man ser på varmepumpe / kuldeproduksjonsprosessen under ett og utnyttelse av begge sider på optimal måte.

Vi arbeider videre med en målsetning om å heve returtemperaturen for kjølevann så høyt som mulig og tilsvarende å senke returtemperatur for varmtvann mest mulig. I denne sammenheng er det viktig å ha gode driftssikre systemløsninger.

### 5.4 Oppsummering og konklusjoner

Rapporten er todelt med hensyn på kommunikasjonsløsninger og systemløsninger i sykehus. Innen kommunikasjon blir de tre hovedkommunikasjonsbussene gjennomgått. Disse er:

- KNX
- LonWorks
- BACnet.
- EnOcean ( trådløst og uten batteri )

Videre går det gjennom de ulike kommunikasjonsløsninger som er spesielle for sykehusdrift.

Fra undersentral til komponentnivå er det i hovedsak punkt til punkt kommunikasjon, men i de tilfeller det benyttes bus er dette til målere og instrumenter av forskjellige slag og da er det Modbus og M-bus som er dominerende, men også proprietære busser er ofte brukt.

Det tas videre en diskusjon på følgende:

- Hva som kan / skal / bør integreres?
- Integrasjonsansvar og når det skal starte
- Fallgruver i prosjektering
- Systemløsninger hos ulike produsenter
- Hvordan sikre åpenhet
- Eksempler på produkter

Innen tekniske systemløsninger på sykehus gis det eksempler på løsninger et utvalg sykehus bygget i Norge den senere tid. Disse er:

- Rikshospitalet
- AHUS
- St. Olavs Hospital
- Ringerike Sykehus

Rapporten tar en gjennomgang av energiøkonomiske løsninger de ulike sykehus har valgt innen for følgende områder:

- Sanitæranlegg
- Varmeanlegg
- Kuldeanlegg – varme- og kuldeproduksjon
- Ventilasjonsanlegg
- Solavskjerming
- Behovsstyring av varme, kjøling, lys og ventilasjon.
- EOS (Energi Oppfølgings System)
- Optimalisert styring. (Samordnet og avtemt for lavest mulig forbruk)

Hvis en legger vekt på en godt gjennomtenkt integrasjonsprosess hvor de fleste systemer kommuniserer på samme plattform er det lettere og rimeligere å få til gode energieffektive løsninger.

For å få til det riktige integrasjonsnivå er det viktig å analysere alle de positive og negative sider ved å integrere et system sammen med et annet. Det må tidlig tas stilling til tverrfaglig integrasjon slik at en ikke planlegger løsninger som umulig kan kommunisere på en kostnadseffektiv måte.

Ved prosjektering og utarbeidelse av beskrivelse er det særs viktig å sette integrasjonsansvaret på rett plass. Generelt mener vi at ansvaret skal skje nedenifra og oppover. Dette betyr at systemløsninger lavere i integrasjonshierarkiet skal tilpasse seg kommunikasjonsløsninger som er høyere oppe i hierarkiet.

I prosjektet er det satt opp en sjekkliste ved integrering for å hindre fallgruver og ivareta grensesnitt mellom de ulike anlegg.

Innen systemløsningene kommer rapporten med konkrete forslag på optimalisering og integrering av det totale varme og kuldesystemet. Innen systemløsningene pekes det på viktigheten av å senke temperaturnivået på varmesiden og øke temperaturnivået på kulsesiden. Dette vil i tillegg til høy delta T gi gode driftsforhold for en varmepumpe / kuldemaskin.

## **5.5 Tekniske systemløsninger - integrert kommunikasjon**

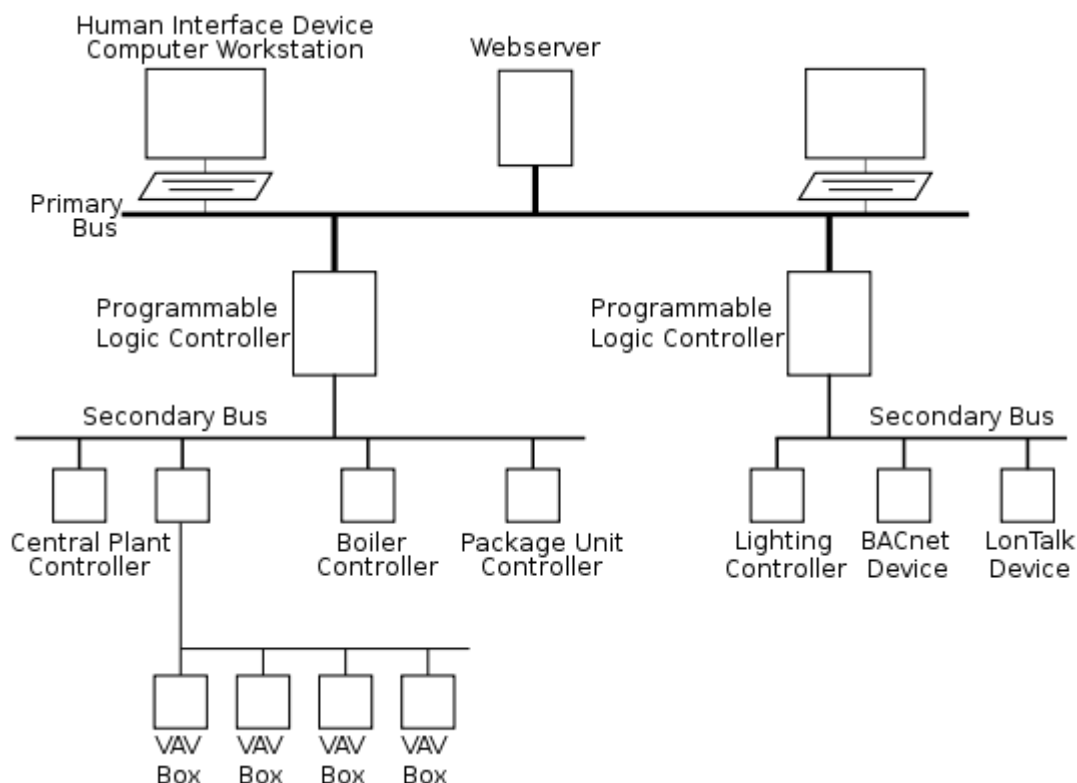
### **5.5.1 Busskommunikasjon**

Byggautomasjon innebærer styring og overvåking av de tekniske anleggene i bygg. Automatiseringsanlegg består av et datastyrt og intelligent nettverk av elektroniske enheter, som er utviklet for å overvåke og kontrollere de klimatekniske og elektrotekniske anlegg i en bygning (herunder oppvarming, kjøling, ventilasjon, belysning, behovsstyring, solavskjerming sikring, varsling adgangskontrollanlegg m.v.).

Automatiseringsanlegg må tilpasses de ulike bygningstyper og tilhørende funksjonalitet. Riktig sammensatt, planlagt og driftet, vil dette bidra til å redusere byggets energi- og vedlikeholdskostnader.

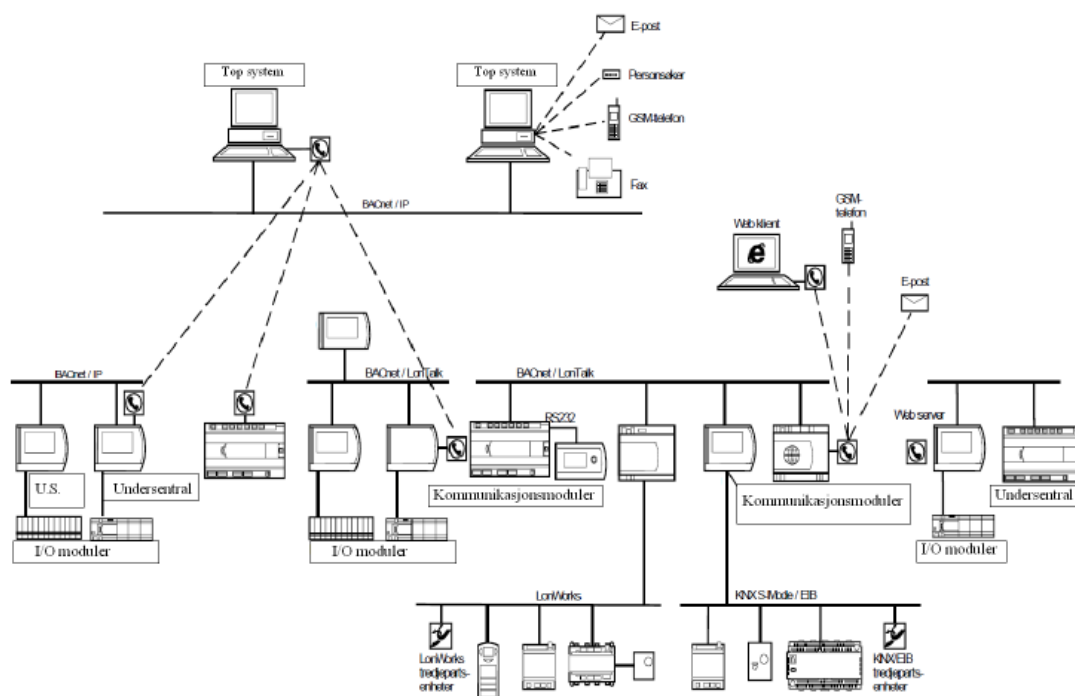
De fleste byggautomatiseringsanlegg består forenklet sagt av en hoved bus og en sekundær bus som forbinder komponentene i anlegget og sørger for at informasjonsflyten fungerer som forutsatt. For å avhjelpe og holde orden på all informasjon knyttes dette sammen mot et toppsystem.

Busen kan være basert på standard protokoller som BACnet, KNX, LON, DALI o.s.v. kjørt over IP, LON-nettverk, optisk fiber, ethernet, ARCNET, RS-232, RS-485 eller et trådløst nettverk.



Figur 56 Byggautomasjon - 1

Et annet eksempel kan være:



Figur 57 Byggautomasjon - 2



Det finnes mange kommunikasjonsbusser tilgjengelig på markedet. For bygningsinstallasjon kan vi nevne de 3 mest brukte:

### **KNX – Tidligere EIB (European Installation Bus)**

KNX er en standardisert (ISO, EN) OSI-basert nettverk kommunikasjonsprotokoll for intelligente bygninger. KNX er basert på EIB, men utvidet videre til også å inkludere BatiBUS og EHS. Denne standarden er basert på mer enn 15 års erfaring (fra 1993 i Norge) i markedet og inkluderer som nevnt forgjengerne EIB, EHS og BatiBUS. KNX er et komplett system hvor de fleste bygningsinstallasjoner kan integreres.

Busen ble utviklet for integrering av ulike systemer i et bygg og for å sikre samvirke og optimal drift av bygninger. Spesielt gjaldt dette elektrotekniske anlegg, men også VVS-tekniske installasjoner som oppvarming, kjøling osv. Systemet er oppbygd som et intelligent installasjonssystem, som bygges opp med elektroniske komponenter som kommuniserer via et svakstrømsbasert kommunikasjonsnett.

KNX var i tidlig fase primært rettet mot installasjonsmarkedet og styring av elkraftsystemer. Det kunne dog brukes til andre formål, og har siden blitt utviklet videre til også å kunne implementere oppvarming, kjøling osv. Det kan knyttes opp mot et SD-anlegg.

Følgende standarder som referer til KNX:

- CENELEC – EN 50090 – Europeisk Standard for hjem og kontorbygg
- CEN – EN 13321-1 Europeisk standard for byggautomasjon basert på KNX
- ISO / IEC – 14543-3 Standard for Home Electronic System (HES) basert på KNX
- GB/Z 20965 Kinesisk standard for hjem og kontorbygg basert på KNX
- US Standard (ANSI/ASHRAE 135)

Ved sertifisering garanteres det at produkter stemplet med KNX kan brukes sammen på ett og samme anlegg.

Programmering av KNX er basert på PC-programmet ETS. I dette programmet utføres prosjektering og programmering av KNX-produkter. ETS programvaren skal være leverandøruavhengig. En skal kunne blande produkter fra ulike produsenter i samme anlegg.

KNX brukes i hovedsak til styring av ulike komponenter i bolig og kontorbygninger.

KNX støtter flere tilkoplingsmedier:

- Twister Pair
- Power line
- Radio Frequency
- IP/Ethernet

KNX kan kombineres med andre standarder gjennom flere gatewayer eller rutere. Eks:

- BACnet
- DALI - lysstyringssystem

### **LonWorks – Echelon Teknologien**

LONWORKS® (local operating network) er en standard bus basert system for automatisering av bygninger, industriprosesser, trafikkautomatisering, telekommunikasjon og mange andre felt.

Intelligente sensorer, aktuatorer og kontrollere kan fleksibelt linkes til et eller flere forskjellige kommunikasjonsmedia som “ twisted pair” kabel, 230 V power supply eller radio nettverk.

Modifiseringer, utvidelser og service er mulig, også under full drift.



LONWORKS<sup>®</sup> teknologien for kommunikasjon er utviklet av Echelon corporation, Palo Alto, USA.

Et LONWORKS<sup>®</sup> nettverk kan bestå av opp til 32.000 intelligente noder for hvert Domene, og kan kommunisere uavhengig av hverandre med multifunksjoner over LONTALK<sup>®</sup>. LONTALK<sup>®</sup> er en protocol utviklet av Echelon, som sender meldinger fra sensorer o.s.v. over nettverket med en hastighet av opptil 1,25 Mbit/s. Prioritet er garantert for timekritiske meldinger, og sikker transmisjon er tilrettelagt ved “end-to-end” kontroll og kvittering (bekreftelse ved mottak). Hvis bekreftelsen ikke kommer, vil meldingen bli gjentatt, helt til alle mottakere har svart den som sender.

## Struktur

For tekniske funksjoner og operasjonssekvenser som for eksempel persiennestyringen og dagslyskompensering, bruker man et kommunikasjonsnettverk fra LONWORKS<sup>®</sup> som prater ved hjelp av LONTALK<sup>®</sup>-protokoll og LONWORKS<sup>®</sup>-standard.

For kommunikasjon bruker man en SNVT liste (Standard Network Variable Type) i samsvar med LONMARK<sup>®</sup>-standard.

Alle nettverksnoder (sensors, aktuatorer, repeater, router, service PC etc.) blir koblet til en twisted pair linje (for LPT-10 og/eller FTT-10).

LonWorks er mye brukt for VVS-tekniske installasjoner, både i industri og i større bygg tilknyttet et større SD-anlegg. De første riktig store anleggene i Norge er Telenor på Koksa utenfor Bergen og Telenor på Fornebo som ble ferdigstilt rundt tusenårsskiftet. Etter denne tid er det tilkommet mange anlegg med stor grad av tverrfaglig integrering.

LonWorks er utviklet for alt fra styring av lys og varme til prosessstyring i industrien. Dette er et høyintelligent system og teknologien består av intelligente noder (komponenter) som er koblet sammen med et eller flere kommunikasjonsmedier som kommuniserer med hverandre ved hjelp av en felles protokoll. Standarden er mest kjent for signalkabel (twisted pair), men støtter også powerline signalering, signalkabel koaksialkabler, radio og fiberoptisk overføring. Protokollen er opprinnelig oppfunnet av Echelon. Protokollen er ratifisert som en offisiell standard ved en rekke nasjonale og internasjonale standardsettende organer, herunder ANSI, IEEE, CEN, og EN. I januar 2009 ble protokollen underliggende LonWorks plattformen ratifisert som en global standard. Den er nå formelt kjent som ISO / IEC 14908-1.

Den ISO/IEC14908-1 protokollen inneholder et sett av tjenester som lar en komponent sende og motta meldinger til og fra andre komponenter på - uten å vite nettverkstopologi eller andre enheters navn, adresser eller funksjoner.

Det finnes mange muligheter for verifisering av at kommunikasjonen foregår korrekt. Dette kan innstilles i programvare som kalles bindingsverktøy. Fra dette verktøyet kan man:

- Konfigurer nettverksadresser og parametere
- Last ned programmer
- Diagnostisere nettverksproblemer
- Start / stopp / reset enhet programmer

ISO/IEC14908-1 protokollen, og dermed LonWorks nettverk, kan implementeres over alle medier, herunder kraftlinje, twisted pair, radio frekvens (RF), infrarød (IR), koaksialkabel, og fiberoptikk.

## P2P Arkitektur betyr større pålitelighet

Det er mange måter å bygge opp et kontrollert nettverk på, men det er direkte, peer-to-peer (P2P) arkitektur som er antatt å være den beste metoden. I P2P bestemmer ingen i nettverket hvem som er «sjef» hvis en melding skal sendes fra én enhet til en annen. Det er heller ingen som bestemmer rekkefølgen på hvordan meldingene skal sendes. Isteden kommuniserer de ulike

komponenter direkte med hverandre uavhengig av annen trafikk på nettet. Dette reduserer flaskehalser og forhindrer at hele systemet kan falle ned, hvis «sjefen» skulle svikte. Dette betyr at P2P-basert kontroll-nettverk antas å ha høy pålitelighet og høy ytelse.

### Hva er LonWorks plattform?

LonWorks er navnet på nettverkets teknologiplattform, protokoll eller de fysiske lagene for kommunikasjon (OSI-modellen). Den underliggende kommunikasjonsprotokoll, gjennom twister pair, elnettet eller via IP-nettverk er beskrevet i en standard: ISO / IEC 14908.

LonWorks-teknologien kalles en plattform fordi den er sammensatt av alle nødvendige elementer for å designe, installere, administrere, styre, regulere og overvåke løsninger:

### Kommunikasjonsprotokollen.

ISO / IEC 14908-1 protokollen brukes i alle LonWorks enheter. I tillegg til å være en global standard, er det en internasjonal og nasjonal standard anerkjent av en rekke organisasjoner inkludert de i Nord-Amerika (ANSI/EIA709.1, E56.6 SEMI, IEEE 1493-L), Europa (EN14908), og Kina (GB / Z 20177,1 til 2006). Protokollen og ovennevnte standarder inkluderer også bruk av IP som transport for LonWorks meldinger. Denne mekanismen er standardisert av ISO / IEC 14908-4, kjent som IP-852, og er den vanlige måten å muliggjøre direkte kommunikasjon mellom LonWorks enheter over en bedrifts IP-nettverk.

- **Prosessoren** er oppfunnet av Echelon, (også kjent som Neuron kjerne) prosessoren er svært optimalisert for enheter/komponenter installert på nettverket. Neuron kjerner har tre eller fire 8-bits prosessorer: To er dedikert til kommunikasjonsprotokollen og er en generell bruksprossessor.
- **Transceivere.** Disse komponentene sender protokollen på et bestemt medium, slik som twisted-pair eller kraftlinje. Alle enheter i nettverket må ha en mottaker. I Echelon teknologien har kommunikasjon gjennom twisted-pair og kraftlinje blitt godkjent gjennom følgende standarder: ANSI/EIA709, EN14908, GB / 20177,1 til 2006 Z, og ISO / IEC 14908.
- **Network database**, kalt LNS Network Operating System. Databasen inneholder informasjon om nettverket og dennes komponenter og nettverkskoplinger. Det sikrer et åpent miljø for å utvide, vedlikeholde og administrere LonWorks systemet. LNS støtter også plug-in-arkitekturen som støttes av mange software utviklere. Plug-in benyttes for å forenkle parametersetting av de enkelte komponenter.
- **Internet connectivity.** LonWorks benytter standard nettverksvariable for kommunikasjon, såkalte SNVT (Standard Network Variable Types). Disse SNVT kan kommunisere gjennom standard LonWorks nettverk og andre nettverk som eks. BACnet og TCP/IP nettverk.
- **Interoperability** betyr at komponenter utviklet av ulike produsenter kan fungere sammen uten bruk av gateway/ruter for å oversette meldinger eller data fra et nettverk til et annet. For å integrere, installere og administrere de ulike komponenter i nettverket benyttes et standard programvare verktøy - LonMaker Integration Tool. Interoperabilitet i LonWorks verden er styrt av LonMark International. Organisasjonen setter opp kriterier for interoperabilitet, utvikler standard applikasjoner, tester og sertifiserer produkter fra 3dje parts produsenter, samt sertifiserer systemintegratorer. LonMark International har mange underorganisasjoner organisert som landspesifikke LonMark samarbeidspartnere over hele verden. Per februar 2009 har over 700 organisasjoner sluttet seg til LonMark sertifiseringen.

### BACnet – Building Automation and Control network.

BACnet er en kommunikasjonsprotokoll for byggautomasjon og styringssystemer. Det er en ASHRAE, ANSI og ISO standard protokoll. BACnet er utviklet for kommunikasjon av automatiseringsanlegg (bygg automasjon, SD-anlegg, styringssystem) for f.eks ventilasjon, kjøling, oppvarming, belysning, adgangskontroll og brannalarmanlegg i større bygg. BACnet-protokollen tillater mekanismer for sikring av datatransport. Via BACnet kan man kommunisere mellom ulike

utstyr/komponenter i bygget, og utveksle informasjon. Dette kan overvåkes og styres fra et toppsystem hvor man får oversiktsbilder av anlegget, leser av mottatt informasjon fra komponenter via busen og kan sette driftstider, få status i anlegget, overvåke og styre hele bygget hvis ønskelig. BACnet kan tilknyttes både VVS og elektrotekniske installasjoner. Komponenter fra ulike produsenter kan tilknytte seg busen.

BACnet sin opprinnelse er fra ASHRAE og har blitt designet spesielt for å møte behovet for sømløs kommunikasjon i byggautomasjon- og kontrollsystemer. Opprinnelige bruksområder som oppvarming, ventilasjon, aircondition og kontroll, styring av belysning, adgangskontroll, og branneteksjon er stadig utvidet til også å omfatte integrering av alle typer styrings- og kontrollbehov.

BACnet protokollen tillater at vilkårlige funksjoner kan utveksle informasjoner og etablerer mekanismer mellom utstyr uavhengig av type bygning eller tjeneste som utføres. Derfor kan BACnet protokollen brukes av head-end maskiner, generelle direkte digital-kontrollere og spesifikke applikasjoner

Hensikten med denne standarden er å definere datakommunikasjon og protokoller for datautstyr som brukes til overvåking, styring og kontroll og å definere, i tillegg, en abstrakt, objektorientert presentasjon av informasjon som formidles mellom utstyr, og dermed lette anvendelsen og bruk av digitale kontrollteknologier i bygninger. Derfor er det viktig å være oppmerksom på at BACnet ikke er en teknologi – men en bok med regler.

Motivasjonen for standarden var et utbredt ønske om å gi byggeiere og operatører evnen til å integrere utstyr fra forskjellige leverandører til en sammenhengende automasjon og kontrollsystem - og å gjøre det på en konkurransedyktig måte. For å oppnå dette ble det etablert en "Standard Project Committee (SPC)" som mottok innspill fra mange store interesserte bedrifter og enkeltpersoner. Det ble forsket i alle relevante nasjonale og internasjonale datakommunikasjonsstandarter, både de facto standarder og resultatet av egen aktivitet, og det ble brukte utallige timer i debatt og diskusjoner om fordeler og ulemper med hvert element av protokollen. Ut av komiteens diskusjoner er det så laget en nettverksprotokollmodell med det beste fra alle verdener.

Hver nettverksenhet er modellert som en samling av nettverkstilgjengelige enheter kalt "objekter." Hvert objekt er preget av et sett av attributter eller "egenskaper." Standarden foreskriver de mest aktuelle objekttyper og deres egenskaper, men man står fritt til å opprette flere objekttyper om ønskelig. Fordi objektmodellen enkelt kan utvides, gir det en måte for BACnet å utvikle seg på som sikrer bakoverkompatibilitet etter hvert som teknologier og byggebehov endrer seg.

Kommunikasjon skjer via lese- og skriveegenskapene til og fra objekter. Mens denne standarden foreskriver et omfattende sett med tjenester, er mekanismer på plass for å utvikle eller opprette flere tjenester dersom det er ønskelig.

BACnet bygger på ISOs begrep "lagdelt" kommunikasjonsarkitektur (OSI-modellen), og de samme meldingene kan utveksles ved hjelp av ulike nettverkstilgang eller metoder og fysiske medier.

