

# Mulighedskatalog

Energibesparelse

Professionshøjskolerne i Danmark

19. maj 2014



## Indholdsfortegnelse

<b>Introduktion</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Forudsætninger for arbejdet</b> .....	<b>5</b>
1.1 Registreringer.....	5
1.2 Målinger.....	5
1.3 Beregninger.....	5
<b>2 Brugeradfærd</b> .....	<b>6</b>
2.1 Uddannelse af energiansvarlige.....	6
2.2 Hvad kunne målene være.....	6
2.3 Hvad kunne handlinger omfatte.....	7
2.4 Holdningsmæssige barrierer.....	7
2.5 Mål og belønning.....	7
2.6 Belysning.....	8
<b>3 Ventilationsanlæg</b> .....	<b>9</b>
3.1 Tommelfingerregler.....	9
3.2 Anlægsgennemgang.....	9
3.3 Driftstider.....	10
3.4 Udskiftning af ventilatorer.....	11
3.5 Udskiftning af filtre.....	12
3.6 Ombygning til VAV.....	12
3.7 Udsugningsanlæg.....	14
3.8 Ventilationsaggregater.....	15
<b>4 Varme- og brugsvandsanlæg</b> .....	<b>16</b>
4.1 Anlægsgennemgang.....	16
4.2 Udskiftning af kedler.....	17
4.3 Varmtvandsbeholder.....	17
4.4 Isolering af varmerør.....	19
4.5 Udskiftning af pumper.....	20
4.6 Varmegenvinding af vand fra brusere.....	21
4.7 Temperatursænkning.....	22
<b>5 Vandbesparende foranstaltninger</b> .....	<b>23</b>
5.1 Toiletter med 2-skylsfunktion.....	24
5.2 Sparebrusere.....	25
5.3 Etablering af perlatorer på vandhaner.....	26
<b>6 Belysningsanlæg</b> .....	<b>27</b>
6.1 Lyskilder.....	27
6.2 Armaturer.....	28
6.3 Styring.....	28
<b>7 VE-anlæg</b> .....	<b>30</b>
7.1 Solcelleanlæg.....	30
7.2 Solvarme.....	31
7.3 Varmepumper.....	32
<b>8 Styring/Automatik</b> .....	<b>33</b>
8.1 Belysningsanlæg.....	33

<b>8.2</b>	Varmeanlæg.....	33
<b>8.3</b>	Ventilationsanlæg.....	34
<b>8.4</b>	Lokalebegrænsninger .....	35
<b>9</b>	<b>Klimaskærm.....</b>	<b>36</b>
<b>9.1</b>	Vinduer .....	37
<b>9.2</b>	Hulmursisolering .....	38
<b>9.3</b>	Loftsisolering .....	39
<b>10</b>	<b>Diverse .....</b>	<b>40</b>
<b>10.1</b>	Apparater/udstyr.....	40
<b>10.2</b>	Standby strøm.....	40
<b>11</b>	<b>Fremtidens byggeri.....</b>	<b>42</b>
<b>11.1</b>	Klimaskærm .....	42
<b>11.2</b>	Ventilationsanlæg.....	42
<b>11.3</b>	Belysningsanlæg.....	43
<b>11.4</b>	Varmeanlæg.....	43
<b>11.5</b>	Brugsvand .....	43
<b>11.6</b>	Vedvarende energi .....	43
	<b>11.6.1</b> Solceller .....	43
	<b>11.6.2</b> Solvarme.....	43
	<b>11.6.3</b> Varmepumper .....	44

## Introduktion

Dette katalog er resultatet af projektet udført i et samarbejde mellem UC og VIA; "Mulighedskatalog for energioptimering af professionsskoler".

Kataloget er opbygget af skemaer, som indeholder energibesparelsesforslag. Forslagene er herefter inddelt i relevante afsnit, fx *Ventilationsanlæg*. Afslutningsvis er opstillet et afsnit omhandlende centrale fokuspunkter og løsninger ved opførelse af nybyggeri bygget efter bygningsklasse 2020, fremtidens lav-energibyggeri.