Dette betyr at BACnet kan konfigureres til å møte en rekke farts- og gjennomstrømningskrav med svært varierende kostnader. Flere BACnet nettverk kan være sammen innenfor samme system og danne et internt network av vilkårlig størrelse. Det har ingen logiske eller fysiske begrensninger.

Denne fleksibiliteten gir også en måte for BACnet til å innlemme nye nettverksteknologier som utvikles. BACnet ble utformet for å kunne utvikle seg som datateknologi så vel som å gi krav til objektorientert byggautomasjon. Ved første gangs utgivelse i 1995, var det som nevnt en fast Standards Project Committee (SPC) som ble dannet for å utvikle og forbedre protokollen under ASHRAE regler for "kontinuerlig vedlikehold." ISO og CEN koordinerer sine aktiviteter med SPC.

Mye har skjedd siden BACnet standarden først ble kunngjort. BACnet har blitt oversatt til kinesisk, japansk og koreansk, og benyttes over hele verden. BACnet enheter har blitt designet, bygget og utplassert på alle syv kontinenter. Forslag til utvidelser og forbedringer av "objekter" skjer hele

tiden. Slike forbedringer behandles etter den samme konsensusprosessen som all standardisering utvikles etter.

NS-EN ISO 16484-5 (Bygningsautomasjon og kontrollsystemer - Del 5: Datakommunikasjonsprotokoll) er et resultat av dette standardiseringsarbeidet, og bringer sammen alle de rettelser, utvidelser og forbedringer som vedtas.

Blant de funksjonene som har blitt lagt til BACnet er økte muligheter for å integrere systemer på tvers av medier og protokoller, nye tjenester for å støtte branndeteksjon og andre sikkerhetsapplikasjoner,

logikk for å sikkerhetskopiere og gjenopprette funksjoner, standard måter å samle trend data, nye verktøy for å spesifisere BACnet systemer enklere, en mekanisme for å lage interoperable utvidelser til standarden, og mange andre. Den vellykkede måten tillegg og utvidelser kan behandles på viser at konseptet med én protokoll bevisst utformet for å tillate utvidelse og endringer over tid er svært levedyktig. Skalerbarhet og åpenhet er suksesskriterier som gir BACnet den internasjonale oppmerksomheten en i dag ser.

Alle protokoller for kommunikasjon er, til slutt, en samling av løsninger på problemer med informasjonsutveksling. BACnet er ikke noe unntak. BACnet sin posisjon som Internasjonal standard sikrer oss også i framtiden interoperable løsninger uten kommersielle interesser som hindrer utvikling.

## 5.6 Tekniske systemer – systemløsninger

Vi har gjennomgått de tidligere angitte sykehus i Norge og satt opp best practice løsninger inklusive valgte systemløsninger, fra de ulike sykehusene innen for de angitte områder under:

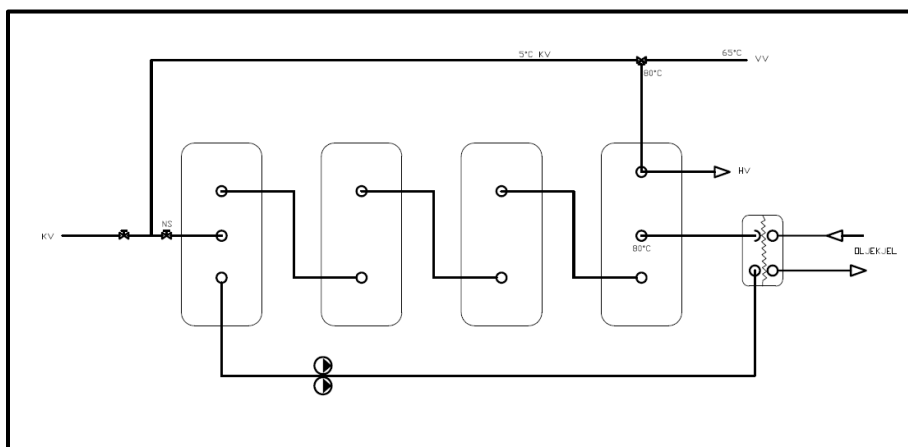
- Sanitæranlegg
- Varmeanlegg
- Kuldemaskiner – varme / kuldeproduksjon
- Ventilasjonsanlegg

### 5.6.1 Systemløsninger - Sanitæranlegg

Energieffektive sanitærløsninger er gjengitt i DP1.4 (Tekniske systemløsninger) – systemløsningene for energieffektiv Legionellaløsning er imidlertid tatt med her:

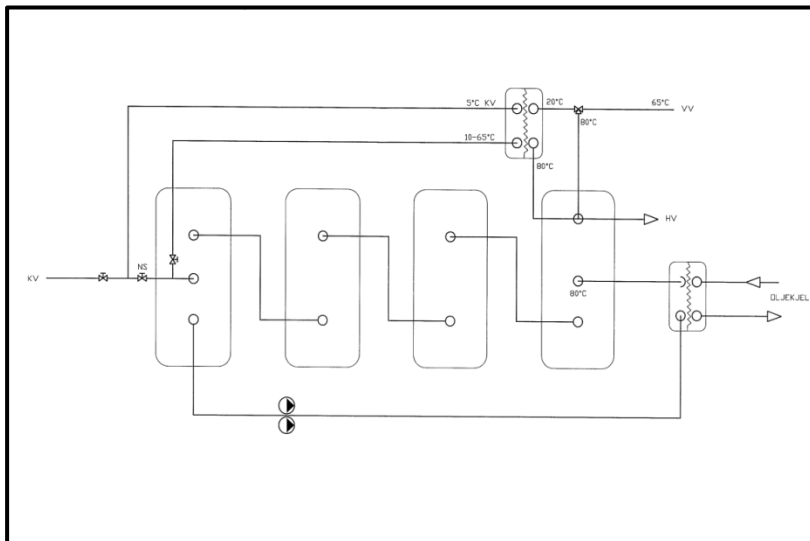
## Legionella – sikre tappevannsløsninger – Varmebehandling uten bruk av energi

Løsningen under i figur 58 angir en tradisjonell tappevannsløsning med blandeventil mellom kaldt og varmt vann. Blandeventilen er normalt ikke ideell og kan slippe gjennom blandevann mellom 30 og 50 °C. Dette betyr at det kan være fare for Legionella oppblomstring i varmtvannsledningen.



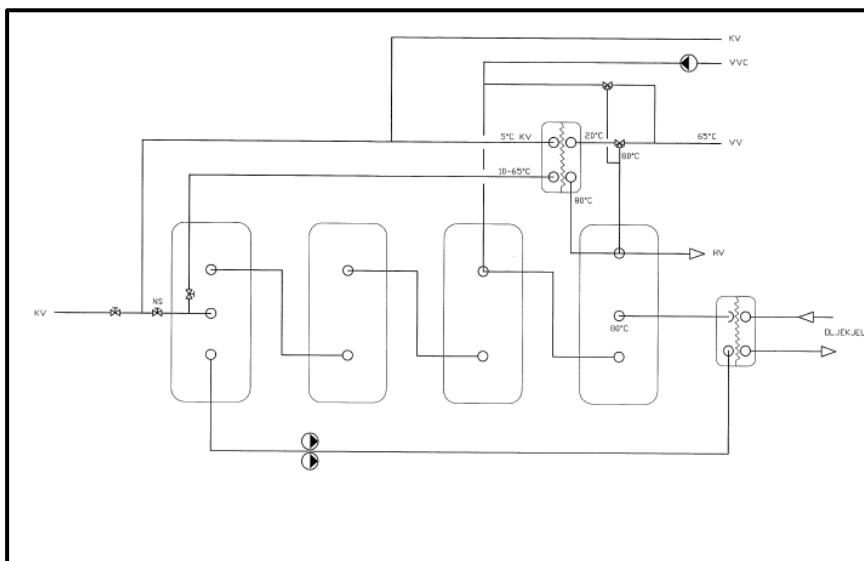
### Figur 58 Tradisjonell tappevannsløsning

Hvis vi innfører en tilleggskomponent (varmeveksler) kan vi sørge for at alt vann som går gjennom blandeventilen er behandlet (oppvarmet til 70-80°C). På kaldtvannssiden forvarmes derimot kaldtvannet før det går inn på tank nr. 1 fra venstre. Det som tidligere var den kalde siden av blandeventilen blir tilsvarende nedkjølt slik at det varme forbruksvannet kan kjøles ned til ønsket temperatur (60 -65 °C).



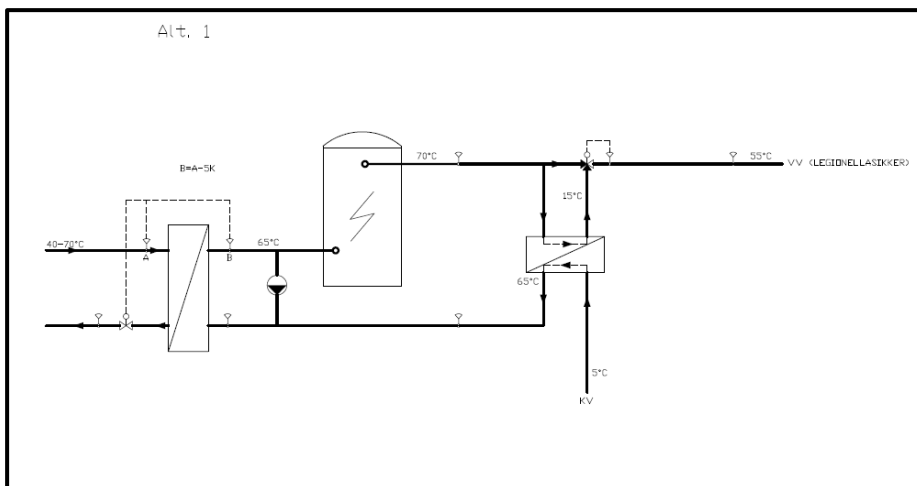
**Figur 59** Tappevannsløsning med varmeveksler

Tilsvarende kan vi legge inn løsning med VVC (varmt vann sirkulasjon) som vist i figur 60



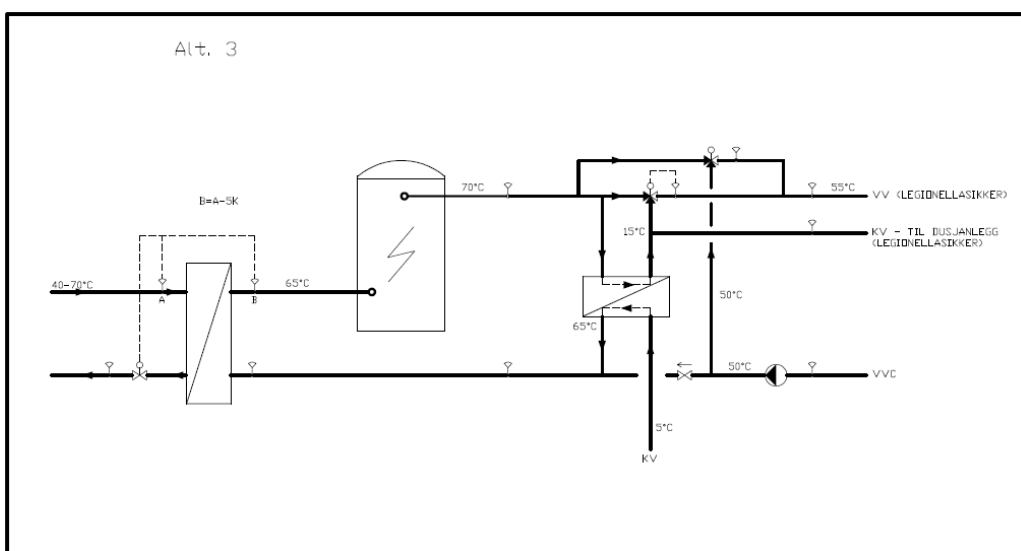
**Figur 60** Tappevannsløsning med VVC.

For å gjennomføre hele spekteret av ulike forhold er det i figur 61 vist eksempler hvor det er litt usikker fjernvarmeforsyning mhp. temperatur.



Figur 61 Tappevannsløsning med usikker fjernvarmeløsning mhp. temperatur.

Løsningen i figur 62 angir en løsning hvor en plukker ut en egen kurs til kaldtvannssiden til dusjarmaturer og vvc.

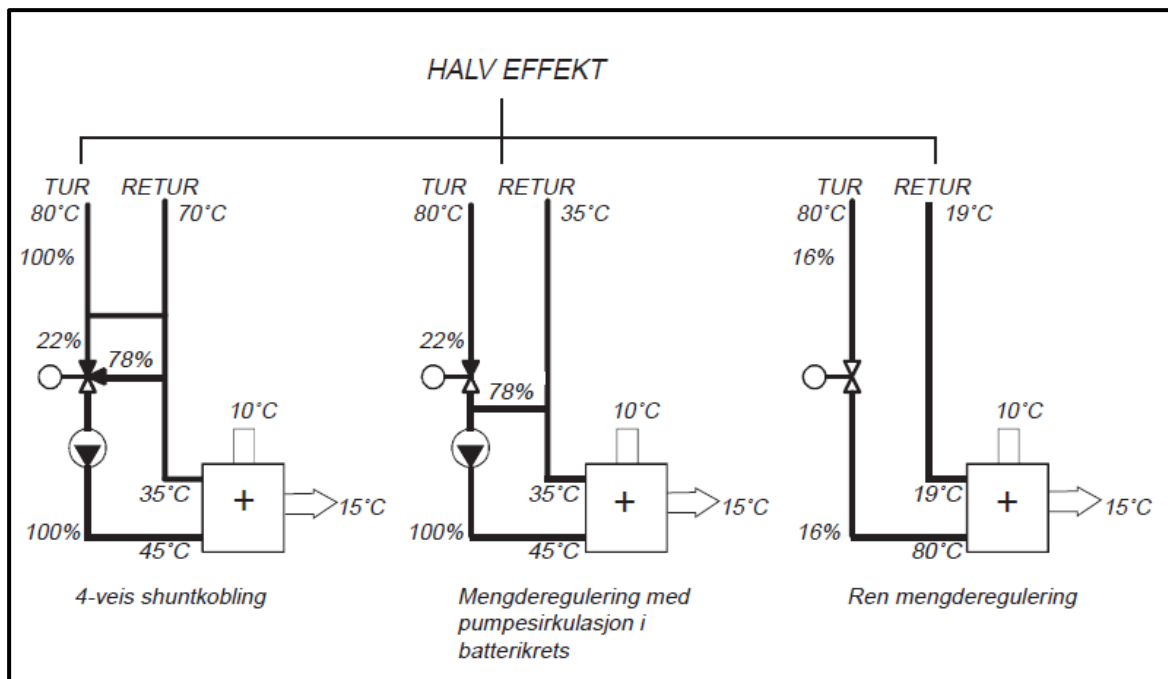


Figur 62 Tappevannsløsning med usikker fjernvarmeløsning mhp. temperatur med vvc og spesialløsning for «sikker» kaldtvannsside for dusjbatterier.

### 5.6.2 Varmeanlegg

Varmeanlegg skal generelt bygges som mengderegulerte anlegg. Det finnes imidlertid mange varianter og koplinger som er mer eller mindre kompliserte og «gode». Vi har gjennomgått valgte løsninger ved et utdrag nye norske sykehus og vil kommentere disse på et generelt grunnlag.

Det beskrives generelt ikke grunnkunnskap om varmeanlegg. I denne rapporten kan vi vise 3 stk. ulike varmekoplinger (shuntkoplinger) i figur 63. Løsningen kan benyttes enten på radiatoranlegg eller ventilasjonsbatterier. Figuren til høyre gjengir en norsk kopling, den i midten en mengderegulert kopling med konstant eller frekvensstyr pumpe. Her anbefales det å benytte proporsjonaltrykkstyrte pumper. Den siste løsningen er en ren mengderegulert løsning med variabel mengde over enten radiatorkrets eller ventilasjonsbatteri. Det må bemerkes frostfaren for ventilasjonsbatteri på denne løsningen, men det kan hindres med ekstra tiltak med frostføler i ventilasjonsaggregatet før batteri. Det er helt klart løsningen i midten vi anbefaler å benytte både til radiatoranlegg og ventilasjonsanlegg. Denne løsningen sikrer tilstrekkelig vannmengde enten gjennom ventilasjonsbatteri eller radiatorkrets. Det er her særs viktig at radiatorkretsen er utekompensert. Det anbefales ikke å fasadekompensere, men benytte den ulike belastningen på ulike fasader til å jevne ut belastningen på radiatorkursen.

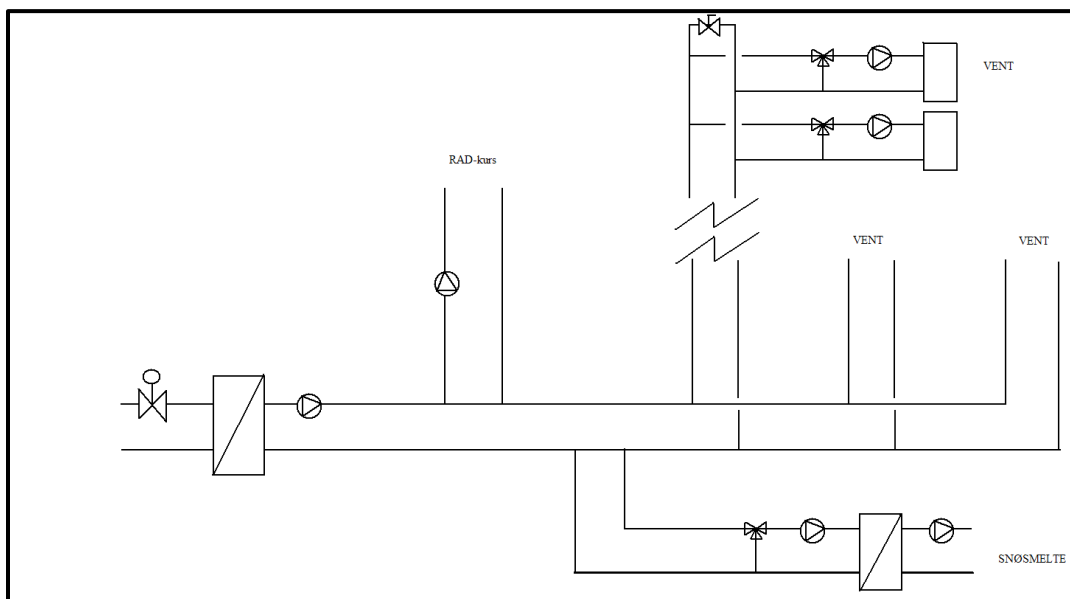


Figur 63 Ulike typer shuntløsninger.

## Rikshospitalet

Under ser vi hovedprinsippet for hvordan varmeanlegget for Rikshospitalet er bygget opp.

Det må bemerkes at dette sykehuset var påbegynt sin prosjektering på begynnelsen av 90 tallet hvor mengderegulering av vannbårne anlegg var i sin spede begynnelse.



Figur 64 Varmeteknisk løsning ved Rikshospitalet

Vi ser av løsningen at returvarmen fra radiatorkursen er benyttet som tur til ventilasjonsbatteri. Videre ser vi at varme til snøsmelteanlegget blir tatt ut av returen etter at varme er tatt ut til ventilasjon (helt til sist på returledningen før varmeveksler).

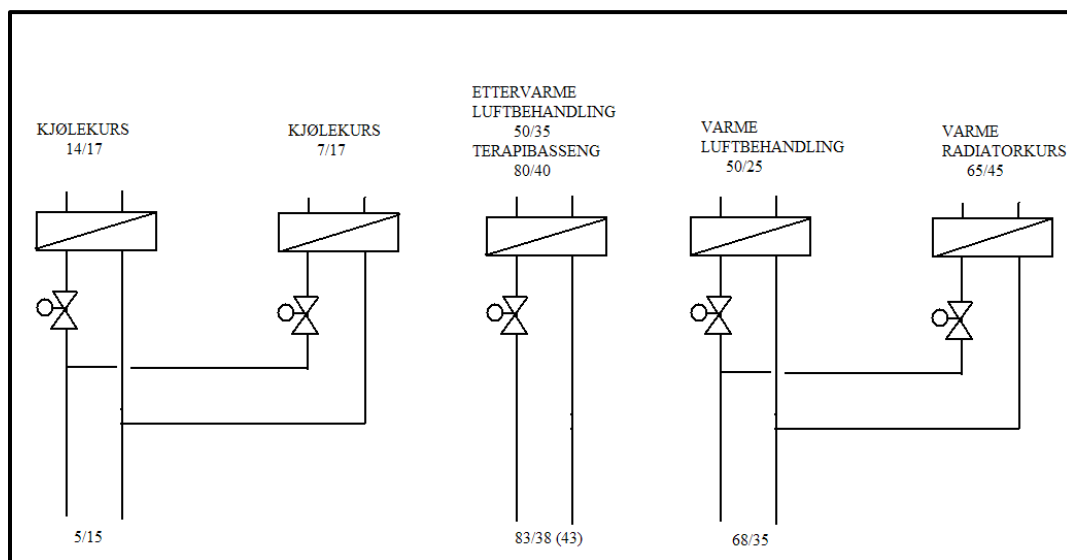
Løsningen er, slik som vi ser det ikke helt optimal da sekundærsiden ikke er mengderegulert. Dette kan gi til dels høye returtemperaturer hvis anlegget er noe skjevfordelt med hensyn på behov for temperatur. Anlegget er lite fleksibelt for endrede driftskriterier.



## AHUS – Akershus universitetssykehus på Lørenskog

AHUS er bygget opp med varmepumpe og grunnvannsbrønner og skulle i så henseende bygges opp med gode mengderegulerte anlegg med lave returtemperaturer. Varmefordelingen er skissert i figur 65. Vi ser av løsningen at det er valgt 2 stk kjølekurs. En lavtemperatur (7/17°C) og en høytemperatur kurs (14/17°C). På varmesiden er det valgt radiatorvarmekurs på 65/45°C og en parallellkurs til ventilasjon på 50/25°C.

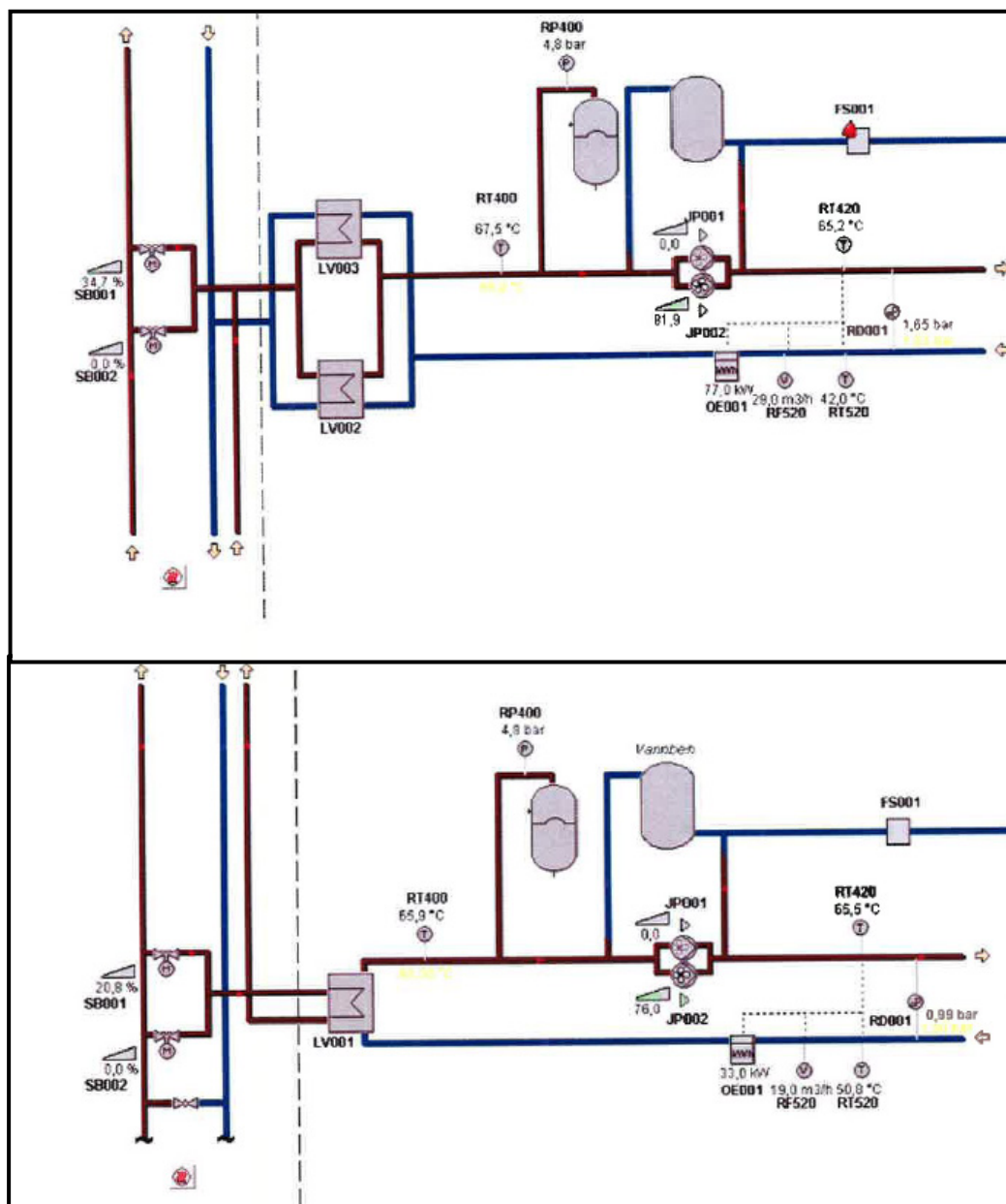
I utgangspunktet har de valgt lave returtemperaturer på de ulike varmeanleggene. Driftspersonell forteller likefullt at de sliter med for høye returtemperaturer, uvisst av hvilken årsak. Dette er noe vil se nærmere på i det videre arbeid.