Resultaterne i kataloget bygger på overordnede betragtninger, beregninger og erfaringstal, og sigter derved efter at favne bredt, og optræde som en generel "guide", som kan benyttes i den indledende fase af energioptimeringen ved flere forskellige bygninger. Dette betyder dog, at resultaterne og anbefalingerne skal betragtes som vejledende, og konkrete beregninger og målinger er derfor nødvendige for at bestemme og uddybe besparelspotentialet på det enkelte uddannelsessted.

Formålet med nærværende katalog bliver derved, at opbygge et grundlag, så man på en nem og overskuelig måde kan danne sig et billede af, hvilke energitiltag der økonomisk og udførelsesmæssigt er fornuftige i den aktuelle bygning.

Med dette katalog i hånden gennemgås bygningen, og ud fra de to indledende kriterier (økonomi og udførelse) udarbejdes der en bruttoliste. Efterfølgende gennemarbejdes bruttolisten ved at gå et spadestik dybere, og lave en grundig vurdering, herunder målinger og beregninger, af de udvalgte tiltag.

Udover økonomi og udførelse skal der også være fokus på bygningens indeklima. Det er vigtigt, at de tiltag som udføres i bygningen ikke påvirker indeklimaet i negativ retning, således at brugerne har det godt og gerne bedre efter tiltaget er udført.

Fokus punkter ved udvælgelse af energitiltag:

- Økonomi
- Udførelse
- Indeklima

Til slut står man, ideelt set, med en liste indeholdende forslag til energibesparelser, som alle er økonomisk fordelagtige, mulige at realisere og til glæde for bygningens brugere.

Afslutningsvis er det vigtigt at pointere, at for at opnå betydelige energibesparelser på et uddannelsessted er det nødvendigt, at alle parter, herunder bygningschefer og ledelse, har et fælles mål og ønske om, at det skal blive til reelle projekter, som bliver udført med langsigtede visioner.

**NB:** Alle priser i dette katalog er overslagspriser eller estimater fra lignende opgaver, og er altid ekskl. moms og eventuel rådgiverhonorar. Derfor skal der altid indhentes konkrete tilbud for vurdering af økonomien og tilbagebetalingstiden på den enkelte opgave.

### Udarbejdet af:

Bascon A/S

Jonathan Juel Kusk / [jjk@bascon.dk](mailto:jjk@bascon.dk)

## 1 Forudsætninger for arbejdet

Inden der igangsættes større energioptimeringsprojekter, er det nødvendigt at have et overblik over den aktuelle bygnings nuværende energiforbrug (el, vand og varme), for at kunne bestemme besparelsen ved de enkelte tiltag. Derfor tilrådes det at lave en detaljeret kortlægning af bygningens energiforbrug, og gerne helt ned på anlægsniveau.

Ved at lave en detaljeret kortlægning af bygningens energiforbrug, er det muligt at bestemme, hvorhen fokus skal rettes for at opnå de største energibesparelser pr. investeret krone.

Nedenfor ses metoder til at bestemme bygningens energiforbrug.

### 1.1 Registreringer

For at få et udgangspunkt for besparelser, er det væsentligt at vide hvor meget man bruger, hvor meget det er rimeligt at bruge, og om der er et spild. Forbruget finder man i størst muligt omfang ved hjælp af målere, der aflæses jævnligt, således at resultaterne kan registreres systematisk.

Resultaterne af registreringerne kan sammenlignes med forbruget i andre lignede bygninger eller de kan sammenlignes med resultater af tidligere registreringer. På den måde kan man se, om man bruger mere eller mindre energi end andre i samme situation, og man kan se, om man bruger mere eller mindre energi end fx tidligere år.

### 1.2 Målinger

Hvor det ikke er muligt at aflæse en stationær måler, kan der laves målinger med bærbare måleinstrumenter fx måling af luftmængder, rumtemperaturer, CO<sub>2</sub>-niveauer mv.

### 1.3 Beregninger

Ved fx efterisolering af specifikke bygningsdele, kan det være svært at bestemme hvor meget den enkelte bygningsdel bidrager til det totale varmekonsum, og det kan derfor være nødvendigt at lave en beregning af bygningsdelens varmetab, som kan danne grundlag for isoleringsarbejdets rentabilitet.