Figur 65 Varmeteknisk løsning ved AHUS

## St. Olavs hospital

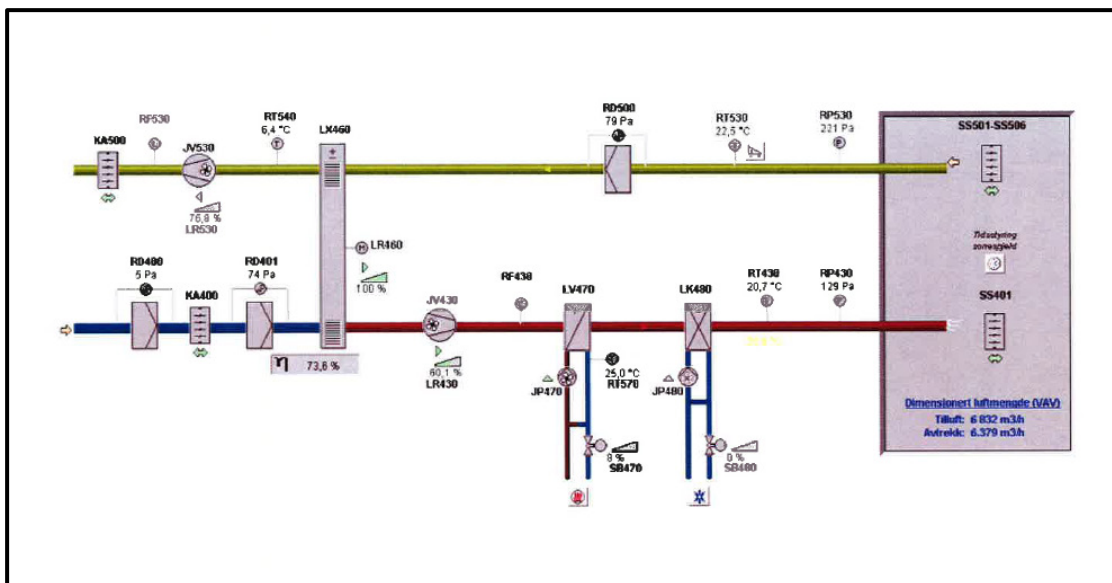
Grunnvarmen til St. Olavs hospital kommer fra Nidelven i kombinasjon med overskuddsvarme fra kjøleprosesser via varmepumpe. Varme/kulde sentralen er overtatt av Trønder Energi. Spisslasten dekkes av fjernvarme fra samme leverandør. Figur 66 viser et typisk eksempel på en varmeteknisk løsning hvor en forsøker å utnytte returvarmen fra radiatorvarmen til forvarming av ventilasjonsanlegget.



Figur 66 Varmeteknisk løsning ved St.Olavs hospital

I figur 67 er også skjema for ventilasjonsanlegget vedlagt. Løsningen viser gode mengderegulerte løsninger. Det må likevel bemerkes at varmeløsningen har forbedringspotensiale ved at de to vekslerne istedenfor å gå i parallell burde vært splittet slik at den ene benyttes til forvarming og den andre til å spisse temperaturen.

Det bemerkes videre at store deler av sykehuset benytter roterende gjenvinner på ventilasjonsaggregatene.

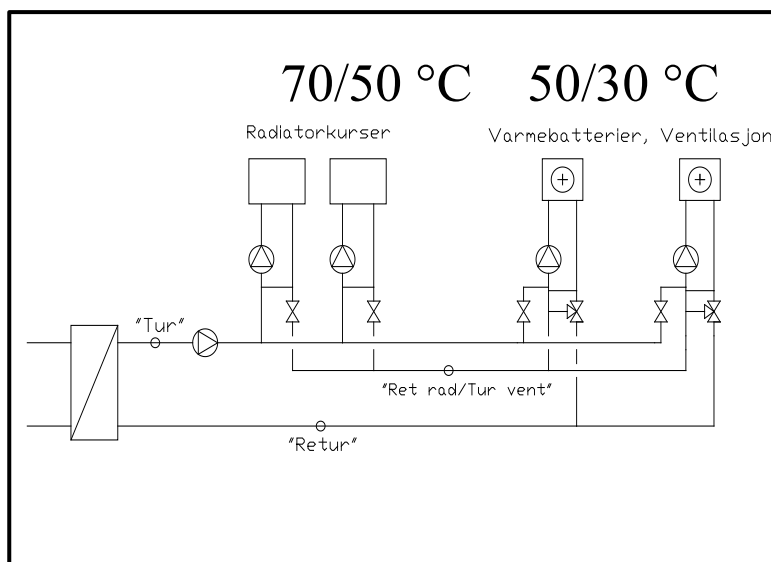


Figur 67 Varmeteknisk løsning ved St.Olavs hospital – typisk ventilasjonsanlegg

### Ringerike sykehus

Ringerike er et langt mindre sykehus enn de andre. Sykehuset er på ca 40 000 m<sup>2</sup>, hvor halvparten er en ny somatisk avdeling. I forbindelse med denne utbyggingen ble det bygget en ny teknisk sentral med tanke på varmepumpe drift. Dette beskrives nærmere under varmeproduksjon.

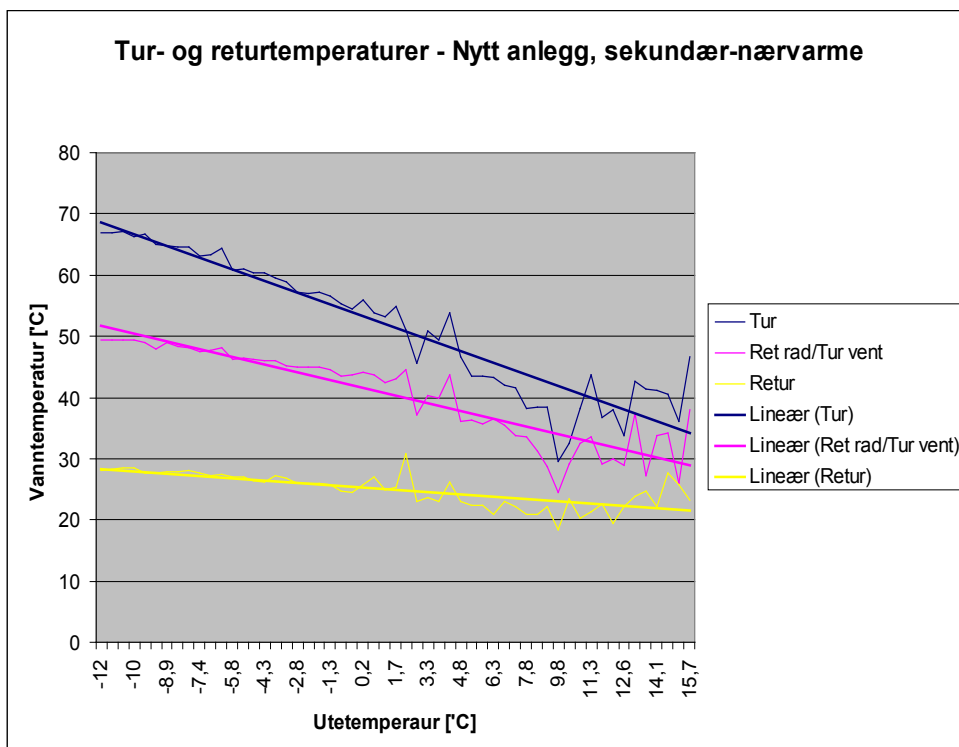
Varmesystemet er bygget spesielt for å oppnå lave returtemperaturer. Figur 68 viser hvordan returvarmen fra radiatoranlegget benyttes fullt til ventilasjonsanleggene før det spisses med høyere turtemperaturer.



Figur 68 Varmeteknisk løsning ved Ringerike sykehus hvor returvarmen fra radiatoranlegget benyttes som tur til ventilasjonsbatteriene.

Løsningen har vist seg å være særs enestående og gitt generelt særs lave returtemperaturer.

For å illustrere dette er det lagt ved temperaturer som indikerer både tur og retur temperatur fra radiatorer og den samlede returtemperatur fra både radiator og ventilasjon.

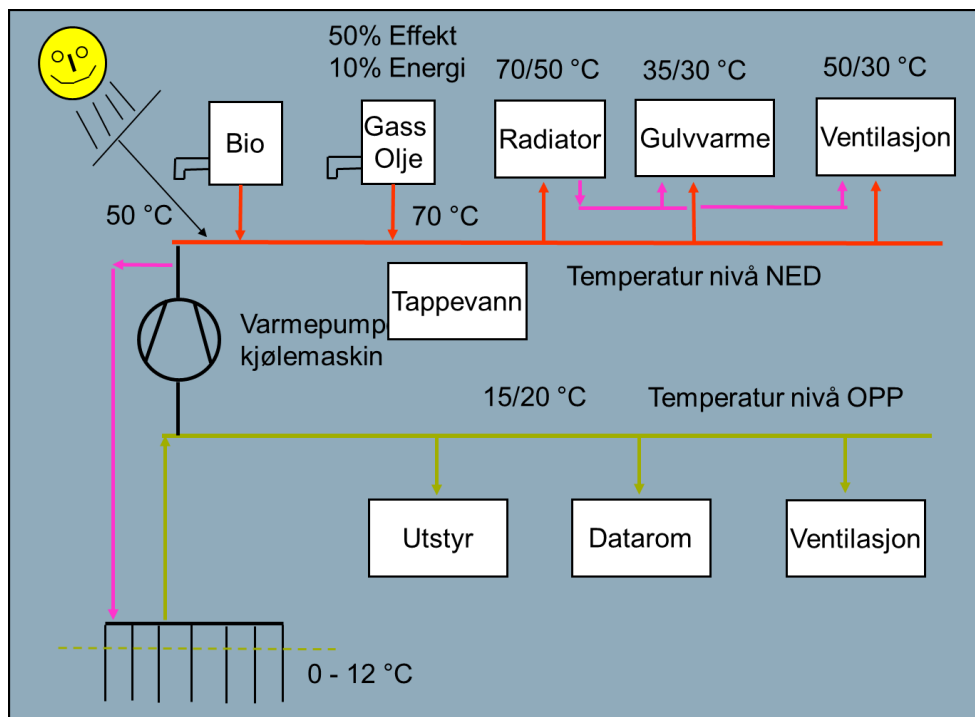


Figur 69 Tur- og returtemperatur for anlegget på varmeanlegget på Ringerike sykehus

Kurven viser at en faktisk får så lav returtemperatur som 28 °C ved en utetemperatur på -12 °C.

### 5.6.3 Kuldemaskiner – kulde – varmeproduksjon

Figur 70 viser en ideell skisse på varme og kuldeproduksjon. I dagens sykehus med langt lavere behov til oppvarming ser vi får oss at all overskuddsvarme fra kjøling burde være tilstrekkelig til å dekke grunnvarmebehovet til bygningsmassen.

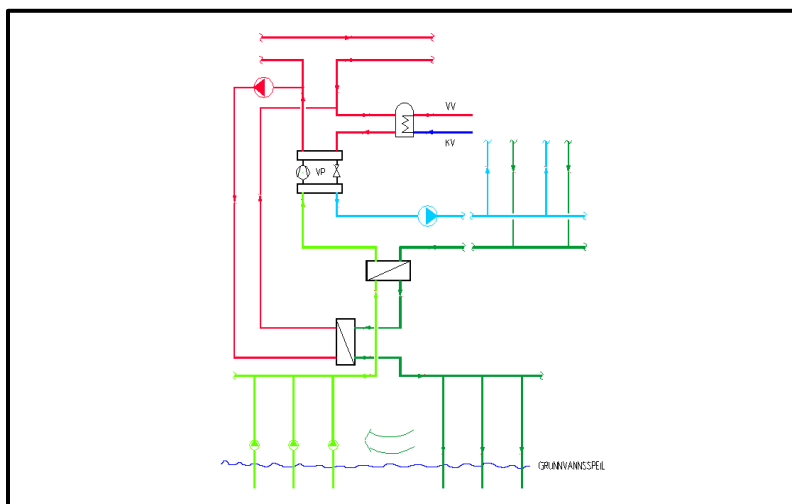


Figur 70 «Optimal» varme og kuldeproduksjon

Som det fremgår av skissen må det legges særs stor vekt på å redusere temperaturnivået på varmesiden, spesielt med tanke på lave returtemperaturer. Dette er illustrert ved at vannet i stor grad benyttes «2 ganger». Ved først å gå gjennom radiatoranlegget og deretter gjennom ventilasjonsanlegget og andre lavtemperaturkilder. På tilsvarende måter er viktig at temperaturnivået på kuldesiden heves så høyt som mulig.

Skissen indikerer også løsning med stor grad av frikjøling med kilde fra sjø, innsjøer, borehull mm.

Vi ser at de fleste sykehusene som vi har undersøkt har forsøkt å utnytte overskuddsvarmen fra kjøling til oppvarming eller som tilskudd til varmebehovet. Av alle sykehusene trekker vi spesielt frem løsningen som ble planlagt på Ringerike sykehus. Denne er gjengitt i figur 46.



Figur 71 Varme / kulde produksjon planlagt på Ringerike sykehus

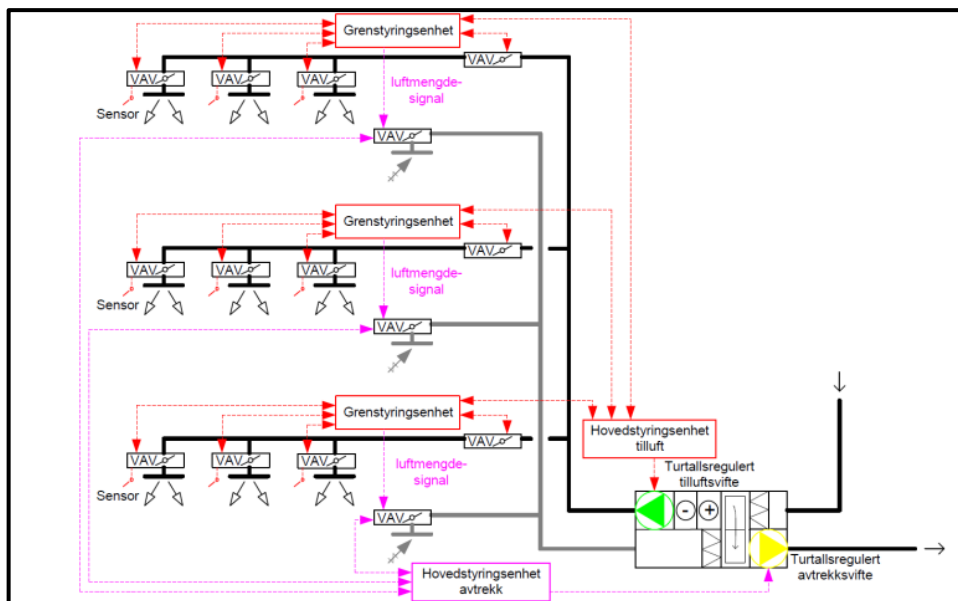
Fordelen med denne løsningen er at en tar hensyn til både varme og kuldeproduksjonen og setter dette sammen på en optimal måte. Løsningen kombineres med utnyttelse av grunnvann til både frikjøling og som kilde for varmepumpe.

#### 5.6.4 Ventilasjonsanlegg

##### Mengderegulerte ventilasjonssystemer

Vifteenergien til ventilasjonsanlegg i sykehus utgjør ca. 10 % av det totale energiforbruk. I tillegg til dette kommer energi til oppvarming og kjøling av ventilasjonsluft. Dette betyr at ventilasjon utgjør mellom 20-30 % av det totale energiforbruket. Det er derfor av stor betydning at det legges til rette for god gjenvinning av avtrekksluft. Tidligere var det en myte at en måtte ha fullstendig adskilte ventilasjonsløsninger på til- og fraluft. Det er imidlertid gjort flere studier som gir klarsignaler til å benytte roterende gjenvinner i ventilasjonssystem i sykehusbygg.

En annen faktor er større andel mengderegulerte systemer. Det er flere systemer på markedet og disse er gjennomgått i delprosjekt DP1.4. Under er det vist et helhetlig system som innbefatter alt fra den siste tilluftsventil/avtrekksventil, grenkanal og opp til ventilasjonsaggregatet. Figur 47 viser et eksempel på en total styring.



Figur 72 Eksempel på mengderegulert system som tar for seg alle komponenter i et ventilasjonsanlegg

Vi er av den oppfatning at en må ha mengderegulerte systemer og ikke trykkstyrte systemer for å spare mest energi. Det viste system har 2 eller 3 trinns spjeld på tilluftsventilen. Ventilen er tidligere innregulert for hvor mye luft som skal gå ved de ulike trinnene. De enkelte spjeld kommuniserer videre med et spjeld i grenkanalen som tilfører den riktige summerte luftmengde fra de ulike tilluftsspjeld. Summen av luftmengden i de ulike grenspjeld gir videre signal til hovedaggregatet som tilfører den summerte luftmengden. Denne løsningen gir et optimalt trykk ut fra aggregatet for å tilfredsstille luftmengden på de ulike rom.

Andre system benytter gjerne konstanttrykkføler som fører til alt for høyt trykkfall over de ulike spjeld i anlegget og dermed større energitap eller dårligere SFP-faktor.

### 5.6.5 Tekniske systemløsninger - Forskningsplan for neste fase

I neste fase vil det bli arbeidet videre med å undersøke de ulike bussløsninger som er valgt. I tillegg til dette vil det trekkes inn et utenlandsk sykehus, Sittard, Nederland. Dette sykehuset har vært særs fremtidsrettet vedrørende bruk av felles kommunikasjonsplattform for både pasientdata, sykehusdrift, styring og overvåkning. Det vil videre undersøkes med utenlandske standarder om disse fraviker med norske standarder og retningslinjer vedrørende sikkerhet for å kunne kommunisere på felles kommunikasjonsbuss.

Vedrørende selve systemløsningene vil det gås en del dypere ned i materien for de valg som er gjort ved de ulike sykehus som nevnt i rapporten. Det vil videre simuleres alternative systemløsninger for å kunne tallfeste energibesparelspotensiale ved valg av alternative tekniske løsninger.

## 6 INNOVASJONSPROSJEKT FASE 1 - KONKLUSJON

Første fase av innovasjonsprosjektet har vist at det er et stort potensial for å redusere energiforbruket ved sykehus når man ser på funksjoner og enkeltelementer og ikke nøyer seg med å se på sykehuset som ett bygg eller en etasje. Energibruken er sterkt knyttet opp til hvilke funksjoner sykehusene har og omfanget av disse. Til tross for det er målinger, styring og diskusjoner av energien stadig rettet inn mot bygg.

Etter å ha sett på våre tre referansesykehus er det også klart at man ikke kan prosjektere energikrevende systemer i et sykehus under den forutsetning at sykehuset er i drift 24 timer 7 dager i uka. Selv ikke den tredjedelen av sykehuset der det er personell og/eller pasienter til stede hele døgnet, alle dager, er driftsnivået særlig høyt etter kl. 1800 på kveldene og i helgene. Ved en mer bevisst behovsstyring både av lys, varme og ventilasjon vil energibruken kunne reduseres mye.

Våre funn viser også at alle typer utstyr, lite og stort, også er en vesentlig forbruker av energi. Store radiologiske apparater som MRI og CT har noen svært korte topper med forbruk, mens det stabile forbruket også er forholdsvis høyt og det bruker energi hele døgnet, alle dager. Samtidig viser det seg at på grunn av sin mengde, forbruker også alt småutstyr mye energi. I mange tilfelle vil dette også være utstyr som ikke er i bruk i store deler av døgnet, men det er såpass mange av denne typen at sluttforbruket blir vesentlig.

I denne første fasen er det dokumentert at en rekke energikrevende løsninger er motivert ut fra hygieniske og sikkerhetsmessige formål. I det videre prosjektarbeidet vil vi gå nærmere inn på om disse tiltakene bidrar tilstrekkelig til å oppnå formålet, eller om det kan være regningssvarende å se på andre og mindre energikrevende løsninger for å oppnå disse funksjonelle målene.

### Arbeid for Fase 2

I neste fase av prosjektet vil vi også studere:

- Hva er et optimalt homogent driftsområde i et sykehus for styring av ventilasjon og hvordan virker plasseringen av funksjoner inn på energibruken?
- Hvordan kan energibruken styres i forhold til funksjonskrav, funksjonsområder og faktisk drift i sykehuset?
- Hva er energieffektive løsninger når man også må ta hensyn til driftseffektivitet, arbeidsmiljø med ønske om dagslys og pasientvennlighet?
- Hva skal til for at utstyr og rom i større grad enn i dag kan behovsstyres i forhold til lys, ventilasjon, temperatur og driftstid?
- Prosjektet vil også følge med på hva andre forskningsprosjekt på energi og bygg kommer fram til for å vurdere hva som kan være aktuelt for sykehus å adoptere som løsninger.

Fase 2a skal fremme en liste over kandidater til Beste Energy Practice (BEP) for nye norske sykehusprosjekter. I denne fasen skal prosjektteamet benytte dynamisk simuleringsverktøy for å kvantifisere energiutslipp av disse BEPS.

Fase 2b skal et bestemt modellsykehus prosjekteres og modelleres med hjelp av simuleringsverktøy. Denne modellen skal hjelpe oss å evaluere interaksjonene mellom BEPS og til slutt prioritere dem for endelig anbefaling i veilederne som er et av prosjektets hovedleveransene.