## 2 Brugeradfærd

Brugeradfærd eller energi- og miljørigtigadfærd kan med en række forskellige tiltag erfaringsmæssigt bidrage med betydelige energibesparelser (erfaringsmæssigt i størrelsesorden 5 – 15 %).

Via målrettede energisparekampagner kan det lade sig gøre, at ændre adfærd og uheldige vaner hos medarbejdere og elever, så klimabelastningen og energiforbruget mindskes samt, at skolerne opnår en økonomisk besparelse.

Nedenfor ses to former for adfærd man aktivt kan påvirke gennem f.eks. energisparekampagner.

- **Den personlige adfærd** omhandler dét, den enkelte gør eller ikke gør, og den kan f.eks. påvirkes gennem adfærdskampagner, konkurrencer, nudging (hjælpe brugerne til at tage det rigtige valg) og information.
- **Den tekniske adfærd** handler om, hvordan vi bruger teknikken og her kan f.eks. teknisk personale blive bedre gennem information og kurser.

Der skal i de enkelte indsatsområder være en tovholder – en energiansvarlig som kan igangsætte tiltag, fastholde indsatsen og afholde jævnlige "begejstringsmøder" med brugerne og få skabt og viderefundet de gode historier.

Opret evt. en energigruppe /energiteam der kan bakke op om de enkelte områders energiansvarlige og evt. stå for indsamling af resultatdata og oplysning om fremdrift på en mere overordnet plan.

### 2.1 Uddannelse af energiansvarlige

Afholdelse af opstartskursus for de valgte energiansvarlige, hvor den nødvendige viden og fælles grundlag for visionen kan fastlægges.

De energiansvarlige skal på kurset bibringes tilstrækkelig viden om og indsigt i, hvordan de efterfølgende i det daglige kan initiere og medvirke til at sikre en energi- og miljørigtig anvendelse af bygninger og de energitekniske installationer samt, hvordan de proaktivt og via stærke virkemidler kan medvirke til at udbrede og forankre en energi- og miljørigtig adfærd hos alle brugergrupper.

Endvidere skal de på kurset erhverve sig viden om de vigtigste sammenhænge mellem bygning/klimaskærm, bygningsdrift og energiforbrug med fokus på, hvilke driftsparametre, der skal observeres, kontrolleres og registreres i egen bygning og på egne installationer med det formål at reducere samt undgå unødigt energiforbrug.

De energiansvarlige skal med baggrund i kurset og den erhvervede viden efterfølgende kunne opleve en stadig motivation og anerkendelse af deres betydning som energiansvarlige med "observer-/controllerfunktion" til fremme af de iværksatte energisparetiltag i de respektive bygninger.

Ligeledes skal de energiansvarlige lære at kunne registrere og præsentere effekten af indsatsen gennem energibesparende - og miljøreducerende talværdier (kWh, CO<sub>2</sub> o. lign.), der kan synliggøre betydningen af de iværksatte indsatsen.

### 2.2 Hvad kunne målene være

Eksempel på mål:

- at reducere CO<sub>2</sub> udslippet med 20 % inden 2015 gennem ændret adfærd ved
- at reducere energiforbruget
- at reducere driftsomkostninger
- at forbedre indeklimaet
- at agere energi- og miljørigtigt i dagligdagen
- at opnå indflydelse på en positiv klima- og miljøudvikling

- at sikre en energirigtig bygningsanvendelse
- at sikre en energirigtig installationsdrift

### 2.3 Hvad kunne handlinger omfatte

#### **Interesseskabende handlinger for energirigtig adfærd!**

- Få indsigt i nye metoder til at skabe nye vaner
- Påvirk og bevidstgør brugere til at ændre adfærd
- Skab synlighed og tilgængelighed for det nye initiativ
- Få gode "indpiskere" og stærke "inspiratorer"
- Udpege / skabe "ildsjæle"
- Undgå eller håndter "bagstopperne" - de findes alle steder
- Afgræns tiltagene i starten og opnå solid forankring i dagligdagen
- Vær præcis med enkle og klare budskaber
- Opnå synergi gennem og synlighed og samarbejde
- Skab "aha-oplevelser"
- Få øje på de usynlige barrierer
- Viden stopper energispild

### 2.4 Holdningsmæssige barrierer

#### **Uvidenhed om bygningsdrift og energiforbrug – koster!**

- Jeg ved absolut intet om el-, varme- og vandforbrug til bygningsdrift
- Jeg har intet reelt kendskab til apparaters energiforbrug
- Jeg har ingen viden om min virksomheds energiomkostninger
- Jeg regner med at andre tager sig af bygningsdrift og indeklima
- Jeg forventer bare, at der er nok lys, varme og frisk luft
- Jeg hører en del om miljø, klima, energi og ressourcer, men ...
- Jeg forventer da at drifts-/serviceafdelingen tager miljøinitiativer
- Jeg har svært ved at forholde mig til, hvad CO<sub>2</sub>-emission og drivhuseffekt er!

### 2.5 Mål og belønning

#### **Hvordan belønnes "ildsjælene" for en synlig og holdningsbærende indsats? Og hvordan belønnes "medarbejderne" for opnåede energibesparelser?**

##### **Målkriterier:**

- Kan holde gejsten oppe hos hinanden
- Kan motivere og støtte hinanden
- Kan vise løbende fremdrift og energispareresultater
- Kan opfange og korrigere for uheldig energiforbrugsudvikling
- Blive bakket op af overordnede/forvaltningen

##### **Belønning:**

- Prioriteres ved nyanskaffelser
- Et indkøb efter eget valg
- En ugentlig kage til kaffe
- En biograf- eller teatertur eller besøg i Tivoli
- En strand- eller skovtur

I det følgende afsnit opstilles et eksempel på den personlige adfærd, hvor det ses, at selv en lille adfærdsmæssig ændring kan give en stor økonomisk besparelse.

## 2.6 Belysning

Titel	Slukke lys
Område	Brugeradfærd
Delområde	Belysning
Beskrivelse af forslag	Opfordre og "guide" bygningens brugere til at slukke for lyset og andre apparater.
Gevinstpotentiale	<p>Et 80 m<sup>2</sup> klasselokale med en lyseffekt på 20 watt pr. m<sup>2</sup> kan spare ca. 160 kWh årligt pr. 1 time der slukkes for lyset. Ca. 640 kr./år pr. time pr. klasselokale.</p> <p><b>En skole med 50 klasselokaler, hvor lyset slukkes i bare 2 timer ekstra pr. dag, kan spare ca. 64.000 kr. årligt.</b></p>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	<p>El pris: 2 kr./kWh Brugstid: 200 dage pr. år.</p>
Omkostninger	Eventuelle omkostninger ved kampagner og undervisning for at sætte fokus på energirigtig adfærd.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kampagner</li> <li>▪ Opsættelse af fx klistermærker "Husk lyset".</li> <li>▪ "Belønninger"</li> <li>▪ Undervisning og vidensdeling med fokus på "hvorfors?".</li> </ul>



### 3 Ventilationsanlæg

Mange ventilationsanlæg bruger unødigt meget energi. Dette kan skyldes mange forskellige parametre, og i nærværende afsnit beskrives de mest centrale besparelsesområder. Nedenfor ses i hovedtræk besparelsesmulighederne ved et ventilationsanlæg.

- Ændre luftmængder
- Ændre temperaturer
- Ændre driftstider for ventilationen
- Montere varmegenvinding hvis den ikke findes
- Udskiftning af ineffektive ventilatorer eller varmegenvindere

#### 3.1 Tommelfingerregler

##### **Luftmængder**

Hvis der er mulighed for at sænke luftmængderne, bør det gøres.

- Varmeforbruget reduceres proportionalt med luftmængderne.  
→ Hvis luftmængden nedsættes 10 %, så spares der 10 % på varmeforbruget.

##### **Indblæsningstemperatur**

Indblæsningstemperaturen bør være 19 °C, hvis temperaturen er højere, bør den sænkes.

- Hvis temperaturen sænkes 1 °C, falder varmeforbruget med 20 %.

#### 3.2 Anlægsgennemgang

Inden man begynder at lave nye løsninger kunne en gennemgang af de eksisterende anlæg være en fornuftig ide. I bygningens levetid kan mange parametre være ændret, hvilket kan påvirke de nødvendige luftmængder.