## A. Vedlegg - Referanseliste

1. ENOVA Manual for Enøk Normtall, Enova, 2004
2. SINTEF Byggforsk Rapport Nr. 42,2009 for kriterier for passivhus og lavenergihus for yrkesbygg
3. SINTEF Byggforsk Rapport Nr.249,1999, Energieffektiv ventilasjon –innføring av SFP
4. IEA/OECD Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals, MAXi Brichure #5, CADETT program 1997
5. EU/Leonardo Energy, "Energy Efficiency Guide for Hospitals", Rob van Heur, January 2008
6. ZERO Notat, " Fossil eller fornybar oppvarming av sjukehus?" , 11.2009
7. COWI, NYTT SYKEHUS Gullaug 2010, TEKNISK PROGRAM, Versjon 2.0 – November 2007
8. MILJØTILTAKSBANK, Grønn Byggallianse et al, Vurdering av lønnsomhet og miljønytte, November 2006
9. NTNU " Systemer for varme- og kjøledistribusjon i bygninger", Jørn Stene, 2008
10. EEU-kurs, Energi og miljøeffektive bygninger, Rapport, 2001
11. EU Hospitals, HOSPITALS - EnergyConscious European Hospitals and Health Care Buildings, Olaf Bruun Jørgensen , 2006
12. RMI, Design for Health: Summit for Massachusetts Health Care Decision Makers, 2005
13. Rettleider for smittevern
14. Isoleringsveilederen
15. smittevernloven\_sykehusinfeksjoner\_ik-2532.
16. LOV 2005-06-17 nr 62 Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv\_ (arbeidsmiljøloven),
17. LOV-1994-08-05-55 d- Lov om vern mot smittsomme sykdommer [smittevernloven].htm
18. IK-2-1997 mikrobiologisk kontroll.pdf
19. Norsk pasientskadeerstatning - Erstatning for pasientskader i helsevesenet.mht
20. IK-7-1994 om kvalitetsutvalg.pdf
21. LOV 1999-07-02 nr 61 Lov om spesialisthelsetjenesten m\_m\_ (spesialisthelsetjenesteloven).htm
22. Foredrag av Egil Lingaas 2010.pdf
23. Vedlegg 4 Aktuelt lovverk og rettleiing - Folkehelseinstituttet.mht
24. FOR 1995-02-16 nr 170 Forskrift om arbeidsplasser og arbeidslokaler.htm
25. Forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen.mht
26. FOR 2004-11-02 nr 1441 Forskrift om tilvirkning og import av legemidler.mht
27. Diverse lover - Farmasihistorie.mht
28. IK-2-1997.pdf
29. FOR 2010-12-17 nr 1706: Forskrift om godkjenning av sykehus, bruk av betegnelsen universitetssykehus og nasjonale tjenester i spesialisthelsetjenesten

## **B. Vedlegg: Lover og forskrifter**

### **B.1 LOV 1999-07-02 nr 61: Lov om spesialisthelsetjenesten m.m. (spesialisthelsetjenesteloven).**

#### **§ 1-1. Lovens formål**

Lovens formål er særlig å:

1. fremme folkehelsen og å motvirke sykdom, skade, lidelse og funksjonshemning,
2. bidra til å sikre tjenestetilbudets kvalitet,
3. bidra til et likeverdig tjenestetilbud,
4. bidra til at ressursene utnyttes best mulig,
5. bidra til at tjenestetilbudet blir tilpasset pasientenes behov, og
6. bidra til at tjenestetilbudet blir tilgjengelig for pasientene.

#### **§ 2-2. Plikt til forsvarlighet**

Helsetjenester som tilbys eller ytes i henhold til denne loven skal være forsvarlige.

Endret ved lov 15 juni 2001 nr. 93 (ikr. 1 jan 2002 iflg. res. 14 des 2001 nr. 1417), endret paragraftallet fra § 2-3.

#### **§ 3-4. Kvalitetsutvalg**

Helseinstitusjoner som omfattes av denne loven, skal opprette kvalitetsutvalg som ledd i den internkontroll institusjonen er pliktig til å føre i henhold til § 3 i lov 30. mars 1984 nr. 15 om statlig tilsyn med helsetjenesten. Utvalget kan uten hinder av taushetsplikt kreve opplysninger som er nødvendige for utførelse av dets arbeid.

Departementet kan gi forskrift om kvalitetsutvalgenes arbeid, herunder om informasjon til pasienter og om habilitet for utvalgets medlemmer.

#### **§ 4-1. Godkjenning av helseinstitusjoner og helsetjenester**

Sykehus må godkjennes av departementet før det kan yte helsetjenester.

Departementet kan gi forskrift om at det kreves godkjenning av departementet for

- a) andre typer helseinstitusjoner og helsetjenester enn nevnt i første ledd,
- b) vesentlige endringer i helseinstitusjoner eller tjenestetilbud som har godkjenning

Ved vurderingen av om godkjenningen skal gis, kan det blant annet legges vekt på om samfunnsmessige eller faglige hensyn taler for at helseinstitusjonen eller helsetjenesten godkjennes, om helseinstitusjonen eller helsetjenesten er omfattet av planer utarbeidet av regionale helseforetak, jf. lov 15. juni 2001 nr. 93 om helseforetak m.m. § 34, og om de tjenester som skal ytes pasientene synes forsvarlige.

Departementet kan i hvert enkelt tilfelle knytte slike vilkår til godkjenningen som er påkrevet for å sikre oppfyllelse av denne loven og bestemmelser gitt i medhold av den.

Endret ved lov 15 juni 2001 nr. 93 (ikr. 1 jan 2002 iflg. res. 14 des 2001 nr. 1417).

### **B.2 Lov om vern mot smittsomme sykdommer: 1994-08-05**

#### **§ 4-1. Møteforbud, stenging av virksomhet, begrensning i kommunikasjon, isolering og smittesanering**

- d) isolering av personer i geografisk avgrensede områder eller andre begrensninger i deres bevegelsesfrihet i opptil sju dager om gangen,
- e) pålegg til private eller offentlige om rengjøring, desinfeksjon eller destruksjon av gjenstander

eller lokaler. Pålegget kan også gå ut på avliving av selskapsdyr, utrydding av rotter og andre skadedyr, avlusing eller annen smittesanerering.

#### **§ 4-4. Transport av smittefarlig materiale**

Innførsel, transport og annen håndtering av smittefarlig materiale som kan overføre smitte til mennesker skal skje på en forsvarlig måte, slik at smittefaren blir så liten som mulig.

#### **§ 4-7. Sykehusinfeksjoner**

Departementet kan i forskrift fastsette bestemmelser om tiltak for å motvirke sykehusinfeksjoner. I forskriften kan det gis bestemmelser for helsepersonell og eiere av virksomheter som driver medisinsk undersøkelse, behandling eller pleie, for å forebygge eller motvirke at pasienter, ansatte eller andre blir påført infeksjoner. Det kan gis egne bestemmelser om smittevern for pasienter som har nedsatt immunforsvar, herunder at slike pasienter kan undersøkes, behandles eller pleies bare ved institusjoner som departementet har godkjent

#### **§ 5-4. Gjennomføring av isolering i sykehus**

Innleggelse til tvungen undersøkelse og kortvarig isolering etter § 5-2 eller isolering etter § 5-3 skal skje i en egnet sykehusavdeling eller sengepost. Avdelingen eller sengeposten skal være spesielt lagt til rette for å motta smittede slik at de kan få det medisinske og pleiemessige behandlingstilbud som vil føre til så kortvarig isolering som mulig.

#### **§ 7-3. Det regionale helseforetakets ansvar**

Det regionale helseforetaket skal sørge for at befolkningen i helseregionen med hensyn til smittsom sykdom er sikret nødvendig spesialistundersøkelse, laboratorieundersøkelse, poliklinisk behandling og sykehusbehandling, forsvarlig isolering i sykehus, og annen spesialisthelsetjeneste.

### **B.3 FOR 1995-02-16 nr 170: Forskrift om arbeidsplasser og arbeidslokaler**

#### **§ 8. Lys, klima, ventilasjon, støy m.v.**

Lokaler skal være utformet og innredet slik at de enkelte arbeidsplasser får tilfredsstillende belysning, klima og luftkvalitet, og beskyttelse mot støy, vibrasjoner, stråling, giftige eller helsefarlige stoffer, trekk m.v.

Belysningsinstallasjoner i arbeidslokaler og atkomstveier skal være plassert på en slik måte at den form for belysning som er valgt, ikke innebærer noen ulykkesrisiko for arbeidstakerne.

Arbeidsplasser der arbeidstakerne er utsatt for fare ved svikt i den kunstige belysning, skal være forsynt med nødbelysning av tilstrekkelig styrke.

Dersom det er nødvendig av hensyn til arbeidstakernes helse skal ventilasjonsanlegg være utstyrt med feilvarsling.

Arbeidsgiver skal sørge for at arbeidstakerne har tilgang til drikkevann.

#### **§ 13. Dagslys og utsyn**

Det skal om mulig sørges for dagslys og utsyn fra de enkelte arbeidsplasser.

I alminnelighet kan lokaler uten dagslys og utsyn benyttes til arbeidsrom i følgende tilfelle:

- a) Når arbeidsplassen av tekniske eller sikkerhetsmessige grunner må ligge under jorda.
- b) Når arbeidets art tilsier det.
- c) Når arbeidsrommets størrelse eller tiden arbeidstakeren oppholder seg i rommet gjør det forsvarlig.
- d) Når det for eksisterende arbeidsrom vil medføre store ulemper og store omkostninger å foreta ombygninger.

## B.4 Forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen

### § 5. Systematisk forebygging av støyeksponering

Arbeidet skal planlegges og gjennomføres på en slik måte at arbeidstakerne beskyttes mot støy og slik at støybelastningen søkes redusert til lavest mulig nivå og minst 10 dB lavere i forhold til nedre tiltaksverdier i § 7. Tiltak skal gjøres ved kilden så langt det er mulig med hensyn til den tekniske utviklingen, eller ved at støyeksponeringen på annen måte begrenses i varighet og intensitet.

### § 7. Tiltaksverdier

Tiltaksverdiene for støyeksponering er:

- |                                                        |                                                                  |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| a) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe I:   | $L_{EX,1h} = 55 \text{ dB}$                                      |
| b) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe II:  | $L_{EX,1h} = 70 \text{ dB}$                                      |
| c) nedre tiltaksverdi for arbeidsforhold i gruppe III: | $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB}$                                      |
| d) øvre tiltaksverdier:                                | $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB}$ og<br>$L_{pC,peak} = 130 \text{ dB}$ |

For arbeidsforhold i gruppene I og II skal støy fra egen aktivitet ikke inngå i vurderingen i forhold til nedre tiltaksverdi såfremt arbeidstakeren kan avbryte støyen. For spise- og hvilerom skal kun bakgrunnsstøy fra installasjoner, tilstøtende lokaler og omgivelser inngå i vurderingen.

### § 8. Grenseverdier

Grenseverdier for støyeksponering er:

- daglig støyeksponeringsnivå,  $L_{EX,8h}$  : 85 dB
- toppverdi av lydtrykknivå,  $L_{pC,peak}$  : 130 dB

Ved fastleggingen av arbeidstakerens faktiske eksponering, skal det tas hensyn til den effektive dempingsvirkningen av påbudt personlig hørselsvern som arbeidstakeren skal bruke.

## B.5 Forskrift om tilvirkning og import av legemidler

**Hjemmel:** Fastsett av Helse- og omsorgsdepartementet 2. november 2004 med hjemmel i lov 4. desember 1992 nr. 132 om legemidler m.v. (legemiddelloven) § 3, § 5, § 12 og § 13, jf. delegeringsvedtak 8. juni 1995 nr. 521.

**EØS-henvisninger:** EØS-avtalen vedlegg II kap. XIII nr. 15a (direktiv 91/412/EØF), nr. 15o (direktiv 2001/20/EF), nr. 15p (direktiv 2001/82/EF som endret ved direktiv 2004/28/EF), nr. 15q (direktiv 2001/83/EF som endret ved direktiv 2003/63/EF og direktiv 2004/27/EF), nr. 15t (direktiv 2003/94/EF) og nr. 15zf (direktiv 2005/28/EF).

**Endringer:** Endret ved forskrifter 5 jan 2006 nr. 34, 9 mars 2008 nr. 243, 30 okt 2009 nr. 1322, 18 des 2009 nr. 1839, 18 des 2009 nr. 1840.

### § 2-16. Lokaler og utstyr

Lokaler og utstyr skal plasseres, konstrueres, innrettes, tilpasses og dimensjoneres på en slik måte at de er egnet til sitt formål, og kan brukes, rengjøres og vedlikeholdes på en effektiv måte.

Utforming og dimensjonering skal særlig ivareta behovet for å hindre sammenblanding, kontaminering og krysskontaminering, samt andre forhold som kan påvirke legemidlenes kvalitet.

Lokaler og utstyr som benyttes til tilvirkning og som har avgjørende betydning for legemidlenes kvalitet, skal gjennomgå en relevant kvalifisering og validering.

## B.6 Smittevernloven Veileder

**Smittevern i helseinstitusjoner - sykehusinfeksjoner**

**Statens helsetilsyn og Folkehelse**

**IK-2532 Oktober 1996**

*Saksområdet som dette rundskrivet handler om forvaltes av Statens folkehelseinstitutt.*

Forskjellige studier finner at sykehusinfeksjoner, avhengig av type, forlenger et institusjonsopphold og gir betydelige merkostnader. For postoperative sårinfeksjoner angis

f.eks. en økt liggetid fra 4 til 14 dager i forskjellige studier (32, 33). Infeksjoner etter operative inngrep utgjør omkring 70 % av de totalt ca. 45.000 sykehusinfeksjoner som man regner årlig forekommer i Norge (2). Urinveisinfeksjoner er den hyppigst forekommende infeksjonstypen mens pneumoni og sepsis er forbundet med høyest letalitet. Postoperative sårinfeksjoner utgjør bare 16-18 % av alle sykehusinfeksjoner, men antas å forårsake ca. 50 % av de totale mer kostnader som påløper (30, 34, 35).

#### 6.9.5 Ventilasjon i operasjonsavdelinger

Forskriften § 2-2 sier: *Det skal gjennomføres kvalitetskontroll av ventilasjon og luftkvalitet i operasjonsavdelinger og andre arealer med spesielle krav til luftkvalitet.*

Ventilasjon i operasjonsavdeling har til hensikt å beskytte operasjonsåret og det sterile utstyret mot luftbårne bakterier som frigjøres inne i operasjonsrommet, fra andre deler av operasjonsenheten og fra andre steder i sykehuset. Ved operasjoner der en ikke stiller spesielle krav til renhet er det tilstrekkelig med et ventilasjonsanlegg som gir 20 luftutvekslinger per time. All luft som slippes inn i operasjonsstuer bør filtreres.

Tilfredsstillende bakterietall i operasjonsstuer ved vanlig kirurgi antas å ligge på < 100 CFU/m<sup>3</sup> (CFU=Colonyforming units) (87). Ved rene operasjoner, for eksempel ved innsetting av proteser, bør det tilstrebes bedre luftkvalitet hvor bakterietallet ikke overstiger 10 CFU/ m<sup>3</sup>.

Statens helsetilsyn vil utarbeide retningslinjer med normer for luftkvalitet i operasjonsavdelinger og andre arealer med spesielle krav til ventilasjon. Inntil videre bør man ta kontakt med nærmeste sykehus i fylket med sykehushygienisk ekspertise for råd om hvordan man skal kontrollere om ventilasjonen er tilfredsstillende

## B.7 Isoleringsveilederen Smittevern 2004:9

| Luftskiftninger<br>per time | Antall minutter som er nødvendig for<br>å oppnå en fortykning på |     |       |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|-----|-------|
|                             | 90%                                                              | 99% | 99,9% |
| 1                           | 138                                                              | 276 | 414   |
| 3                           | 46                                                               | 92  | 138   |
| 6                           | 23                                                               | 46  | 69    |
| 9                           | 15                                                               | 31  | 46    |
| 12                          | 12                                                               | 23  | 35    |
| 15                          | 9                                                                | 18  | 28    |
| 18                          | 8                                                                | 15  | 23    |

**1. Trykkgradient** mellom pasientrom og sluse og mellom sluse og korridor. Ønsket trykkgradient mellom pasientrom og sluse er gjerne angitt som minimum 10 pascal og mellom sluse og korridor som minimum 5 pascal, slik at trykkforskjellen mellom pasientrom og korridor blir minimum 15 pascal.

**2. Lufthastighet** inn i pasientrommet. Ønsket lufthastighet inn i pasientrommet fra slusen er gjerne angitt til minst 0,5 m/s målt under døren med døren lukket.

**3. Luftskiftninger** i pasientrommet. Ønsket antall luftskiftninger i pasientrommet er gjerne angitt til minst 12 luftskiftninger per time.

## **B.8 Rundskriv fra Sosialdepartementet 29 juni 1914, Endret ved rundskriv 24 mai 1938**

"Ifølge lov om drift av apotek av 4 august 1909 §16 må intet apotek åpnes til drift eller tas i bruk etter å være tilflyttet nye lokaler eller ha skiftet innehaver, forinnten det har vært visitert og godkjent overensstemmende med de forskrifter, som herom utferdiges av departementet, der kan gi alminnelige bestemmelser om apotekenes lokaler, innredning og utstyr. "

## **B.9 Norsk pasientskadeerstatning**

### **§ 3 Begrensninger i ansvaret**

Erstatning gis likevel ikke

- a.** når skaden er en følge av en risiko ved undersøkelse, diagnostikk eller behandling som er kjent og som utfra den medisinske kunnskap på skadetidspunktet må aksepteres
- b.** når skaden i det vesentlige skyldes pasientens grunnsykdom,
- c.** når skaden er en følge av særlige forhold ved pasienten selv,
- d.** når skaden skyldes behandling, og den behandlingsmåte som ble brukt ut fra etterfølgende vurdering fremstår som adekvat,
- e.** når skaden skyldes diagnose, og den diagnose som ble stilt var adekvat ut fra den viten man på det aktuelle tidspunkt hadde tilgjengelig,
- f.** når skaden skyldes infeksjon i områder med særlig høy bakteriekonsentrasjon eller hos pasienter med nedsatt motstandskraft.
- g.** når skaden er voldt av legemiddel.

## **C. Vedlegg: Liste over lover og forskrifter**

### **C.1 Lover**

Lov av 5. august 1994 nr 55 om vern mot smittsomme sykdommer  
Lov av 17. juni 2005 nr 62 om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern m.v.  
(arbeidsmiljøloven)  
Lov av 2. juli 1999 nr 61 om spesialisthelsetjenesten m.m.  
Lov av 19. november 1992 nr 66 om helsetjenesten i kommunene  
Lov av 2. juli 1999 nr 64 om helsepersonell m.v.  
Lov av 30. mars 1984 nr 15 om statlig tilsyn med helsetjenesten  
Lov av 12. jan. 1995 nr 6 om medisinsk utstyr

### **C.2 Forskrifter**

Forskrift av 1. januar 1995 nr 100 om allmennfarlige smittsomme sykdommer  
Forskrift av 21. juni 2002 nr 567 om tuberkulosekontroll  
Forskrift av 20. juni 2003 nr 740 om innsamling og behandling av helseopplysninger i Meldingssystem for smittsomme sykdommer og i Tuberkuloseregisteret og om varsling om smittsomme sykdommer (MSIS- og Tuberkuloseregisterforskriften)  
Forskrift 17. juni 2005 nr 611 om innsamling og behandling av helseopplysninger i Norsk overvåkingssystem for infeksjoner i sykehustjenesten (NOIS-registerforskriften)  
Forskrift 5. juli 1996 nr 700 om forhåndsundersøkelse av arbeidstakere innen helsevesenet – antibiotikaresistente bakterier  
Forskrift 12. september 1996 nr 903 om innførsel, transport og annen håndtering av materiale som er smittefarlig for mennesker  
Midlertidig forskrift 12. juli 2005 nr 812 om tiltak for å hindre overføring av Legionella via aerosol (pdf)  
Forskrift 11. oktober 2005 nr 1196 om smittefarlig avfall fra helsetjeneste og dyrehelsetjeneste  
Forskrift 3. april 1998 nr 327 om transport, håndtering og emballering av lik samt gravferd



Forskrift 17. juni 2005 nr 610 om smittevern i helsetjenesten  
Forskrift 6. desember 1996 nr 1127 om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)  
Forskrift 19. desember 1997 nr 1322 om vern mot eksponering for biologiske faktorer (bakterier, virus, sopp m.m.) på arbeidsplassen  
Forskrift 25. april 2003 nr 486 om miljørettet helsevern  
Forskrift 20. desember 2002 nr 1731 om internkontroll i sosial- og helsetjenesten  
Forskrifter 10. mai 1977 nr 2 om kjemiske desinfeksjonsmidler til teknisk bruk i helse- og sykepleie

## **D. Vedlegg: Oversikt over de mest brukte ventilasjonsstandarder og praksis fra noen norske sykehus**

### **D.1 CEN/TR 16244 VENTILATION FOR HOSPITALS, MARCH 2011**

TR 16244 er en teknisk rapport som er grunnlag for en evt. ny europeisk standard.

Kap 6 og tabell 1 behandler klassifisering av rom i sykehus og prinsipper for ventilasjon og trykk.

Kap 7 og en omfattende tabell 2 behandler krav til ventilasjon.

#### **Kap 6 Klassifisering, CEN/TR 16244**

Det er fire hovedklasser H1 - H4 og underklasser:

H1A Operasjonsrom med lavturbulent område < 9 m<sup>2</sup>.

Minimum hastighet. Tilførsel via filtre. Svakt overtrykk. Redusert luftmengde når ikke i bruk, forutsatt ingen tilbakestrømning.

H1B Operasjonsrom med lavturbulent område > 9 m<sup>2</sup>.

Minimum hastighet. Stabil vertikal luftstrøm via filtre. Svakt overtrykk. Avstengt ventilasjon når ikke i bruk. Restart min. 30 min før bruk.

H1C Rom med både turbulent strømming og lavturbulent område.

Luftsluse. Svakt overtrykk.

H2 Beskyttende isolasjon (infeksjonsutsatte pasienter).

Luftsluse med overtrykk. Overtrykk > 6 Pa i sengerom. Mulig med redusert luftmengde når ikke i bruk, forutsatt ingen tilbakestrømning.

H3 Isolat.

Luftsluse med undertrykk. Undertrykk > 6 Pa i sengerom. Mulig med avstengt ventilasjon når ikke i bruk, bruk tette spjeld klasse 4. (rom med lukt eller helsefarlige stoffer og toaletter kan reduseres maks. 50 %).

Klasse H3a rom for ex. MRSA med H13 avtrekksfilter

Klasse H3b rom for radioaktive stoffer ref. bestemmelser om strålevern

Klasse H3c rom for ex. Lassa med H13 filter på både tilluft og avtrekk i både sluse og sengerom

Klasse H3d Spesielle rom med valgbart overtrykk eller undertrykk (> 6 Pa) og med H13 filter på både tilluft og avtrekk i både sluse og sengerom

H4 Andre rom

Mulig med avstengt ventilasjon når ikke i bruk, bruk tette spjeld klasse 4. (rom med lukt eller helsefarlige stoffer og toaletter reduseres maks. 50 %).

#### **Krav til komponenter, CEN/TR 16244**

##### **1 Forurensinger**



Tillufts- og omlufts systemer nevnes. Luftkvalitet; uteluft er definert som referanse.

2 Kanaler

Tetthetsklasse C eller B.

Testtrykk 1000 Pa eller 400 Pa.

3 Spjeld

Uteluftspjeld skal være selvlukkende.

Tetthetsklasse 4.

4 Varmegjenvinnere

Kondens og drenering nevnes.

Ingen overføring av luft og forurensing.

5 Befuktere

Kun dampbefuktere er aktuelt for operasjonsrom.

Ingen resirkulering av vann.

6 Overvåking

Utstyr for måling og overvåking er listet opp.

Det skal være utstyr for måling og telling av alle egergibrukere.

7 Kontrollutstyr

Operasjonsrom klasse H1A og H1B kan ha redusert luftmengde utenom brukstid, men ingen tilbakestrømning av luft.

Isolater klasse H2 (overtrykksisolat) kan ha avstengt ventilasjon når rommene ikke i bruk. *Dette må være feiltrykk og det menes klasse H3 som er undertrykksisolat, ref. krav i kap 6 og tabell 1.*

### Krav til ventilasjon, CEN/TR 16244

Tabellen angir krav for forskjellige romklasser:

- Lufttemperatur for tilluft (for lavturbulente rom)
- Romtemperatur, vinter og sommer
- Luftfuktighet, vinter og sommer
- Minimum uteluftmengde
- Filtrering
- Støynivå

Luftmengder og driftstid for ventilasjon er det viktigste for energiforbruket.

**Vedleggstabell 1 Uteluftmengder:(utdrag), CEN/TR 16244**

| Romklasse | Romtype                      | Uteluftmengde                                                                                | Anm                                   |
|-----------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| H1A, B, C | Operasjon                    | 1200 m <sup>3</sup> /h                                                                       | Lavturbulent/UDF                      |
| H2        | Overtrykksisolat             | > 100 m <sup>3</sup> /h per person                                                           |                                       |
| H3A       | Undertrykksisolat, ex. MRSA  | 15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup><br>Min. 36 m <sup>3</sup> /h per person                  | Min. gjelder også ved redusert drift. |
| H3B       | Div. undertrykksrom          | ca. 6- 30 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate<br>Min. 36 m <sup>3</sup> /h per person | Min. gjelder også ved redusert drift  |
| H3C og D  | Isolater med under/overtrykk | ca. 15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup><br>Min. 36 m <sup>3</sup> /h per person              | Min. gjelder også ved redusert drift  |
| H4        | Sengerom                     | 36 m <sup>3</sup> /h per seng                                                                |                                       |
|           | Undersøkelse. Behandling     | 15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate                                                |                                       |

| Romklasse | Romtype      | Uteluftmengde                                 | Anm     |
|-----------|--------------|-----------------------------------------------|---------|
|           | Nyfødte      | 10 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate |         |
|           | Postoperativ | 20 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate |         |
|           | Dialyse      | 6 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate  |         |
|           | Disseksjon   | 35 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate |         |
|           | Korridorer   | 3 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate  |         |
|           | Venterom     | 15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate | Med VAV |
|           | Garderobe    | 15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate |         |

Vedleggstabell 2 Avtrekksmengder: (utdrag), CEN/TR 16244

| Romklasse | Romtype            | Avtrekksluftmengde    | Anm                       |
|-----------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
|           | Toalett            | 100 m <sup>3</sup> /h |                           |
|           | Bad med dusj og WC | 100 m <sup>3</sup> /h |                           |
|           | Skyllerom          | 100 m <sup>3</sup> /h | areal ca 6 m <sup>2</sup> |
|           | Bad for sengepost  | 200 m <sup>3</sup> /h |                           |
|           | Tekjølken          | 100 m <sup>3</sup> /h | areal ca 6 m <sup>2</sup> |

#### Kommentarer, CEN/TR 16244:

CEN rapporten er bygget opp tilsvarende som tysk standard DIN 1946-4: 2008.

Rapporten nevner bare krav til uteluft og sier ikke noe om totalluftmengde, luftveksling eller fortynningstid (recovery) som i noen andre standarder.

Kravene til uteluftmengde bør sammenlignes med krav i norske forskrifter og med andre standarder fra UK/HTM, US AIA/ASHRAE og DIN.

Krav til trykkforskjell > 6 Pa for isolater er et meget lavt tall som bør sammenlignes med andre standarder. Krav til laboratorier og isolater bør kontrolleres mot norske forskrifter/retningslinjer; AT 1322, Isoleringseveilederen, EN 12128 og EU GMP.

En trykkforskjell på 6 Pa er en lav fysisk størrelse som er meget vanskelig å regulere og kontrollere.

Bortsett fra operasjonsrom er det ikke satt betingelser mht. rengjøring, renblåsing eller reetablering av trykk i forbindelse med stopp og restart av ventilasjonsanlegg.

## D.2 DIN 1946-4: 2003 VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector

Kap 5 og tabell 1 behandler klassifisering av rom og krav til ventilasjon og trykk.

### Kap 5 Klassifisering, DIN 1946

To hovedklasser 1 og 2 med underklasser, avhengig av bakteriebelastning:

- Klasse IA Operasjonsrom med lavturbulent luftstrømning, LTF.  
Typisk LTF område 3,2x3,2 m. Mulig med redusert luftmengde når ikke i bruk.
- Klasse IB Operasjonsrom med blandet strømning eller ensrettet strømning.  
Mulig med redusert luftmengde når ikke i bruk.
- Klasse II Rom som ikke er klasse I.  
Avstengt ventilasjon når ikke i bruk.

### Kap 5 Krav til ventilasjon, DIN 1946

Vedleggstabell 3 Uteluftmengder: (utdrag)

| Rom-klasse | Romtype            | Minimum Uteluftmengde  | Anm                                 |
|------------|--------------------|------------------------|-------------------------------------|
| I          | Operasjonsavd.     |                        | Avtrekk > tilluft, dvs. undertrykk. |
| I          | Alle operasjonsrom | 1200 m <sup>3</sup> /h | Uteluft og omluft.. Undertrykk.     |

| Rom-klasse | Romtype                     | Minimum Uteluftmengde                                                     | Anm                                                                  |
|------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| IA         | Operasjonsrom               | 1200 m <sup>3</sup> /h                                                    | Uteluft og omluft.. LTF område ca. 3,2x3,2 m.                        |
| IB         | Operasjonsrom               | 1200 m <sup>3</sup> /h                                                    | Turbulent eller laminær strøm. Luftsluse.                            |
| II         | Andre rom                   | 40 m <sup>3</sup> /h per person                                           | Vurder ekstra uteluft. Overstrømning fra operasjon.                  |
|            | Isolater                    | 40 m <sup>3</sup> /h per person eller > 100 m <sup>3</sup> /h per pasient | Luftsluse ca 10 m <sup>2</sup> .                                     |
|            | Undertrykksisolat, ex. MRSA | > 100 m <sup>3</sup> /h per pasient                                       | Tilluft og avtrekk. Luftsluse med undertrykk. Undertrykk i sengerom. |
|            | Overtrykksisolat            | > 100 m <sup>3</sup> /h per pasient                                       | Tilluft og avtrekk. Luftsluse med overtrykk. Overtrykk i sengerom.   |
|            | Kombinerte isolater         | > 100 m <sup>3</sup> /h per pasient                                       | Luftsluse med undertrykk. Overtrykk i sengerom.                      |
|            | Undersøkelse. Behandling    | 40 m <sup>3</sup> /h per person                                           |                                                                      |
|            | Postoperativ                | 40 m <sup>3</sup> /h per person eller > 150 m <sup>3</sup> /h per pasient |                                                                      |
|            | Radiologi                   | 40 m <sup>3</sup> /h per person                                           |                                                                      |
|            | Korridorer                  | 5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> gulvflate                              |                                                                      |

#### Kommentarer, DIN 1946:

DIN 1946-4: 2008 er bygget opp tilsvarende som CEN rapporten.

Både DIN og CEN behandler hovedsakelig operasjonsrom og andre pasientrettede romtyper.

Klassifisering i de to standarder ligner, men har litt forskjellige betegnelser.

DIN setter krav til uteluftmengder og nevner prinsippet med resirkulering og omluft, men gir ingen tall for totalluftmengde.

Kravene til trykk er ikke tallfestet i DIN.

Krav til komponenter er tilsvarende i de to standardene.

#### D.3 HTM 03-01 Specialised ventilation for healthcare premises, part A, uk doh, nov 2007

HTM 03 er en av en serie guidelines om planlegging, installasjon og drift av tekniske anlegg i helsebygg. Guiden beskriver "best practice engineering standards" og henviser til europeiske og britiske forskrifter og standarder.

##### HTM 03-01 Kap 2 Ventilasjon

Kap. 2 Beskriver prinsipper for ventilasjon og forskjellige områder i helsebygg.

Behov for "spesiell ventilasjon" gjelder for enkelte områder som nærmere angitt i kap. 7.

Anbefalte luftvekslingstall, temperaturer og trykk for generelle områder er angitt i appendix 2.

Kap. 2.40 Beskriver resirkuleringssystemer (omluft) som vanlig praksis for rene rom og operasjonsrom;

\* med forbehold om min. uteluft i ht. byggeforskrifter

\* med forbehold om overføring av forurensinger o.a.

### HTM 03-01 Kap 3 Krav

Kap. 3.6; Minimum uteluft er nødvendig for fjerning av lukt og forurensinger.

**Minimumskrav er 10 l/s per person.(36 m<sup>3</sup>/h/pers.)**

### HTM 03-01 Kap 4 Ventilasjonssystemer

Kap. 4.146 ff:

- alle ventilasjonssystemer skal ha varmegjenvinning
- plate- eller batterigjenvinnere er egnet
- roterende gjenvinnere kan brukes hvis de har renblåningssektor. "En liten lekkasje er ikke viktig".

Minimumskrav til virkningsgrad:

|             |      |
|-------------|------|
| batteritype | 45 % |
| platetype   | 50 % |
| roterende   | 65 % |
| andre typer | 50 % |

### HTM 03-01 kap 7 Spesielle ventilasjonssystemer

Områder og avdelinger som krever spesielle vent. systemer er listet opp, bla.:

- Operasjonsavdelinger:
  - ❖ behandlingsrom
  - ❖ endoskopi
  - ❖ kardiologi
  - ❖ konvensjonelle operasjonsrom
  - ❖ UCV operasjonsrom
- Fødeavdeling
- Kritiske områder
- Isolat; smitterom, transplantasjon, kjemoterapi, onkologi
- Sterilavdeling; vaske-/desinfeksjonsrom, pakkerom, sterile lager
- Apotek/Farmasi; aseptisk produksjon, extratemp. prep., radiofarmaka
- Patologi
- etc.

Kap. 7 omhandler mest operasjonsavdelinger som er inndelt i 2 hovedtyper:

- Generell op. avd. med konvensjonelle ventilasjonssystemer.
- UCV ventilasjonssystemer. "Ultra Clean Ventilation systems" som gir økt luftmengde lokalt i operasjonsområdet. UCV romluft skal ha renhetsklasse med mindre enn 10 CFU/m<sup>3</sup> (bakterienheter pr kubikkmeter luft).

I begge tilfelle skal det være min. 15 luftvekslinger pr time (uteluft) ved bruk av anestesigasser.

For begge typer operasjonsavdelinger/rom er det gitt en rekke detaljanvisninger for prosjektering av ventilasjon. For begge typer avd. er krav til uteluftmengde det samme.

Appendix 7 gir 8 eksempler på operasjonsavdelinger med detaljerte anvisninger for:

- typisk størrelse og romvolum, m<sup>3</sup>
- luftvekslingstall, 1/h
- lufthastighet, m/s (for UCV)
- uteluftmengde, m<sup>3</sup>/s
- trykkforhold, Pa
- lekkasje/overstrømningsretning

Det går klart frem at luftmengder kan/bør reduseres utenom brukstiden.

### Krav til ventilasjon, HTM 03-01

**Vedleggstabell 4 Luftvekslinger (utdrag), HTM 03-01**

| Romtype                       | Minimum Luftveksling | Anm                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operasjonsavd.:               |                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Operasjonsrom                 | 25/h                 | Tilluft. Overtrykk + 25 Pa. Uteluftmengde 1,15 m <sup>3</sup> /s (4140 m <sup>3</sup> /h som tilsvarer 25 1/h).                                                                                      |
| Operasjonsrom UCV             | 25/h                 | Tilluft. Overtrykk + 25 Pa. Uteluft.. < 10 CFU/m <sup>3</sup> . Vertikal luftstrøm min. 0,3 m/s ved 2 m o. gulv. Uteluftmengde 1,15 m <sup>3</sup> /s (4140 m <sup>3</sup> /h som tilsvarer 25 1/h). |
| Anestesi                      | 15/h                 | Tilluft og avtrekk. Overtrykk > 10 Pa. Uteluftmengde min. 540 m <sup>3</sup> /h.                                                                                                                     |
| Forberedelse                  | > 25/h               | Tilluft. Overtrykk.                                                                                                                                                                                  |
| Sterilt lager                 | 6/h                  | Overtrykk                                                                                                                                                                                            |
| Garderobe/skifterom. Gipsrom. | 7/h                  | Overtrykk.                                                                                                                                                                                           |
|                               |                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Undertrykksisolat             | 10/h                 | Avtrekk. Undertrykk - 5 Pa.                                                                                                                                                                          |
| Overtrykksisolat              | 10/h                 | Overtrykk + 10 Pa.                                                                                                                                                                                   |
| Kombinerte isolater           | 10/h                 | Trykk +/- 10Pa                                                                                                                                                                                       |
|                               |                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Sengerom, enkeltrom           | 6/h                  | Tilluft/avtrekk/naturlig ventilasjon.                                                                                                                                                                |
| WC for sengerom               | 3/h                  | Avtrekk. Undertrykk.                                                                                                                                                                                 |
| WC, felles                    | 6/h                  | Avtrekk. Undertrykk.                                                                                                                                                                                 |
|                               |                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Undersøkelse. Behandling      | 10/h                 | Tilluft. Overtrykk.                                                                                                                                                                                  |
| Postoperativ                  | 15/h                 | Tilluft og avtrekk. 0 trykk.                                                                                                                                                                         |
| Endoskopi                     | 15/h                 | Tilluft. Overtrykk.                                                                                                                                                                                  |
|                               |                      |                                                                                                                                                                                                      |

#### Kommentarer til HTM 03-01:

HTM 03 er en veldig detaljert veiledning for ventilasjon av spesielle områder og rom i sykehus mht. luftmengder, trykkforhold, redusert drift, varmegjenvinning o.a..

Det er mange nyttige henvisninger til andre forskrifter og standarder for andre rom, f. eks. spesiallaboratorier.

Det kan være noe ukart hva som menes med krav til luftveksling og til uteluft for enkelte rom, men dette må beregnes i hvert enkelt tilfelle (som alltid).

Minimumskrav til uteluftmengde er 36 m<sup>3</sup>/h pr person (CEN = 36, DIN = 40).

## D.4 ASHRAE HANDBOOK 2007, HVAC APPLICATIONS

### Kapittel 7 Health Care Facilities

Håndboken er et sammendrag av "best practice" for sykehusventilasjon som beskrevet i:

- US standard 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Quality, 2007
- AIA Guidelines 2006, Design and construction of health care facilities
- ASHRAE Manual 2003, HVAC Design Manual for Hospital and Clinics

Håndboken utgis i oppdatert utgave hvert 4. år, neste gang i 2011.

Standard 62.1 ble sist revidert i 2010.

Siste US stoff om sykehusventilasjon er ANSI/ASHRAE Standard 170-2008 Ventilation of Healthcare Facilities. Det utarbeides fortløpende addenda til denne.

Sykehus er inndelt i 7 forskjellige områder med en rekke romtyper;

- Operasjon og intensiv
- Sengeavd.
- Lab. og støtte
- Admin.
- Undersøkelse og behandling
- Sterilsentral og forsyning
- Teknisk service

Operasjonsrom er inndelt i 3 klasser etter størrelse iht. AIA 2006:

Klasse A areal 150 ft<sup>2</sup> (14 m<sup>2</sup>) og takhøyde min 12 ft (3,6 m)

Klasse B areal 250 ft<sup>2</sup> (23 m<sup>2</sup>) og takhøyde min 15 ft (4,6 m)

Klasse C areal 400 ft<sup>2</sup> (37 m<sup>2</sup>) og takhøyde min 18 ft (5,5 m)

### Krav til ventilasjon

Kapittel 7 Health Care Facilities og tabell 3 gir anbefalinger om:

- Trykk i forhold til omliggende rom, over- eller undertrykk
- Minimum uteluftmengde, luftveksling pr time, 1/h
- Minimum total luftveksling pr time, 1/h
- Krav om separat avtrekk direkte ut, Ja/Nei
- Anbefaling om bruk av romkjølere (fan-coils), Ja/Nei
- Relativ fuktighet, %
- Romtemperatur, °C

En rekke eksempler på romtyper er listet opp.

Vedleggstabell 5 Luftmengder:(utdrag) Tabell 3

| Rom-klasse | Romtype                               | Minimum Uteluftmengde | Anm                                                                                      |
|------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | <b>Operasjon og intensiv</b>          |                       |                                                                                          |
| B og C     | Operasjonsrom 23 og 37 m <sup>2</sup> | 4 1/h                 | Totalt 20 1/h. Overtrykk. Trykkforskjell > 2,5 Pa.                                       |
| A          | Operasjonsrom 14 m <sup>2</sup>       | 3 1/h                 | Totalt 15 1/h. Overtrykk. Trykkforskjell > 2,5 Pa.                                       |
|            | Fødestue                              | 4 1/h                 | Totalt 20 1/h. Overtrykk. Trykkforskjell > 2,5 Pa.                                       |
|            | Oppvåkning                            | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h. Overtrykk. Trykkforskjell > 2,5 Pa.                                        |
|            |                                       |                       |                                                                                          |
|            | <b>Sengeavd.</b>                      |                       |                                                                                          |
|            | Sengerom                              | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h kan red. til 4. Nøytralt trykk.                                             |
|            | WC                                    | Valgfritt             | Totalt 10 1/h. Undertrykk og avtrekk direkte ut.                                         |
|            | Nyfødte                               | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h                                                                             |
|            | Undertrykksisolat                     | ikke angitt           | Totalt 12 1/h. Undertrykk. Sluse med høyere trykk. Trykkforskjell >2,5 Pa.               |
|            | Overtrykksisolat                      | 2 1/h                 | Totalt 12 1/h. Overtrykk. Sluse med lavere trykk. Trykkforskjell >2,5 Pa. HEPA filter.   |
|            | Sluse for isolat                      | 2 1/h                 | Totalt 10 1/h. HEPA tilluft el avtrekk, over- eller undertrykk, avhengig av type isolat. |
|            | Kombinerte over-/undertrykksisolater  |                       | <b>Anbefales ikke</b>                                                                    |
|            | Korridorer, pasienter                 | 2 1/h                 | Totalt 4 1/h.                                                                            |
|            | Korridorer, publikum                  | 2 1/h                 | Totalt 2 1/h. undertrykk                                                                 |
|            |                                       |                       |                                                                                          |

| Rom-klasse | Romtype                    | Minimum Uteluftmengde | Anm                                |
|------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------------|
|            | <b>Lab. og støtte</b>      |                       |                                    |
|            | Radiologi, diagnose        | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h.                      |
|            | Radiologi, behandling      | 3 1/h                 | Totalt 15 1/h. Overtrykk.          |
|            | Laboratorier, typisk       | 2 1/h                 | Totalt 10 eller 6 1/h. Undertrykk. |
|            |                            |                       |                                    |
|            | <b>Undersøkelse. Beh.</b>  |                       |                                    |
|            | Typisk rom                 | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h.                      |
|            |                            |                       |                                    |
|            | <b>Steril og forsyning</b> |                       |                                    |
|            | Dekontamin. rom            | 2 1/h                 | Totalt 6 1/h. Undertrykk           |
|            | Sterilt lager              | 2 1/h                 | Totalt 4 1/h. Overtrykk            |
|            | Endoskop rengjøring        | 2 1/h                 | Totalt 10 1/h. Undertrykk          |

### Kommentarer til ASHRAE 2007

Kontroll mot den nyere standard 170-2008 gir ingen vesentlige endringer av US praksis.

Det er krav til både minimum uteluftmengde og total luftveksling:

#### Uteluftmengde.

Krav til minimum uteluftmengde (luftveksling pr time, 1/h) er basert på std. 62 og er beregnet ut fra krav til komfort, hygiene og lukt (comfort, asepsis, odor).

#### Total luftveksling.

Total luftveksling beregnes som total luftmengde dividert med romvolum. Luftmengden kan være tilluft eller avtrekksmengde, avhengig av romtype og systemløsning for ventilasjon.

Total luftveksling er beskrevet som mengden som er nødvendig for varmebalanse, for å oppnå temperatur- og fukt kontroll, og fjerne varmeoverskudd fra personer, lys, utstyr og varmetransmisjon/stråling. I noen tilfelle gjelder det mengde for kontroll med luftstrømmer og luftrenhet (partikler, mikroorg.).

Luftvekslingen kan reduseres med 25 % når rommene ikke er i bruk, men forutsatt at luftvekslingen reetableres ved bruk og trykkforholdene opprettholdes.

#### Resirkulering/omluft

Bruk av resirkulering av luft beskrives som "preferred", dvs. anbefalt løsning for energisparing.

Bruk av omluft i sentralaggregater og styring av min. uteluftmengde er en vanlig løsning.

Bruk av romkjølere (fan-coils o.a.) er nevnt flere steder, men er stort sett ikke anbefalt i sykehus.

Bruk av resirkulering og filtrering (HEPA) nevnes som en mulig løsning for isolater og andre rom.

Systemer med 100 % uteluft skal ha varmegjenvinning.

#### Trykkforskjell

Krav til trykkforskjell > 2,5 Pa er et meget lavt tall som bør sammenlignes med andre standarder. Dette gjelder særlig for laboratorier, isolater og renrom.

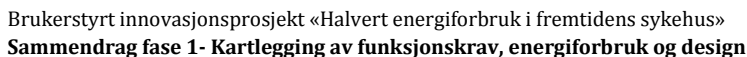
En trykkforskjell på 2,5 Pa er en lav fysisk størrelse som er meget vanskelig å regulere og kontrollere.

Det er anmerket at rom med trykkforskjell må være tette.

#### Operasjonsrom

Operasjonsrom er klassifisert etter størrelse og bruksområde/type inngrep.





## D.5 NORSKE FORSKRIFTER OG STANDARDER

1. PBL Plan og bygningsloven 2010-03-26 nr 489. Byggteknisk forskrift.
2. AT Best. nr. 444 Veiledning til arbeidsmiljøloven 2003. Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen.
3. NS Norsk standard NS 3031:2010 Beregning av bygningers energiytelse.
4. EN European standard NS-EN 12128:1998. Biotechnology - Laboratories
5. AT 1997-12-19 nr. 1322 Forskrift til arbeidsmiljøloven. "Vern ...mot farer ved arbeid med biologiske faktorer.
6. IS Smittevern 2004:9 Isoleringsveilederen.

- systemløsning
- luftmengder
- fortynning (recovery)
- trykk
- filtrering

[illegible]

| Nr | Dok       | Type       | Område                                | Krav                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Anm.       |
|----|-----------|------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|    |           |            |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | PCL 4: x 2 |
|    |           |            |                                       | HEPA filter på tilluft                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PCL 4      |
| 5  | AT 1322   | Forskrift  | Laboratorier bioteknologi og isolater | Tilsvarende som EN 12128, men også gyldig for isolater. Inneslutningstiltak og Inneslutningsnivå 2, 3 og 4.                                                                                                                                                                                                                                              |            |
| 6  | Isolering | Veiledning | Isolater                              | Pkt. 3.2.6 Luftsmitteisolat:<br>Luftskifte 12 l/h i pasientrom<br>Ingen resirkulering<br>Dokumentere: Luftbevegelser. Strømningsmønster. Fortynningstid. Inneslutningsgrad.<br>Undertrykk i sluse = min. 5 Pa<br>Undertrykk i pasientrom = min. 15 Pa<br>Trykk i bad som pasientrom eller lavere.<br>HEPA filtrering av inn- og utluft.<br>Reservesystem |            |

### Kommentarer

De norske retningslinjene er ikke spesielt tilpasset ventilasjon i sykehus., bortsett fra laboratorier og isolater som er nøye beskrevet.

Krav til luftmengder er veldig forskjellig i retningslinjene.

### D.6 Eksempler fra norge

Det er hentet data fra disse sykehusene:

Vedleggstabell 7 Sykehus hentet løsninger fra

| Sykehus              | Sted       | Størrelse m2 | # Senger | Status              |
|----------------------|------------|--------------|----------|---------------------|
| Stokmarknes sykehus  | Vesterålen | xx           | 60?      | Anbud               |
| Nye Kirkenes         | Kirkenes   | 18 600       | 65       | Skisseprosjekt 2010 |
| St. Olavs hospital   | Trondheim  | 200 000      | 1187     | 2006-2015           |
| Nye AHUS             | Lørenskog  | 137 000      | 565      | 2008-2011           |
| Nytt Østfold sykehus | Kalnes     | 82 500       | 571      | Forprosjekt 2010    |

### STOKMARKNES SYKEHUS, VESTERÅLEN

#### Dimensjonering. Luftmengder

For generell ventilasjon på sykehuset må en forholde seg til arbeidstilsynets retningslinjer for luftmengdekrav (444). For areal med spesialfunksjoner er i stor grad benyttet amerikansk regelverk (AIA / ASHRAE). Bortsett fra operasjon har alle anlegg full friskluft og ingen omluft.