Nedenfor er opstillet nogle punkter, som kan være relevante at tage stilling til ved en anlægsgennemgang, og deraf få bygningens ventilationsanlæg til at køre optimalt.

- Vær sikker på, at der ikke ventileres mere end nødvendigt. Både inden- og udenfor brugstiden. Herunder indstilling af driftstider.
- Fastsæt indblæsningstemperaturen så lavt som muligt.
- Udsug ved så høj en temperatur som muligt.
- Generel rengøring af ventilationsanlægget samt udskiftning af filtre.
- Indregulering af anlægget. Sørg for bedst mulig balance mellem indblæsningsmængde og udsugningsmængde. Temperaturvirkningsgraden falder ved mindre udsugningsmængde.

### 3.3 Driftstider

Titel	Driftstider
Område	Ventilationsanlæg
Delområde	Energiforbrug
Beskrivelse af forslag	<p>Kontrol af driftstider på ventilationsanlæg. Mange anlæg kører unødigt uden for bygningens brugstid.</p> <p>I nogle tilfælde kan man lukke helt ned for ventilationsanlæggene uden for brugstiden.</p> <p>Lav en gennemgang af bygningens ventilationsanlæg for at bestemme driftstider:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hvornår skal anlægget reelt levere?</li> <li>▪ Hvornår kører anlægget i dag?</li> </ul>
Gevinstpotentiale	<p>Ved at lukke ned for ventilationsanlæg kan der spares på både el- og varmeregningen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Varmeforbrug til opvarmning af indblæsningsluften.</li> <li>▪ Elforbrug til drift af anlæggets ventilatorer.</li> </ul> <p>Besparelse ved et anlæg på 10.000 m<sup>3</sup>/h, hvor driftstiden nedjusteres med 4 timer dagligt, svarende til 1040 timer årligt.</p> <p>Besparelse på elforbruget: 7.222 kWh Besparelse på varmeforbruget: 15.947 kWh</p> <p><b>Svarende til ca. 22.500 kr. årligt</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ved justering af ventilationsdriften kan der forekomme forandringer indeklimamæssigt.</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Elpris på 2 kr./kWh Fjernvarmepris på 0,5 kr./kWh</p> <p>Specifikt elforbrug på 2.500 J/m<sup>3</sup> (kravet fra BR08). Krydsvarmeveksler med en temperaturvirkningsgrad på 60 %. Indblæsning og udsugning på 20 °C, og en gennemsnitlig udetemperatur på 8,5.</p>
Omkostninger	Som udgangspunkt er dette tiltag uden omkostninger, medmindre der skal installeres teknik til styring af anlægget.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Udføre datalogning af indetemperaturer og CO<sub>2</sub>-niveauer i diverse lokaler for at klarlægge ventilationsbehovet, og derved bestemme i hvilken udstrækning driftstiden kan nedjusteres.</li> </ul>

### 3.4 Udskiftning af ventilatorer

Titel	Udskiftning af ventilatorer inkl. motorer
Område	Ventilationsanlæg
Delområde	Elforbrug
Beskrivelse af forslag	Gamle centrifugalventilatorer og remdrevne motorer udskiftes med nye kammer-ventilatorer med direkte drevne lavenergi EC-motorer.
Gevinstpotentiale	<p>Erfaringsstal viser, at en udskiftning af gamle ventilatorer og motorer til nye kammerventilatorer med lavenergi EC-motorer kan give en årlig el besparelse på op til 30 %.</p> <p>Nedenfor ses besparelsen ved et anlæg på 10.000 m<sup>3</sup>/h med et specifikt elforbrug på 2.500 J/m<sup>3</sup> og en driftstid på 10 timer dagligt. Nuværende elforbrug: 18.056 kWh/år Besparelse: 5.417 kWh/år</p> <p><b>Svarende til ca. 10.800 kr. årligt</b> <b>Simpel tilbagebetaling: ca. 4 år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det skal sikres, at de nye ventilatorer kan indbygges i det eksisterende aggregat.</li> </ul>
Forudsætninger	Elpris: 2 kr. pr. kWh
Omkostninger	<p>Ca. 35.000 kr. inkl. montering (iht. ØLAND). Ca. 7.000 kr. for demontering og bortskaffelse</p> <p><b>I alt: 42.000 kr.</b></p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Udføre målinger/beregninger for at finde den korrekte ventilator/motor størrelse (de eksisterende komponenter kan være under-/ overdimensioneret).</li> <li>▪ Sikre sig, at det udførelsmæssigt kan lade sig gøre.</li> <li>▪ Etablering af styring således, at ventilatorerne effektiviseres mest muligt.</li> </ul>