## Vedleggstabell 8 Luftmengder

### Nordlandssykehuset Vesterålen

| ROMTYPE               | LUFTMENGDE<br>m <sup>3</sup> /h pr. m <sup>2</sup> | LUFTMENGDE<br>Luftskifte pr. time | Kommentar                         |
|-----------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Administrativ</b>  |                                                    |                                   |                                   |
| Kontorer              | 12-15                                              |                                   |                                   |
| Kontorlandskap        | 12-15                                              |                                   |                                   |
| Resepsjon             | 15                                                 |                                   |                                   |
| Møterom               | 20                                                 |                                   |                                   |
| Sov/ Hvil             | 10                                                 |                                   |                                   |
| Garderober            | 10                                                 |                                   |                                   |
| <b>Behandlingsrom</b> |                                                    |                                   |                                   |
| Undersøkelse          | 18                                                 |                                   |                                   |
| Radiologi             | 20                                                 |                                   | Temperaturkontroll                |
| Ultralyd              | 20                                                 |                                   |                                   |
| Cystoskopi            | 20                                                 |                                   |                                   |
| Endoskopi             | 20                                                 |                                   |                                   |
| Fysioterapi           | 20                                                 |                                   |                                   |
| Dialyserom            | 18                                                 |                                   |                                   |
| <b>Sengeavdeling</b>  |                                                    |                                   |                                   |
| Sengerom              | 12                                                 |                                   |                                   |
| Isolat, kontaktsmitte | 12                                                 |                                   |                                   |
| Overvåkingsrom        | 20                                                 |                                   |                                   |
| Arbeidsstasjon        | 15                                                 |                                   |                                   |
| Oppholdsrom           | 20                                                 |                                   |                                   |
| Desifeksjonsrom       | 20                                                 |                                   |                                   |
| Korridor              | 8                                                  |                                   |                                   |
| Kjøkken/ spis         | 20                                                 |                                   |                                   |
| Medisinrom            | 20                                                 |                                   | Spesialavtrekk                    |
| Avfallsrom            | 20                                                 |                                   |                                   |
| Gipsrom               | 18                                                 |                                   |                                   |
| <b>Operasjon</b>      |                                                    |                                   |                                   |
| Forberedelse          | 18                                                 |                                   |                                   |
| Skiftstue             | 30                                                 |                                   |                                   |
| Operasjon 100 CFU     |                                                    | 20                                |                                   |
| Operasjon 10 CFU      |                                                    |                                   | Bestemmes av størrelse på LAF tak |
| Pakke/ autoklav       | 20                                                 |                                   |                                   |
| Sterillager           | 30                                                 |                                   | Overtrykk                         |
| <b>Fødeavdeling</b>   |                                                    |                                   |                                   |
| Fødestue              |                                                    | 15                                |                                   |
| <b>Akuttmttak</b>     |                                                    |                                   |                                   |
| Traumerom             | 30                                                 |                                   |                                   |
| Observasjonsrom       | 15                                                 |                                   |                                   |
| <b>Lab. blodbak</b>   |                                                    |                                   |                                   |
| Prøvetaking           |                                                    | 6                                 |                                   |
| Tapperom              |                                                    | 6                                 |                                   |
| Støyrom               |                                                    | 6                                 | Høy varmelast                     |
| Analyse               |                                                    | 6                                 | Overtrykk                         |
| Urinlab               |                                                    | 10                                | Undertrykk                        |
| <b>Andre arealer</b>  |                                                    |                                   |                                   |
| Kapell                | 20                                                 |                                   |                                   |
| Kantine               | 20                                                 |                                   |                                   |
| Kjøkken               | 20                                                 |                                   |                                   |
| Vestibyle             | 10                                                 |                                   |                                   |
| Teknisk areal         | 10                                                 |                                   |                                   |
| Avfallsrom            | 10                                                 |                                   | Kjøling/ undertrykk               |

## SPESIALROM

### Radiologi

Radiologisk avdeling omfatter tre røntgenlaboratorier, en CT- lab og en MR lab.

Arealet vil bli generelt godt ventilert med et luftvekslingstall på 6 pr. time (ca. 18-20 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup>). Dette tilsvarer luftmengden i poliklinisk behandlingsrom.

CT- lab, MR-lab, operatørrom og granskingsrom vil ha høy intern varmelast. Disse rommene installeres med lokal kjøling i form av fancoiler.

### **Biokjemisk lab og blodbank**

Generelle laboratorieareal ventileres med luftvekslingstall på 6 pr. time (ca. 18-20 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup>).

Denne ventilasjonsmengde vil også gjelde for tapperom, og prøvetakingsrom for blodprøver. For urinsentral økes luftmengden til 10 luftvekslinger pr. time.

For rom med høy intern varmelast benyttes fancoiler til kjøling. Dette vil være aktuelt for støyrom.

### **Fødeavdeling**

Fødeavdelingen skal ha to fødestuer.

Disse ventileres med 15 luftvekslinger pr. time (ca. 45 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup>)

### **Operasjonsavdeling**

#### Generelt:

3 stk separate ventilasjonsanlegg til de 3 stuene.

Ved å benytte separate aggregater oppnås større grad av redundans – et havari vil kun få konsekvenser for den ene stuen aggregatet betjener.

#### System oppbygging:

Romklimaet i operasjonsstuene skal både tilfredsstille kravet til godt arbeidsklima for personell og krav til kontrollert varme- og væsketap hos pasienten. Dette krever individuell temperatur og fuktighetskontroll i hver av stuene.

Tilluften sluttfiltreres med HEPA filter. Enten i aggregatet, i kanal i forkant av stuene eller montert som en del av tilluftsystemet inne i stuene. Med kort avstand fra aggregat til operasjonsstue vil det driftsmessig være mest gunstig å ha HEPA- filter i aggregatet.

Alle stuene skal være utstyrt med mulighet for å velge redusert ytelse.

Den reduserte ytelsen skal representere drift av stuene når de ikke er i bruk. Ved redusert ytelse skal OP-stuene opprettholde overtrykk og skal ikke forrykke luftstrømmer i andre tiliggende områder.

#### OP Stuer 1 og 2 med renhetskrav 100 CFU:

Kravet til luftkvalitet i stuen angis som et maks antall på 100 bakteriekolonier pr. kubikk meter luft (CFU) når stuen er i drift.

Uteluftandelen beregnes minimum som 25 l/sek pr. person + 2 l/sek pr m<sup>2</sup> overflate.

Dette gir ca. 17 luftvekslinger pr. time med 10 personer i stuen. Vi anbefaler her å benytte 20 luftvekslinger i stuene. Luftmengden på stuene reguleres ned når de ikke er i bruk.

Valget av luftmengde tillater at stuen kan benyttes til langvarige operasjoner med mye personell i perioder

Tillufte tilføres rommet med generell omrøringsventilasjon. Avtrekk ved gulv og tak.

OP-stuen skal holde overtrykk i forhold til omliggende arealer. Dette skal sikre utadrettet luftstrømning fra OP-stue til omliggende arealer.

Forstilling av temperatur og fuktighet gjøres inne fra stuen

#### OP Stue 3 med renhetskrav 10 CFU:

Kravet til luftkvalitet i stuen angis som et maks antall på 10 bakteriekolonier pr. kubikk meter luft (CFU) når stuen er i drift.

Uteluftmengden velges til 3000 m<sup>3</sup>/h og total sirkulert luftmengde 15000 m<sup>3</sup>/h

Tilluften tilføres OP-stuen på en måte som sikrer laminær strømming ned over operasjonsområdet og instrumentering. Laminær strømming oppnås med et tilluftstak over pasienten. Dimensjon 3,6m x 3,2m. Dette gir en lufthastighet på ca 0,3 m/sek.

Ved 3 meter takhøyde vil antallet luftvekslinger bli ca 100 pr. time. Uteluftdelen representerer ca 25 luftvekslinger pr. time.

Et eventuelt tilluftstak vil bestå av et rammesystem med HEPA-filter.

Avtrekk ved gulv og tak.

OP-stuen skal holde overtrykk i forhold til omliggende arealer. Dette skal sikre utadrettet luftstrømming fra OP-stue til omliggende arealer.

Forstilling av temperatur og fuktighet skal kunne gjøres inne fra stuen.

## Systemer, luftbehandling

Bygget inndeles med 15 ventilasjonssystemer.

Et stort antall systemer skal bidra til at hvert ventilasjonssystem dekker noen få eller bare en funksjon. I systemoppdelingen har det vært viktig å sørge for at hvert ventilasjonsaggregat dekker færrest mulige funksjoner. Dette er særlig viktig ved bruk av roterende varmegjenvinnere.

**Vedleggstabell 9 Hovedsystem**

| System | Område                                | Area<br>l<br>(m <sup>2</sup> ) | Luftme<br>ngde<br>(m <sup>3</sup> /h) | Luftmengderegulering                                                                                                              | Varme-<br>genvinning |
|--------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| PLAN 1 |                                       |                                |                                       |                                                                                                                                   |                      |
| 36.10  | Kirurgisk og med. poliklinikk         | 1200                           | 13 000                                | Ur-styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor ordinær driftstid)                                                             | Roterende            |
| 36.11  | Driftteknisk, hovedinngang og kantine | 1700                           | 15 000                                | - Ur- styring av luftmengden i kontorareal<br>- Luftmengde i fellesareal og kantine styres med temperatur/ CO <sub>2</sub> -føler | Batteri              |
| 36.12  | Driftsteknisk og boldbank             | 1400                           | 13 000                                | Ur- styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor ordinær driftstid)                                                            | Batteri              |
| 36.13  | Radiologi                             | 840                            | 10 000                                | Ur- styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor ordinær driftstid)                                                            | Roterende            |
| 36.14  | Fysioterapi                           | 700                            | 7 500                                 | Ur- styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor driftstid). + VAV styring av treningsom, ergo og fysioterapi (PIR*-føler)     | Roterende            |
| 36.15  | Garderobe + Dialyse                   | 750                            | 8 000                                 | Ur- styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor ordinær driftstid)                                                            | Batteri              |
| PLAN 2 |                                       |                                |                                       |                                                                                                                                   |                      |
| 36.20  | Sengeområde NØ                        | 1238                           | 11 000                                | Full drift                                                                                                                        | Roterende            |
| 36.21  | Sengeområde SØ                        | 1238                           | 13 000                                | Full drift                                                                                                                        | Roterende            |
| 36.22  | Akutt/ ambulanse ++                   | 1250                           | 18 000                                | Full kombinasjon av ulike type regulering:<br>- Ur-styring i kontorareal<br>- Full drift akuttmottak, sov og overvåking           | Batteri              |

| System | Område                   | Area<br>l<br>(m <sup>2</sup> ) | Luftme<br>ngde<br>(m <sup>3</sup> /h) | Luftmengderegulering                                                                              | Varme-<br>genvinning |
|--------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|        |                          |                                |                                       | - CO2 og temp. styring i kapell<br>- PIR* i US rom                                                |                      |
| 36.23  | Operasjon 10 CFU         | 50                             | 14 800                                | Vurdere luftmengderegulering ut fra lysstyring                                                    | Roterende            |
| 36.24  | Operasjon 100 CFU        | 50                             | 3 000                                 | Vurdere luftmengderegulering ut fra lysstyring                                                    | Roterende            |
| 36.25  | Operasjon 100 CFU        | 50                             | 3 000                                 | Vurdere luftmengderegulering ut fra lysstyring                                                    | Roterende            |
| 36.26  | Fødeavdeling + operasjon | 700                            | 15 000                                | Ur styring på operasjonsavdeling<br>Full drift på fødeavdeling + Lysstyrt ventilasjon i fødestue. | Batteri              |
| 36.27  | Sengeområde NV           | 1238                           | 12 500                                | Full drift                                                                                        | Roterende            |
| PLAN 3 |                          |                                |                                       |                                                                                                   |                      |
| 36..30 | Admin.                   | 500                            | 5 000                                 | Ur- styring av ventilasjon (halv luftmengde utenfor ordinær driftstid)                            | Roterende            |

\* PIR-føler Person i rommet.

### Spesialventilasjon

Det er 17 systemer med spesialavtrekk. Det er egne kanalnett og vifter for disse.

- 7 stk Sikkerhetsbenker i medisinerom o.a.(Cytostatica). Ca 300 m<sup>3</sup>/h
- 2 stk Avtrekksskap. Ca 700 m<sup>3</sup>/h
- 5 stk Kjøkkenavtrekk ca 500 m<sup>3</sup>/h
- 3 stk Punktavsug. Ca 200-700 m<sup>3</sup>/h

### **Varmegjenvinning**

Av de 15 ventilasjonssystemene har 10 stk roterende gjenvinnere og 5 stk batterigjenvinnere, se Tabell1.

Alle ventilasjonssystemene som prosjekteres på sykehuset har for det meste lik mengde tilluft og avtrekk. I slike systemer med balansert ventilasjon blir det også som regel installert systemer for varmegjenvinning.

Aktuelle typer:

- Roterende gjenvinner, RGV. Gjenvinningsgrad 75-80%
- Plategjenvinner: Gjenvinningsgrad 40-50 %
- Batterigjenvinner: Gjenvinningsgrad 50%

Batterigjenvinner er mest brukt på norske sykehus. Den har en gjenvinningsgrad på 50%.

Plategjenvinner er også noe brukt på sykehus mens heatpipe og varmepumpe er mer sjeldent i bruk.

Roterende varmegjenvinner har i mange år ikke vært en akseptert brukt i sykehusbygg. Argumenter som har gjort at dette gjenvinningssystemet ikke har blitt valgt, er faren for lukt og smitteoverføring mellom tilluft og avtrekk.

Det har også vært vedlikeholdsmessige forhold som har gjort at systemet ikke har vært valgt.

De siste årene har det igjen blitt en åpen debatt om roterende varmegjenvinner kan benyttes generelt på sykehus. Særlig aktuelt har dette vært i utbyggingen av st. Olavs Hospital byggetrinn 2. Etter å ha involvert SINTEF som har laget en grundig rapport har en her valgt, med visse unntak, å benyttes roterende gjenvinner.

Bruk av roterende gjenvinner er også en akseptert og i allmenngyldig bruk ved prosjektering av sykehusbygg i Sverige.

RVG benyttes for mange av de aktuelle funksjonene se tabell 1..

Følgende unntak er gjort.

- Aggregat for akutt/ ambulanse/ legevakt/ postoperativ og overvåking. Årsaken er at det for dette aggregatet dekker mange forskjellige funksjoner.
- Aggregat for blodbank. Vi anbefaler ikke bruk av roterende gjenvinner i noen form for lab. aktivitet.
- Kjøkken/ kantine. Aggregatet dekker også andre areal. RVG bør derfor ikke benyttes her.
- Garderobe og dialyse. En dårlig sammensetning ved bruk RVG.
- Fødeavdeling. Her deler to stuer ett aggregat.

Alle spesialavtrekk fra kantinekiosk og medisinerom må føres over tak.

Rørføring for evakuering av narkosegass fra operasjons- og fødestuer må føres til avkastiden av aggregatet.

RVG kan benyttes i operasjonsstuer så lenge hver stue har eget ventilasjonsaggregat.

### Drift/Behovstyring

Se Tabell 1

reduert pr aggr?

reduert pr rom?? med PIR følere

### Dimensjoneringseksempler

Vedleggstabell 10 Dimensjoneringseksempler Stokmarknes

| Romtype             | Areal<br>m <sup>2</sup> | Spes.<br>luftmengde<br>m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> | Luftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Anm.                                                   |
|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Operasjon</b>    |                         |                                                        |                                 |                                                        |
| OP 1 Urologi        | 37                      | 75                                                     | 3000                            | 100 CFU. Ca 25/h                                       |
| OP 2                | 40                      | 81                                                     | 3000                            | 100 CFU. Ca 27/h                                       |
| OP3 Ortopedi        | 42                      | 71 (355)                                               | 3000 (15000)                    | 10 CFU. Ca 27/h (Omluft 118/h) LAF 3,6 x 3,2m 0,4 m/s. |
| Anestesi            | 18                      | 25                                                     | 438                             | ca 8/h                                                 |
| Desinfeksjon        | 17                      | 20                                                     | 350                             |                                                        |
| Pakkerom            | 23                      | 20/(43)                                                | 460/(1000)                      | (Omluft 15/h)                                          |
| Sterilt lager       | 36                      | 12/(65)                                                | 430/(1500)                      | (Omluft 15/h)                                          |
|                     |                         |                                                        |                                 |                                                        |
| <b>Fødeavdeling</b> |                         |                                                        |                                 |                                                        |
| Fødestue            | 30                      | (65)                                                   | 2000                            | ca 22/h                                                |
| Undersøk, skifte    | 30                      | 40                                                     | 1200                            | ca 15/h                                                |
| Undersøkelse        | 16                      | 18                                                     | 300                             |                                                        |
| Sengerom            | 16                      | 11                                                     | 180                             |                                                        |
|                     |                         |                                                        |                                 |                                                        |
| <b>Sengepost</b>    |                         |                                                        |                                 |                                                        |
| 1 sengsrom          | 15                      | 12                                                     | 180                             | ca 5/h                                                 |
| Kontaktsmitte       | 15                      | 15                                                     | 240                             | ca 6/h                                                 |
| Sluse, do.          | 5                       | 15                                                     | 100                             | ca 8/h                                                 |
| Opphold, pasient    | 7                       | 20                                                     | 140                             | ca 8/h                                                 |
| Desinfeksjon        | 9                       | 20                                                     | 200                             |                                                        |
| Undersøkelse        | 16                      | 20                                                     | 330                             | ca 8/h                                                 |
| Medisinerom         | 9                       | 20                                                     | 200                             |                                                        |
| Korridor            | 300                     | 8                                                      | 2400                            | ca 3/h                                                 |



| Romtype                  | Areal<br>m <sup>2</sup> | Spes.<br>luftmengde<br>m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> | Luftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Anm.            |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| <b>Dialyse</b>           |                         |                                                        |                                 |                 |
| Dialyse 5 pl.            | 50                      | 18                                                     | 900                             | 180/pl. Ca. 7/h |
| Dialyse 7 pl.            | 85                      | 18                                                     | 1600                            | 260/pl. Ca. 7/h |
| Undersøkelse             | 16                      | 18                                                     | 300                             |                 |
| Endoskopi                | 20                      | 20                                                     | 400                             |                 |
| Medisinrom               | 10                      | 20                                                     | 200                             |                 |
| Desinfeksjon             | 6,4                     | 20                                                     | 150                             |                 |
| <b>Radiologi</b>         |                         |                                                        |                                 |                 |
| Operatør                 | 11                      | 18                                                     | 210                             |                 |
| Undersøkelse             | 30                      | 20                                                     | 600                             |                 |
| Desinfeksjon             | 6                       | 20                                                     | 120                             |                 |
| Korridor                 | 258                     | 8                                                      | 2200                            |                 |
| <b>Lab.</b>              |                         |                                                        |                                 |                 |
| Lab. analyse             | 50                      | 20                                                     | 1000                            |                 |
| Lab. urin,<br>sentrifuge | 12                      | 25                                                     | 300                             |                 |
| Desinfeksjon             | 6                       | 20                                                     | 120                             |                 |

#### NYE KIRKENES SYKEHUS, NKS

Dimensjonering. Luftmengder

#### Fra overordnet teknisk program, OTP:

Foreslåtte parametre er utgangspunkt for den videre planlegging. Utdrag:

**Vedleggstabell 11 Utdrag fra overordnet teknisk program nye Kirkenes sykehus**

| ROMTYPE                | FRISKLUFT-<br>MENGDE            |      | KOMMENTAR    |
|------------------------|---------------------------------|------|--------------|
| Tabell 50.1            | m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> |      |              |
|                        | Min                             | Maks |              |
| <b>KONTORFUKSJONER</b> |                                 |      |              |
| Kontorer               | 12                              |      | Behovstyring |
| Store kontorer         | 10                              |      | Behovstyring |
| Resepsjon              | 10                              |      | Behovstyring |
| EDB-rom                | 5                               |      | Behovstyring |
| <b>UNDERVISNING</b>    |                                 |      |              |
| Auditorier             | 40                              |      | Pr. plass    |
| Seminarrom/Lesesal     | 15                              | 30   | Behovstyring |
| Grupeerom              | 20                              | 30   | Behovstyring |
| Bibliotek              | 10                              | 30   | Behovstyring |
| Terminalrom            | 10                              | 30   | Behovstyring |
| <b>FELLESROM</b>       |                                 |      |              |
| Kantine                | 15                              | 30   | Behovstyring |
| Kjøkken                | 30                              |      | Behovstyring |
| Oppvaskrom             | 30                              |      |              |
| Kjøle/fryserom i       |                                 |      |              |

| ROMTYPE                       | FRISKLUFT-MENGDE                |          | KOMMENTAR    |
|-------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|
| Tabell 50.1                   | m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> |          |              |
|                               | Min                             | Maks     |              |
| senterkjøkken                 |                                 |          |              |
| Møterom                       | 20                              | 30       | Behovstyring |
| Korridorer                    | 10                              |          | Behovstyring |
| Treningssal                   | 10                              | 30       | Behovstyring |
| Garderober                    | 15                              |          |              |
| Dusjrom                       |                                 | 100/dusj |              |
| Lager/Arkiv                   | 6                               |          |              |
| Venteområder                  | 10                              | 12       |              |
| WC                            | 100/WC                          |          |              |
| Dusj                          | 100/rom                         |          |              |
| BEHANDLING                    |                                 |          |              |
| Sengerom                      | 140/seng                        |          | Behovstyring |
| Behandling/Undersøkelse       | 18                              |          | Behovstyring |
| Ultralydrom                   | 20                              | 25       | Behovstyring |
| Arbeidsstasjon                | 20                              |          | Behovstyring |
| Kjøkken, spis, opphold        | 25                              | 30       | Behovstyring |
| Prøvetaking                   | 10                              | 15       | Behovstyring |
| Rengjøringsrom                | 18                              |          | Behovstyring |
| Ekspedisjon                   | 13                              |          | Behovstyring |
| Skyllerom                     | 25                              | 30       | Behovstyring |
| Sengerom, isolering           | 140/seng                        |          | Behovstyring |
| Autoklaverom                  | 25                              |          | Behovstyring |
| Brannskaderom                 | 140/seng                        |          | foreløpig.   |
| Forberedelse                  | 20                              |          | Behovstyring |
| Operasjon                     | 45                              |          | Behovstyring |
| Desinf.rom/steril.satellitt   | 25                              | 30       | Behovstyring |
| LABORATORIER                  |                                 |          |              |
| Farmasirom                    | 25                              | 30       | Behovstyring |
| Diagnostikk, Billedbehandling | 15                              | 20       | Behovstyring |
| Sjalterom                     | 13                              | 18       | Behovstyring |
| Laboratorier                  | 20                              | 25       | Behovstyring |
| Lab. døgnt.kont.bemannings    | 20                              | 25       | Behovstyring |
| Obduksjon                     | 45                              | 90       | Behovstyring |
| Dyrerom                       | 40                              | 45       | Behovstyring |

Luftbehandlingsanlegg må utformes for stabil drift og ikke benyttes til oppvarming. Inndeling av og størrelse på systemer må sees i sammenheng med driftssikkerhet og vedlikeholdsvennlighet. For energiriktig drift må systemene behovsstyres og følgende ivaretas:

- Trykkforhold mellom rene og urene rom/områder
- Systemenes oppdeling og luftmengder
- Systemenes SFP-faktor
- God gjenvinning
- Moderate lufthastigheter for å redusere støy og ivareta behovsendringer
- Min 30 % kapasitetsreserve på aggregater
- Separate frekvensomformere på motordrift.

Spesielle avtrekk eller punktavsug skal etableres i de områder hvor det er nødvendig å hindre spredning av gasser, allergener etc. Spesialrom utstyres med aggregater tilpasset drift (spesialventilasjon). Lange kanalføringer må unngås for slike rom, og tekniske mellometasjer kan være aktuelt i områder med rom som krever spesiell ventilasjon.

Kontorutstyr som printere, telefakser, kopimaskiner o.l., avgir støv og fremkaller ozon. Disse skal plasseres i separate rom og ventileres iht. forskriftskrav.

## **Energinotat 10.04.2010**

### ***Lave luftmengder***

OTP krever minimumsluftmengder per romfunksjon gitt i tabell 50.1 og krever også en 30 % overkapasitet i luftaggregatene. Med hensyn til disse kravene har RIV dimensjonert aggregatene for total 241 000 m<sup>3</sup>/h.

Med behovsstyring og antagelser for samtidighet kan man reduserer luftmengdene 30 % til 167 000 m<sup>3</sup>/h.

Disse reduksjonene oppfyller også kravet fra OTP om 30 % overkapasitet. Gjennomsnittlig operativ luftmengden for hele NKS blir 9,0 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid og 2,3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> utenfor driftstid.

Veiledende verdier fra NS3031 for sykehus (for å oppfylle energirammekrav 325 kWh/m<sup>2</sup>, tilsvarende merke "C") er 16 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid og 3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> utenfor driftstid. Minste tillatte luftmengde for evalueringer er gitt i NS3031 for sykehus som 10 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid og 2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> utenfor driftstid. Materialbelastningen krever ca 3,6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

A bygget har gjennomsnittlig luftmengden på 10,5/3,6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid/utenfor driftstid, og B bygget har omtrent 10 % større luftmengder enn A.

### **Tiltak for å redusere behovet**

- -Behovsstyring av luftmengdene etter tilstedeværelse og CO<sub>2</sub> (særlig for auditorium, undervisningsrom)
- -Vurdere kravene og behov for tunge ventilasjonsløsninger i spesielle rom (operasjon, radiologi)
- -Behovsstyring etter målinger for disse spesielle rom
- -Korte kanaler med større tverrsnitt areal, distribuerte anlegg
- -Tette kanaler og aggregater
- Bruk av Fortrengningsventilasjon hvor mulig
- -Vifter med økt aerodynamisk effektivitet ("Enøk rotor") gir ekstra 5 % i virkningsgrad
- -Viftemotorer med høyest EC virkningsgrad
- -Luftfiltre med lavest trykktap
- -God innregulering av systemet
- -Frekvenstyrte viftemotorer for optimal trykkontroll
- -Hybrid ventilasjon for felles områder (tverrgående), andre områder på 2 etg.

### **Behov for romkjøling (6a.) eller ventilasjonskjøling (6b.)**

I konseptbygget her ble det valgt å kjøre simuleringer med enten ventilasjonskjøling eller romkjøling. Denne kjøleenergi er kalt komfortkjøling og skal kjøle ned personer og ikke utstyr (prosesskjøling).

#### ***1. Ventilasjonskjøling (B-bygget)***

Med kun ventilasjonskjøling (energipost 6b) er kjølebehovet for Kirkenes ca 100 000 kWh, som utgjør 3 % av byggets energibehov. Dimensjonerende kjøleeffekt på ca 630 kW for bygg A og 640 kW for Bygg B.

Det samme A bygget plassert i Oslo har behov for 440 000 kWh årlig komfortkjøling som utgjør 12 % av byggets energibehov. Simuleringen av A-bygget viser behov for ekstra installert kjølekapasitet

i del 2\_T og 2\_M, de varmeste delene av bygget. Årsaken til overtemperaturer er forenklet simulering av behovsstyring av ventilasjonsanlegget.

## 2. Romkjøling (A-bygget)

Kjølebehovet for kun romkjøling (energipost 6a) istedenfor ventilasjonskjøling gir lavere maks effektbehov ca 300 kW for A-bygget, men mye lavere energibehov: kun 5 000 kWh, og behovet oppstår kun i juli måned.

En forutsetning her er at ventilasjonsanlegget kan stilles om til lavere tilluftstemperatur (16°C istedenfor 18°C) gjennom sommermånedene. Resultatene viser at romkjøling er mer energieffektiv og lettere å regulere enn ventilasjonskjøling i Kirkenes klima. Effektkostnadene blir høyere enn kjølebatterier i ventilasjonsaggregater.

### Tiltak for å redusere behovet

- Høy temperatur settpunkt for komfortkjøling
- Bevegelig solskjerming (for å redusere effektbehov)
- Bruk lokal romkjøling istedenfor ventilasjonskjøling.
- Bruk av spesielt klimarom for UPS, IT servere, og andre punktkilder, så komfortkjøling er ikke belastet og reguleres bedre
- Høyest tillatt settpunkt i klimarom for både temperatur og fuktighet

## Systemer. Luftbehandling

Skisseprosjekt 2010:

Sykehuset er planlagt med 27 hovedsystemer med total luftmengde 240 000 m<sup>3</sup>/h ved 100% samtidighet.

Vedleggstabell 12 Systemer og kapasitet for luftbehandling nye Kirkenes sykehus

|  | Rom                                                       | Areal<br>m <sup>2</sup> | Spesifikk<br>luft<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> | Dim.<br>luft<br>m <sup>3</sup> /h | Behovstyr<br>. samtidig<br>dagtid<br>% | Samtidig<br>luftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Samtidi<br>g dagtid<br>m <sup>3</sup> /h<br>m <sup>2</sup> |
|--|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|  | U.etg.                                                    | 4 830                   |                                                       |                                   |                                        |                                             |                                                            |
|  | Aggregat 36.01                                            |                         |                                                       | 12 000                            |                                        | 9 600                                       |                                                            |
|  | EL-rom, tverrgående<br>trafikk, Kulvert,<br>energisentral | 2 000                   | 6                                                     | 12 000                            | 80 %                                   | 9 600                                       | 4,8                                                        |
|  | Aggregat 36.02                                            |                         |                                                       | 9 700                             |                                        | 7 435                                       |                                                            |
|  | V. mottak/lager/avfall                                    | 650                     | 10                                                    | 6 500                             | 75 %                                   | 4 875                                       | 7,5                                                        |
|  | Drift, vedlikehold,<br>transport                          | 320                     | 10                                                    | 3 200                             | 80 %                                   | 2 560                                       | 8,0                                                        |
|  | Aggregat 36.03                                            |                         |                                                       | 10 150                            |                                        | 6 773                                       |                                                            |
|  | Personal garderobes                                       | 560                     | 10                                                    | 5 600                             | 60 %                                   | 3 360                                       | 6,0                                                        |
|  | Renhold/Tøy- og<br>sengevask                              | 350                     | 13                                                    | 4 550                             | 75 %                                   | 3 413                                       | 9,8                                                        |
|  | Aggregat 36.04                                            |                         |                                                       | 6 000                             |                                        | 6 000                                       |                                                            |
|  | Undervisning                                              | 300                     | 20                                                    | 6 000                             | 100 %                                  | 6 000                                       | 20,0                                                       |
|  | Aggregat 36.05                                            |                         |                                                       | 5 850                             |                                        | 4 680                                       |                                                            |
|  | Rehabilitering, fysio,<br>ergo                            | 450                     | 13                                                    | 5 850                             | 80 %                                   | 4 680                                       | 10,4                                                       |
|  | Aggregat 36.06                                            |                         |                                                       | 4 000                             |                                        | 4 000                                       |                                                            |
|  | Basseng                                                   | 200                     | 20                                                    | 4 000                             | 100 %                                  | 4 000                                       | 20,0                                                       |
|  | 1.etg.                                                    | 7 755                   |                                                       |                                   |                                        |                                             |                                                            |

|                                   |       |    |        |       |        |      |
|-----------------------------------|-------|----|--------|-------|--------|------|
| Aggregat 36.07                    |       |    | 13 680 |       | 10 944 |      |
| Radiologi                         | 760   | 18 | 13 680 | 80 %  | 10 944 | 14,4 |
| Aggregat 36.08                    |       |    | 5 380  |       | 4 210  |      |
| MTU og hjelpemidler               | 360   | 13 | 4 680  | 75 %  | 3 510  | 9,8  |
| Kapell                            | 70    | 10 | 700    | 100 % | 700    | 10,0 |
| Aggregat 36.09                    |       |    | 2 550  |       | 2 550  |      |
| Sterilsentral. Støtte Operasjon   | 170   | 15 | 2 550  | 100 % | 2 550  | 15,0 |
| Aggregat 36.10                    |       |    | 14 300 |       | 10 725 |      |
| Amb tjeneste/ Akuttmottak/FAM     | 1 100 | 13 | 14 300 | 75 %  | 10 725 | 9,8  |
| Aggregat 36.011                   |       |    | 8 280  |       | 6 624  |      |
| Lab/ blodbank                     | 460   | 18 | 8 280  | 80 %  | 6 624  | 14,4 |
| Aggregat 36.12                    |       |    | 13 280 |       | 10 624 |      |
| Poliklinikk I                     | 830   | 16 | 13 280 | 80 %  | 10 624 | 12,8 |
| Aggregat 36.13                    |       |    | 13 280 |       | 10 624 |      |
| Poliklinikk II / Klinisk spes lab | 830   | 16 | 13 280 | 80 %  | 10 624 | 12,8 |
| Aggregat 36.14                    |       |    | 10 400 |       | 8 320  |      |
| Dagområde, overnatting            | 650   | 16 | 10 400 | 80 %  | 8 320  | 12,8 |
| Aggregat 36.15                    |       |    | 8 930  |       | 7 755  |      |
| Tverrgående trafikkareal          | 470   | 6  | 2 820  | 80 %  | 2 256  | 4,8  |
| Vestibyle/Kant./Resep             | 470   | 13 | 6 110  | 90 %  | 5 499  | 11,7 |
| Aggregat 36.16                    |       |    | 6 440  |       | 5 796  |      |
| Operasjon, + støttefunksjoner     | 230   | 28 | 6 440  | 90 %  | 5 796  | 8,4  |
| Aggregat 36.17                    |       |    | 6 440  |       | 5 796  |      |
| Operasjon, + støttefunksjoner     | 230   | 28 | 6 440  | 90 %  | 5 796  | 8,4  |
| Aggregat 36.18                    |       |    | 6 440  |       | 5 796  |      |
| Operasjon, + støttefunksjoner     | 230   | 28 | 6 440  | 90 %  | 5 796  | 8,4  |
| Aggregat 36.19                    |       |    | 12 150 |       | 9 540  |      |
| Føde                              | 200   | 18 | 3 600  | 75 %  | 2 700  | 13,5 |
| Tung overvåk                      | 350   | 18 | 6 300  | 80 %  | 5 040  | 14,4 |
| Oppvåkn                           | 125   | 18 | 2 250  | 80 %  | 1 800  | 14,4 |
| Aggregat 36.20                    |       |    | 4 400  |       | 3 960  |      |
| Kjøkken                           | 220   | 20 | 4 400  | 90 %  | 3 960  | 18,0 |
| 2.etg.                            | 5 120 |    |        |       |        |      |
| Aggregat 36.21                    |       |    | 9 100  |       | 6 825  |      |
| Sengetun C,D,E                    | 700   | 13 | 9 100  | 75 %  | 6 825  | 9,8  |
| Aggregat 36.22                    |       |    | 9 100  |       | 6 825  |      |
| Sengetun F,D,G                    | 700   | 13 | 9 100  | 75 %  | 6 825  | 9,8  |
| Aggregat 36.23                    |       |    | 12 510 |       | 7 506  |      |
| Legekont. Admin., Overnatting     | 925   | 12 | 11 100 | 60 %  | 6 660  | 7,2  |
| Tverrgående Trafikk               | 235   | 6  | 1 410  | 60 %  | 846    | 3,6  |
| Aggregat 36.24                    |       |    | 9 100  |       | 6 825  |      |

|  |                                      |        |      |         |       |         |      |
|--|--------------------------------------|--------|------|---------|-------|---------|------|
|  | Sengetun C,D,E                       | 700    | 13   | 9 100   | 75 %  | 6 825   | 9,8  |
|  | Aggregat 36.25                       |        |      | 9 100   |       | 6 825   |      |
|  | Sengetun F,D,G                       | 700    | 13   | 9 100   | 75 %  | 6 825   | 9,8  |
|  | Aggregat 36.26                       |        |      | 12 510  |       | 7 506   |      |
|  | Legekontorer,<br>Admin., Overnatting | 925    | 12   | 11 100  | 60 %  | 6 660   | 7,2  |
|  | Tverrgående Trafikk                  | 235    | 6    | 1 410   | 60 %  | 846     | 3,6  |
|  | 3.etg.                               | 780    |      |         |       |         |      |
|  | Aggregat 36.27                       |        |      | 2 340   |       | 2 340   |      |
|  | Teknisk rom VVS                      | 780    | 3    | 2 340   | 100 % | 2 340   | 3,0  |
|  |                                      |        |      |         |       |         |      |
|  | TOTAL SUM                            | 18 485 | 12,8 | 237 410 | 79 %  | 186 404 | 10,1 |

### Varmegjenvinning

Det planlegges med både roterende varmegjenvinnere og batterigjenvinnere. Valget blir vurdert på samme måte som for Stokmarknes sykehus.

### Drift/Behovstyring

Det legges opp til at alle rom foruten sengerom, og rom som har krav til luftvekslinger eller undertrykk på grunn av prosess, blir behovstyrte på dagtid med hensyn til luftmengde ved hjelp av egnet styring og reguleringsutstyr. For driftsperioder utenom normal arbeidstid og ved nattdrift vil man vurdere hver enkelt avdeling separat i forhold til redusering av luftmengder eller om anleggene kan slås helt av.

Se også tidligere kapittel 4.1

### Dimensjoneringseksempler

Krav til luftmengder for de enkelte romtyper er gitt i tabell i kap. 4.1

Dimensjonerende luftmengder er gitt i tabell i kap. 4.2 luftmengde rom/områder og for de enkelte aggregater.

### NYTT ØSTFOLDSYKEHUS

Forprosjekt 15.11.2010 kan ikke kopieres. PDF Secured.

### Dimensjonering. Luftmengder

Fra overordnet teknisk program, OTP:

Foreslåtte parametre er utgangspunkt for den videre planlegging. Nytt østfoldsykehus Overordnet teknisk program - OTP.

Vedleggstabell 13 Overordnet teknisk program for nytt Østfoldsykehus

| ROMTYPE              | FRISKLUFTMENGDE                         |                                          | KOMMENTAR    |
|----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|                      | Min<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> | Maks<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> |              |
| KONTORFUKSJONER      |                                         |                                          |              |
| Små kontorer         | 12                                      |                                          | Behovstyring |
| Mellomstore kontorer | 12                                      |                                          | Behovstyring |
| Store kontorer       | 10                                      |                                          | Behovstyring |
| Kontorlandskap       | 10                                      |                                          | Behovstyring |
| Kopi/printerrom      |                                         |                                          |              |
| Resepsjon            | 10                                      |                                          | Behovstyring |
| EDB-rom              | 5                                       |                                          | Behovstyring |

| ROMTYPE                       | FRISKLUFTMENGDE                         |                                          | KOMMENTAR    |
|-------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|                               | Min<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> | Maks<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> |              |
| UNDERVISNING                  |                                         |                                          |              |
| Store auditorier >80 plasser  | 40                                      |                                          | Pr. plass    |
| Små auditorier <80 plasser    | 40                                      |                                          | Pr. plass    |
| Seminarom                     | 15                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Lesesal                       | 15                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Grupperom                     | 20                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Bibliotek                     | 10                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Terminalrom                   | 10                                      | 30                                       | Behovstyring |
| FELLESROM                     |                                         |                                          |              |
| Kantine                       | 15                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Kjøkken                       | 30                                      |                                          | Behovstyring |
| Oppvaskrom                    | 30                                      |                                          |              |
| Kjøle/fryserom i senterkjøkk. |                                         |                                          |              |
| Møterom, små                  | 20                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Møterom, store                | 20                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Korridorer                    | 10                                      |                                          | Behovstyring |
| Treningssal                   | 10                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Garderober                    | 15                                      |                                          |              |
| Dusjrom                       |                                         | 100/dusj                                 |              |
| Lager/Arkiv                   | 6                                       |                                          |              |
| Venteområder                  | 10                                      | 12                                       |              |
| WC                            | 100/WC                                  |                                          |              |
| Dusj                          | 100/rom                                 |                                          |              |
| BEHANDLING                    |                                         |                                          |              |
| Sengerom                      | 140/seng                                |                                          | Behovstyring |
| Behandling/Undersøkelse       | 18                                      |                                          | Behovstyring |
| Ultralydrom                   | 20                                      | 25                                       | Behovstyring |
| Arbeidsstasjon                | 20                                      |                                          | Behovstyring |
| Kjøkken, spis, opphold        | 25                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Prøvetaking                   | 10                                      | 15                                       | Behovstyring |
| Rengjøringsrom                | 18                                      |                                          | Behovstyring |
| Ekspedisjon                   | 13                                      |                                          | Behovstyring |
| Skyllerom                     | 25                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Sengerom, isolering           | 140/seng                                |                                          | Behovstyring |
| Autoklaverom                  | 25                                      |                                          | Behovstyring |
| Brannskaderom                 | 140/seng                                |                                          | foreløpig.   |
| Forberedelse                  | 20                                      |                                          | Behovstyring |
| Operasjon                     | 45                                      |                                          | Behovstyring |
| Desinf.rom/steril.satellitt   | 25                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Oppvaskrom i sengområde       | 30                                      |                                          | Behovstyring |
| LABORATORIER                  |                                         |                                          |              |
| Farmasirom                    | 25                                      | 30                                       | Behovstyring |
| Diagnostikk, Billedbehandling | 15                                      | 20                                       | Behovstyring |
| Sjalterom                     | 13                                      | 18                                       | Behovstyring |
| Laboratorier                  | 20                                      | 25                                       | Behovstyring |
| Lab. døgnt.kont.bemannings    | 20                                      | 25                                       | Behovstyring |



| ROMTYPE   | FRISKLUFTMENGDE                         |                                          | KOMMENTAR    |
|-----------|-----------------------------------------|------------------------------------------|--------------|
|           | Min<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> | Maks<br>m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> |              |
| Obduksjon | 45                                      | 90                                       | Behovstyring |
| Dyrerom   | 40                                      | 45                                       | Behovstyring |

### Luft

Luftbehandlingsanlegg må utformes for stabil drift og ikke benyttes til oppvarming. Inndeling av og størrelse på systemer må sees i sammenheng med driftssikkerhet og vedlikeholdsvennlighet. For energiriktig drift må systemene behovsstyres og følgende ivaretas.

- Trykkforhold mellom rene og urene rom/områder
- Systemenes oppdeling og luftmengder
- Systemenes SFP-faktor
- God gjenvinning
- Moderate lufthastigheter for å redusere støy og ivareta behovsendringer
- Min 10–15 % kapasitetsreserve på aggregater
- Separate frekvensomformere på motordrift.

Det legges vekt på at luftinntakene skal planlegges og utføres slik at snø og regn hindres i å trenge inn i kanalnett/luftbehandlingsaggregater. Krav til filtrering av tilluft er høy. Laboratorier hvor det foregår arbeid med biologiske faktorer, luftsmitteisolater og lignende har også krav til filtrering (HEPA-filtrering).

Spesielle avtrekk eller punktavsug skal etableres i de områder hvor det er nødvendig å hindre spredning av gasser, allergener etc. Spesialrom utstyres med aggregater tilpasset drift (spesialventilasjon). For spesielle avtrekk og spesialventilasjon skal det gjennomføres ROS-analyser.

Kontorutstyr som printere, telefakser, kopimaskiner o.l., avgir støy og fremkaller ozon. Disse skal plasseres i separate rom og ventileres iht. forskriftskrav.

### Systemer. Luftbehandling

#### Varmegjenvinning

Varmegjenvinning er nevnt i Forprosjekt og i egen utredning.

Flere typer er aktuelle i forskjellige områder, også roterende gjenvinnere.

#### Drift/Behovsstyring

Behovsstyring er nevnt i OTP og i Forprosjekt.

Ulike former for behovsstyring er aktuelle, primært på aggregatnivå.

### ST. OLAVS HOSPITAL

#### Dimensjonering. Luftmengder

Vedleggstabell 14 Conference Rotterdam June 6-9 2010:

| Romtype   | Luftveksling<br>Uteluftmengde<br>1/h | Luftveksling<br>Totalluftmengde<br>1/h | Anm.                                    |
|-----------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Operasjon | 20                                   | 20                                     | LAF.<br>24 t drift 65% gjenvinning      |
| Intensiv  | 7                                    | 7                                      | Turbulent<br>24 t drift 75% gjenvinning |
| Isolat    | 12                                   | 12                                     | Turbulent<br>24 t drift 5% gjenvinning  |
| Sengerom  | 2,3                                  | 2,3                                    | Turbulent                               |

| Romtype                | Luftveksling<br>Uteluftmengde<br>1/h | Luftveksling<br>Totalluftmengde<br>1/h | Anm.                                    |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                        |                                      |                                        | 24 t drift 75% gjenvinning              |
| <b>Behandlingsrom</b>  | 6                                    | 6                                      | Turbulent<br>24 t drift 75% gjenvinning |
| <b>Akuttbehandling</b> | 12                                   | 12                                     | Turbulent<br>24 t drift 75% gjenvinning |
| <b>Røntgen</b>         | 6                                    | 6                                      | Turbulent<br>24 t drift 75% gjenvinning |
| <b>Laboratorium</b>    | 16                                   | 16                                     | Turbulent<br>24 t drift 65%gjenvinning  |

### Systemer. Luftbehandling

Teknisk program 08.06.04:

Teknisk Generalplan behandler ikke luftbehandlingsanlegg. Prinsipper for oppdeling av aggregater og plassering er drøftet i Generelt Senter Teknikk.

### Varmegjenvinning

Teknisk program 08.06.04:

Gjenvinningsbatteriende skal være av væsketype for pumpedrift frostvæske/vannblanding.

Virkningsgrad min 65 %. Maks. trykkfall på vannsiden 60 kPa.

Varmeoverførende medium: maks. 25 % etylenglycol.

Batteri i avkastkanal skal ha drypprenne rustfritt stål og vannlås med tilbakeslagsventil.

I ikke-sykehusrelatert areal, hvor luftoverføring har mindre konsekvens, eksempelvis auditorier, vranglehaller foajeer etc. vurderes bruk av roterende gjenvinner som har høyere virkningsgrad.

### Drift/Behovstyring

Reduksjon til 50 - 20% utenom driftstid er nevnt i forb. med energiberegninger 29.05.2008.

### NYE AHUS

Undersøkelsen begrenses foreløpig til blokk S3 og S4 pga. manglende underlag. Vi mangler kobling mellom romnummer på tegninger og teknisk romnummer i innreguleringsprotokoller og på div regneark.

### Dimensjonering. Luftmengder

Bilag B3 Kravspesifikasjon. Luftbehandlingsanlegg.

#### B3.3.2 Friskluftmengde

Friskluftmengde til de enkelte rom skal dimensjoneres ut fra forventet forurensningsbelastning. Dette skal vurderes på følgende måte:

- A: personbelastning
- B: materialbelastning
- C: forurensning fra aktiviteter og prosesser

For A benyttes: 7 l/s pr.person

For B benyttes: 2 l/s pr.m<sup>2</sup> golv

Dersom bidraget fra C overstiger A+B, legges C til grunn.

Det skal generelt benyttes informasjon som er lagt inn i dRofus.

**Vedleggstabell 15 Dimensjonering luftmengder Ahus**

| Romtype            | Areal netto<br>m <sup>2</sup> | Prosj. Luftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Spes.<br>Luftmengde<br>m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> | Anm.              |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Operasjon</b>   |                               |                                        |                                                        |                   |
|                    |                               |                                        |                                                        |                   |
| <b>Fødeavd.</b>    |                               |                                        |                                                        |                   |
|                    |                               |                                        |                                                        |                   |
| <b>Sengepost</b>   |                               |                                        |                                                        |                   |
| 1 sengsrom S3      | 17                            | 180                                    | 10                                                     | Ca 4/h v. h=2,7 m |
| 2 sengsrom S402    | 25                            | 180                                    | 7                                                      | Ca 3/h v. h=2,7 m |
| Kontaktsmitte S402 | 17                            | 180                                    | 10                                                     | Ca 4/h v. h=2,7 m |
| Sluse, do.         | 5                             | 75                                     | 15                                                     | Ca 6/h v. h=2,7 m |
| Luftsmitte S402    |                               |                                        |                                                        |                   |
| Sluse do.          |                               |                                        |                                                        |                   |
| Undersøkelse S302  | 16,8                          | 260                                    | 15                                                     | Ca 6/h v. h=2,7 m |
| Undersøkelse S302  | 16,9                          | 300                                    | 18                                                     | Ca 6/h v. h=2,7 m |
| Desinfeksjon S3    | 12                            | 280                                    | 24                                                     | Ca 9/h v. h=2,7 m |
|                    |                               |                                        |                                                        |                   |
| <b>Dialyse</b>     |                               |                                        |                                                        |                   |
|                    |                               |                                        |                                                        |                   |
| <b>Radiologi</b>   |                               |                                        |                                                        |                   |
|                    |                               |                                        |                                                        |                   |
| <b>Lab.</b>        |                               |                                        |                                                        |                   |

**Systemer. Luftbehandling**

Bilag B3 Kravspesifikasjon. Luftbehandlingsanlegg.

**B3.3.4.3 Spesielle områder**

For spesielle rom som operasjon og enkelte type laboratoriumrom benyttes det andre ventilasjonsprinsipper. For operasjonsrom med 10cfu-krav benyttes LAF-prinsippet.

**B3.3.4.4 Tilleggskjøling i rom med stor varmebelastning**

Flere rom vil pga stor varmebelastning ikke klare holde temperaturkravet utelukkende ved ventilasjonsluft. Disse skal suppleres med nødvendig lokal kjøling. Tilleggskjøling skal primært løses ved kjølekonvektorer. Hvis kjølekonvektorer ikke gir tilstrekkelig effekt skal det benyttes fancoils.

**Varmegjenvinning**

Underlag mangler.

**Drift/Behovstyring**

Bilag B3 Kravspesifikasjon. Luftbehandlingsanlegg.

### B3.3.2.1 Vinterdrift

Alle systemer av typene G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, H1, H2 skal dimensjoneres for full luftmengde ved dimensjonerende utetilstand vinter –22 °C. Ved utetemperatur lavere enn dette, aksepteres det at luftmengden for disse systemene reduseres til ca. 85% av full mengde, eller ved maks.grense for batteriets ytelse ved dimensjonerende tilstand. Det vil blant disse systemene unntaksvis kunne være systemer som pga spesielle funksjoner likevel må opprettholde 100% luftmengde.

Alle øvrige systemtyper skal dimensjoneres for 100% friskluftsluftmengde ved –30 °C.

Det skal dimensjoneres ut fra en fraluftstemperatur på 22°C for samtlige systemer, med unntak for type Q1-Q5 og L4. Q1-Q5 kan ha fraluftstemperatur fra 18 – 26°C mens L4 kan ha fraluftstemperatur fra 18 – 24°C.

**Vedleggstabell 16 Driftstider ventilasjon, 2010, Utdrag**

| Bygg:         | H0 Nordbyhagen, B1       |                                                |           |          |        |
|---------------|--------------------------|------------------------------------------------|-----------|----------|--------|
| Betegnelse    | Areal                    | Tidsstyring                                    |           |          |        |
|               |                          | Hel hast.                                      | Red hast. | Redusert | Dager  |
| +B100=360.011 | Garderobe                | 06                                             | 17        | 30       | ma-fr  |
| +B100=360.012 | Apotek dosedisp          | Kontinuerlig drift                             |           |          |        |
| +B100=360.013 | Apotekutsalg             | 06                                             | 18        | 30       | ma-fr  |
| +B100=360.021 | Apotek sterilprod.       | Kontinuerlig drift                             |           |          |        |
| +B100=360.022 | Apotek sterilprod.       | Kontinuerlig drift                             |           |          |        |
| +B100=360.031 | OP-stue 1 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.032 | OP-stue 2 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.033 | OP-stue 3 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.034 | OP-stue 4 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.035 | OP-stue 5 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.036 | OP-stue 8 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.037 | OP-stue 7 DKS            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.111 | Dagkirurgi               | 06                                             | 18        | 30       | ma-fre |
| +B100=360.112 | Dagkirurgi               | 06                                             | 18        | 30       | ma-fre |
| +B100=360.211 | Hema                     | 06                                             | 18        | 30       | ma-fre |
| +B100=360.212 | Gastro                   | 06                                             | 18        | 30       | ma-fre |
| +B100=360.321 | Lab UiO                  | Kontinuerlig drift (pga. HotLab og Templatrom) |           |          |        |
| +B100=360.322 | Lab UiO                  | Kontinuerlig drift (pga. Templatrom)           |           |          |        |
| +B100=360.421 | Lab Patologen            | 06                                             | 19        | 50       | ma-fre |
| +B100=360.422 | Lab Patologen            | 06                                             | 19        | 50       | ma-fre |
| +B100=360.511 | Lunge                    | 06                                             | 18        | 30       | ma-fre |
| +B100=360.512 | Sentral operasjon        | 06                                             | 18        | 50       | ma-fre |
| +B100=360.611 | Avtrekk GG               | Styrt av +200=360.012                          |           |          |        |
| +B100=360.612 | Teknisk rom              | Ikke drift                                     |           |          |        |
| +B100=360.621 | Patologisk obduksjonssal | 06                                             | 17        | 50       | ma-fre |
| +B100=360.631 | OP-stue 1 SOP            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.632 | OP-stue 2 SOP            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.633 | OP-stue 3 SOP            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
| +B100=360.634 | OP-stue 4 SOP            | Styrt fra OP-panel                             |           |          |        |
|               |                          | Hel hast.                                      | Red hast. | Redusert | Dager  |
| +S300=360.011 | Transportkorridor        | 06                                             | 17        | 30       | ma-fr  |
| +S300=360.012 | Glassgate                | 07                                             | 20        | 30       | ma-fr  |
| +S300=360.013 | Kulvert U2               | 08                                             | 13        | 0        | ma-fr  |

| Bygg:         | H0 Nordbyhagen, B1     |                    |           |          |          |
|---------------|------------------------|--------------------|-----------|----------|----------|
| Betegnelse    | Areal                  | Tidsstyring        |           |          |          |
|               |                        | Hel hast.          | Red hast. | Redusert | Dager    |
| +S300=360.015 | Kafeteria              | 07                 | 20        | 30       | ma-fr    |
| +S300=360.016 | Garderober             | 06                 | 17        | 30       | ma-fr    |
| +S300=360.111 | Poliklinikk            | 06                 | 18        | 30       | ma-fr    |
| +S300=360.211 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S300=360.311 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S300=360.411 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S300=360.511 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
|               |                        |                    |           |          |          |
| +S400=360.011 | Garderober             | 06                 | 17        | 30       | ma-fr    |
| +S400=360.111 | Polilinnk + dialyse    | 06                 | 20        | 30       | ma-fr    |
| +S400=360.211 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S400=360.311 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S400=360.411 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S400=360.511 | Sengeområde            | 07                 | 17        | 75       | hele uka |
| +S400=360.611 | Infeksjon 2.etg.       | Kontinuerlig drift |           |          |          |
| +S400=360.651 | Luftsm.isolat S404S082 | Ikke tidsstyring   |           |          |          |
| +S400=360.652 | Luftsm.isolat S402S081 | Ikke tidsstyring   |           |          |          |
| +S400=360.653 | Luftsm.isolat S402S082 | Ikke tidsstyring   |           |          |          |

## D.7 Sammenligning mellom standarder og praksis for pasientrom og operasjonsrom

### Pasientrom

1 sengs rom ca 15 m<sup>2</sup>, takhøyde 2,5 m, volum 37,5 m<sup>3</sup>, 2 personer

**Vedleggstabell 17 Sammenligning mellom standardene og praksis norske sykehus, sengerom**

| Standard     | Beregning                                      | Uteluftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Totalluftmengde<br>m <sup>3</sup> /h |
|--------------|------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| CEN          | 36 m <sup>3</sup> /h p x 2                     | 72                                 | -                                    |
| DIN          | 40 m <sup>3</sup> /h p x 2                     | 80                                 | -                                    |
| HTM          | 36 m <sup>3</sup> /h p x 2 eller 6 l/h x 37,5  | 72                                 | 225                                  |
| ASHRAE       | 2 l/h x<br>37,5 og 6<br>(4) l/h x<br>37,5      | 75                                 | 225 (150)                            |
| PBL          | 26 m <sup>3</sup> /h p x 2 + 2,5 x 15          | 52 + 37,5 = 90                     | -                                    |
| AT 444       | 36 m <sup>3</sup> /h p x 2 + 7,2 x 15 ++       | 72 + 108 = 180 ++                  | -                                    |
| NS3031       | 16 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> x 15       | 240                                | -                                    |
| Stokmarknes  | 12/m <sup>2</sup> x 15                         | 180                                | 180                                  |
| Nye Kirkenes | 140/seng x 1 seng                              | 140                                | 140                                  |
| Nytt Østfold | 140/seng x 1 seng                              | 140                                | 140                                  |
| St. Olav     | 2,3/h x 15 m <sup>2</sup> x 2,5 m              | 86                                 | 86                                   |
| Nye AHUS     | 180m <sup>3</sup> /h = 10/m <sup>2</sup> = 3/h | 180                                | 180                                  |

### Operasjonsrom

Ortopedisk operasjonsrom 40 m<sup>2</sup>, takhøyde 4 m, volum 160 m<sup>3</sup>, 6 personer

**Vedleggstabell 18 Sammenligning mellom standardene og praksis norske sykehus, operasjonsrom**

| Standard     | Beregning                                                     | Uteluftmengde<br>m <sup>3</sup> /h | Totalluftmengde<br>m <sup>3</sup> /h |
|--------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| CEN          | LAF 0,3 m/s x 3 x 3 m                                         | 1200                               | 9720 LAF                             |
| DIN          | som CEN                                                       | do.                                | do.                                  |
| HTM          | 25 l/h x 160                                                  | 4000                               | 4000                                 |
| ASHRAE       | 4 l/h x<br>160 og<br>20 l/h<br>x 160.                         | 640                                | 3200                                 |
| PBL          | 26 m <sup>3</sup> /h p x 6 + 2,5 x 40                         | 156 + 100 = 256                    | -                                    |
| AT 444       | 36 m <sup>3</sup> /h p x 6 + 7,2 x 40 ++                      | 216 + 288 = 504 ++                 | -                                    |
| NS3031       | 16 m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> x 40                      | 640                                | -                                    |
| Stokmarknes  | 40 m <sup>2</sup> x 75 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> (25/h) |                                    | 3000                                 |
| Nye Kirkenes | 45m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> x 40=1800                   |                                    |                                      |
| Nytt Østfold | 45m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> x 40=1800                   |                                    |                                      |
| St. Olav     | 20/h x 160                                                    |                                    | 3200                                 |
| Nye AHUS     |                                                               |                                    |                                      |

## E. Vedlegg: INSTALLERT EFFEKT PER UTSTYRSKATEGORI

### *Kategorier under delfunksjon (i dRofus romdatabase)*

| Row Labels                                   | Varmeavgivelse | Elektrisitet |
|----------------------------------------------|----------------|--------------|
| Administrasjon                               | 4              | 15           |
| Opplæring                                    | 0              | 2,5          |
| Sentral administrasjon                       | 4              | 12,5         |
| Akuttmedisinsk mottak                        | 8,5            | 72,7         |
| Akuttmottak                                  | 5,9            | 39,5         |
| Observasjonspost                             | 2,6            | 33,2         |
| Anestesi                                     | 26,8           | 170,8        |
| Intensiv felles                              | 1              | 5,1          |
| Intensivavsnitt 1                            | 9,6            | 51,6         |
| Intensivavsnitt 2                            | 4              | 38,7         |
| Postoperativt avsnitt inneliggende pasienter | 3,9            | 31,9         |
| Pre- og postoperativt avsnitt dagkirurgi     | 3,8            | 24,6         |
| Smerteavsnitt                                | 4,5            | 18,9         |
| Barn                                         | 72,3           | 346,1        |
| Barnehabilitering                            | 5              | 21           |
| Barnemottak og observasjonsenhet             | 3,3            | 26,5         |
| Ledelse                                      | 2              | 5            |
| Nyfødt felles                                | 7,4            | 51,1         |
| Nyfødt intensiv enhet                        | 10,2           | 7            |
| Nyfødt vokseområde                           | 0,7            | 10,8         |
| Poliklinikk                                  | 4,5            | 24,7         |
| Sengeområde 3                                | 17,6           | 110          |
| Sengeområde 4                                | 17,6           | 83           |
| Sengeområder felles                          | 4              | 7            |
| Billeddiagnostikk                            | 664,1          | 1371,3       |
| Fellesfunksjoner                             | 6,4            | 7            |
| Nukleærmedisin                               | 6              | 72,2         |
| Radiologi                                    | 651,7          | 1292,1       |
| Drift                                        | 199            | 1247,1       |
| Avfall                                       | 2              | 5            |
| Dokumentsenter                               | 5              | 8,5          |
| Hovedkjøkken                                 | 80             | 645,7        |
| Interimsløsning, kjøkken                     | 0              | 183,3        |
| IT-service                                   | 2              | 5            |
| Kantiner                                     | 90             | 235,2        |
| Ledelse                                      | 4              | 7            |
| Medisinskteknisk service                     | 2              | 7            |
| Portørtjeneste                               | 4              | 7            |
| Renhold                                      | 2              | 67,4         |
| Resepsjon etc                                | 4              | 10           |
| Sengesentral                                 | 0              | 29           |
| Teknisk seksjon                              | 4              | 37           |
| Forskningssenter                             | 0              | 3            |
| Forskning                                    | 0              | 3            |
| Fysioterapi                                  | 5              | 7            |
| Ledelse                                      | 3              | 5            |
| Sentralisert                                 | 2              | 2            |



|                                                    |       |       |
|----------------------------------------------------|-------|-------|
| Gastro                                             | 21    | 98,2  |
| Gastrolaboratorium                                 | 16    | 75,8  |
| Kirurgisk poliklinikk                              | 5     | 22,4  |
| Gynekologi og føde                                 | 56,9  | 211,9 |
| Barselområde 1                                     | 21,5  | 75,1  |
| Fødeområde                                         | 13,8  | 27,9  |
| Gynekologiområde                                   | 2     | 23,6  |
| Observasjonsområde                                 | 2,6   | 34,1  |
| Poliklinikk                                        | 17    | 51,2  |
| Kirurgi                                            | 87,8  | 338,3 |
| Poliklinikker                                      | 7,8   | 36,5  |
| Sengeområde 1, Gastro                              | 20    | 74,1  |
| Sengeområde 2, Kar/Thorax                          | 20    | 79,5  |
| Sengeområde 3, Gastro                              | 20    | 74,1  |
| Sengeområde 4, Generell                            | 20    | 74,1  |
| Kommunikasjonsareal                                | 0     | 58,2  |
| Horisontal hovedkomm., øvrige korridorer           | 0     | 58,2  |
| Kompetanse og opplæring                            | 1,5   | 1,5   |
| Studentenhet                                       | 1,5   | 1,5   |
| Kontorer                                           | 40    | 100   |
| Kontormiljø                                        | 40    | 100   |
| Laboratorier                                       | 124,3 | 467,6 |
| EPI-GEN / smittevern                               | 1     | 12    |
| Område 01                                          | 12    | 24    |
| Område 02                                          | 44    | 60,9  |
| Område 03                                          | 33    | 245,6 |
| Område 04                                          | 11,5  | 10,9  |
| Område 05                                          | 0     | 28    |
| Universitet, utvikling                             | 22,8  | 86,2  |
| Legevakt                                           | 11,1  | 116,8 |
| Legevakt                                           | 11,1  | 116,8 |
| Medisin                                            | 143,4 | 715,2 |
| Dialyseenhet                                       | 24    | 51,9  |
| Hjerteovervåking                                   | 33,9  | 91,7  |
| Indremed., nevrologi, ØNH sengeområde              | 0     | 25    |
| Kard.lab., kard.polikl. og gen. medisinsk polikl.  | 11,7  | 26,1  |
| Kardiologi                                         | 0     | 28    |
| Ledelse                                            | 2     | 5     |
| Lunge + Hema/onko. Poliklinikk                     | 4     | 38,9  |
| Medisinsk overvåking ekskl. kardiologi             | 3,2   | 22,8  |
| Nyremedisin, endokrinologi, infeksjonsmedisin, ger | 4     | 17,9  |
| Sengeområde gastro                                 | 0     | 25    |
| Sengeområde infeksjonsmed.                         | 20,6  | 173,3 |
| Sengeområde kardiologi                             | 20    | 74,1  |
| Sengeområde lunge A                                | 20    | 82,5  |
| Sengeområde lunge B                                | 0     | 25    |
| Sengeområde nefrologi                              | 0     | 28    |
| Nevrologi                                          | 4,6   | 45,7  |
| Poliklinikker                                      | 3     | 16,7  |
| Slagenheten                                        | 1,6   | 29    |
| Operasjon                                          | 100,4 | 224,1 |

|                                      |               |               |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
| Dagkirurgi                           | 25            | 49,3          |
| Kirurgi, Gyn og føde                 | 50,4          | 92,5          |
| Ortopedi                             | 25            | 82,3          |
| Ortopedi                             | 4,5           | 53            |
| Poliklinikk                          | 4,5           | 28            |
| Sengeområde 1                        | 0             | 25            |
| Pasienthotell                        | 23,7          | 85            |
| Boenhet                              | 23,7          | 85            |
| Pasientservice                       | 6             | 32,3          |
| Helseopplysning                      | 4             | 25            |
| Sosionomtjeneste                     | 2             | 5             |
| Vestibyle                            | 0             | 2,3           |
| Personalservice                      | 8             | 14            |
| Fagforeningene                       | 2             | 5             |
| Velferd                              | 6             | 9             |
| Psykiatri                            | 66            | 159,9         |
| Ombygging eksisterende               | 66            | 159,9         |
| Rokade E0                            | 2             | 2             |
| Psykiatri                            | 2             | 2             |
| Rokade S1                            | 3,6           | 10            |
| Midlertidig ØNH                      | 3,6           | 10            |
| Seksjon IR                           | 25,5          | 96,5          |
| Fellesfunksjoner                     | 15            | 49,1          |
| Pasientavdeling A                    | 2             | 7             |
| Pasientavdeling B                    | 2             | 7             |
| Pasientavdeling felles               | 2,5           | 26,4          |
| Pasientavdeling tvang                | 4             | 7             |
| Skole og førskole                    | 2             | 5             |
| Felles                               | 2             | 5             |
| Sterilsentral                        | 20,5          | 155,6         |
| Instrumentbehandling                 | 18,5          | 150,6         |
| Ledelse                              | 2             | 5             |
| Sykehusapotek                        | 4             | 48,5          |
| Sykehusapotek NY                     | 4             | 48,5          |
| Tekniske gulvarealer                 | 2             | 240           |
| Teknisk rom VVS                      | 2             | 240           |
| Universitet                          | 22,3          | 106,2         |
| Institutt for klinisk basalforskning | 2             | 10,4          |
| Satsningsområder                     | 15,3          | 84,3          |
| Studentenhet desentralt              | 3             | 7             |
| Studentenhet sentralt                | 2             | 4,5           |
| Øre, nese, hals                      | 16,8          | 48,4          |
| Høresentral                          | 5,6           | 13,3          |
| Poliklinikk                          | 7,2           | 28,1          |
| Ø.N.H. felles                        | 4             | 7             |
| <b>Grand Total</b>                   | <b>1777,6</b> | <b>6666,9</b> |

**Kategorier under utstyrsguppe (i dRofus)**

| Row Labels                      | Varmeavgivelse | Elektrisitet |
|---------------------------------|----------------|--------------|
| Interimkjøkken og kjøkkenmottak | 0              | 376          |

|                                                        |     |      |
|--------------------------------------------------------|-----|------|
| (blank)                                                | 0   | 376  |
| Anestesi og overvåking                                 | 13  | 30   |
| Pasientovervåking føde/CTG                             | 1   | 0    |
| Pasientovervåking sengeenhet med og uten sentral       | 11  | 28   |
| Pasientovervåking telemetri                            | 1   | 2    |
| avdelingskjøkken og kantine                            | 441 | 1282 |
| Benker, skap, hyller                                   | 14  | 51   |
| Kjøle og frys                                          | 6   | 84   |
| Maskiner                                               | 0   | 8    |
| oppvask                                                | 0   | 357  |
| Varme                                                  | 421 | 749  |
| Vogner, traller                                        | 0   | 33   |
| Behandlings- og undersøkelsesutstyr                    | 103 | 82   |
| Dialyse                                                | 26  | 33   |
| Endoskopisk utstyr                                     | 0   | 28   |
| Laser                                                  | 38  | 3    |
| Neonatalutstyr                                         | 22  | 0    |
| ØNH                                                    | 16  | 18   |
| Billedannende utstyr og radiologi                      | 760 | 1603 |
| Angiografi                                             | 49  | 244  |
| CT                                                     | 142 | 604  |
| Digital radiografi                                     | 15  | 175  |
| Digitalt bildearkiv, PACS                              | 28  | 2    |
| Gjennomlysning                                         | 31  | 70   |
| Mammografi                                             | 6   | 4    |
| Mobil røntgen og gjennomlysning                        | 38  | 62   |
| MR                                                     | 400 | 299  |
| Nukleærmedisin                                         | 2   | 60   |
| Ultralyd                                               | 49  | 83   |
| Fysio- og ergoterapiutstyr                             | 5   | 4    |
| Fysioterapi- og treningsutstyr                         | 5   | 4    |
| Hovedkjøkken                                           | 40  | 394  |
| benke diverse                                          | 0   | 7    |
| diverse maskiner                                       | 0   | 22   |
| oppvask og vognvask                                    | 40  | 200  |
| pakkemaskiner                                          | 0   | 10   |
| produksjonsutstyr                                      | 0   | 154  |
| Kjøkken                                                | 0   | 5    |
| Rengjørende utstyr                                     | 0   | 5    |
| Kjøle- og fryseutstyr, medisinoppbevaring              | 11  | 0    |
| Frysere, -40 gr. C og ultra                            | 11  | 0    |
| Kontor- og AV-utstyr                                   | 3   | 11   |
| AV-utstyr                                              | 0   | 8    |
| Kontormaskiner og utstyr                               | 3   | 4    |
| Laboratorie, analyse og prøvepreparering               | 79  | 77   |
| Analysatorer, hematologi                               | 4   | 5    |
| Analyseinstrumenter                                    | 41  | 49   |
| Farmaseutisk utstyr                                    | 0   | 9    |
| Fotometri                                              | 0   | 3    |
| Mikrobiologi                                           | 5   | 5    |
| Prepareringsutstyr, mikse-, blande-, varme-, pipettere | 2   | 0    |

|                                                |             |             |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|
| Sentrifuger                                    | 21          | 0           |
| Varmeskap, inkubatorer, varmebehandling        | 7           | 7           |
| Luftbehandling                                 | 0           | 45          |
| Sikkerhetskabinetter                           | 0           | 43          |
| Sterilbenker                                   | 0           | 2           |
| Pleieutstyr                                    | 30          | 30          |
| Spesial-/varme-/antidecubitusmadrasser         | 30          | 30          |
| Spesialsystemer                                | 44          | 1972        |
| Autoklav                                       | 42          | 241         |
| Dampgenerator                                  | 2           | 240         |
| Dekontaminator /spyling                        | 0           | 786         |
| Dekontaminator /vasking                        | 0           | 621         |
| Tranportsystem                                 | 0           | 12          |
| Tørketrommel/tøy                               | 0           | 36          |
| Vaskemaskin /tøy                               | 0           | 36          |
| Spesialutstyr                                  | 17          | 30          |
| Dekontaminatorer, instrument- og vaskemaskiner | 0           | 6           |
| Rengjøringsutstyr                              | 8           | 14          |
| Steriliserings-/ autoklaveringsutstyr          | 9           | 10          |
| Tilbehør tekjøkken, personalopphold            | 232         | 676         |
| Fast kjøkkenutstyr                             | 0           | 97          |
| Husholdningshvitvarer                          | 232         | 579         |
| Verkstedutstyr, drift og vedlikehold           | 0           | 52          |
| Renholdsutstyr                                 | 0           | 18          |
| Verkstedutstyr, bygg                           | 0           | 23          |
| Verkstedutstyr, mekanisk                       | 0           | 11          |
| <b>Grand Total</b>                             | <b>1778</b> | <b>6667</b> |