### 3.5 Udskiftning af filtre

Titel	Udskiftning af filtre
Område	Ventilation
Delområde	Elforbrug
Beskrivelse af forslag	Udskiftning af gamle filtre, så unødigt højt tryktab og derved energiforbrug undgås.
Gevinstpotentiale	Udover energibesparelse har rene filtre positiv indflydelse på indeklimaet.  <b>Filtre skal ikke udskiftes grundet økonomisk gevinst, men skal skiftes for at opretholde et sundt indeklima.</b>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	
Omkostninger	500 – 900 kr. pr. filter (F7 filtre).
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablering af trykvagt over filtre, således kan denne give alarm når det er tid til udskiftning af filtre.</li> <li>▪ Såfremt der ikke er særlige krav til "rensning" af afkast luften, skal filteret på udsugning være F5, og derved mindske tryktabet herover.</li> </ul>

### 3.6 Ombygning til VAV

Titel	Ombygning til VAV
Område	Ventilation
Delområde	Styring
Beskrivelse af forslag	<p>Montering af komponenter til styring af luftmængder; VAV-spjæld, frekvensregulerende motorer m.m., som efterfølgende kan danne grundlag for central styring.</p> <p>Bygningens ventilationsanlæg gennemgås, og det bestemmes hvilke anlæg det er fordelagtigt at ombygge til VAV-systemer; fx ved store anlæg, som betjener mange rum. Mindre anlæg, som betjener ét rum, vil ikke være fordelagtigt at bygge om.</p>
Gevinstpotentiale	<p>Gevinstpotentialet afhænger meget af ventilationsanlæggets nuværende tilstand, og hvor "nemt" det er at bygge om.</p> <p>Beregningseksempel: En bygningsfløj med 15 klasselokaler ventileres af et samlet ventilationsanlæg, som kan yde 15.000 m<sup>3</sup>/h. Anlægget er ur-styret, og starter på fuld kraft klokken 07:00 og slukker igen klokken 17:00. Herved forsynes alle lokaler med samme luftmængde i hele brugstiden (CAV-anlæg).</p>

	<p>Ventilationsanlægget ombygges med regulerende spjæld og rumfølere, for automatisk regulering af luftmængder.</p> <p>Samlet besparelse: El: 10.021 kWh pr. år = ca. 20.000 kr. årligt Varme: 13.650 kWh pr. år = ca. 6.825 kr. årligt</p> <p><b>I alt: 26.825 kr. årligt</b> <b>Simplet tilbagebetalingstid: ca. 12 år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Langt fra alle anlæg kan på en simpel måde ombygges til VAV-anlæg, og mere komplicerede anlæg vil betyde en væsentlig forhøjelse af omkostninger.</li> <li>▪ Større udgifter til drift og vedligehold.</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Besparelse ved ombygning fra CAV til VAV: Energiforbrug til opvarmning (varmeplade): 28 % Energiforbrug til lufttransport (ventilatorer): 37 % <i>"Beregning af energiforbrug til opvarmning og energiforbrug til lufttransport for kontorbygninger udført af Exhausto A/S. /HVAC 8, august 2006"</i></p> <p>Nuværende forbrug: El: 27.083 kWh pr. år (2500 J pr. m<sup>3</sup>) Varme: ca. 48.750 kWh pr. år (70 % varmegenvinding)</p> <p>El pris: 2,00 kr. pr. kWh Fjernvarme pris: 0,5 kr. pr. kWh</p> <p>Det er i beregningseksemplet forudsat, at det på en "simpel" måde er muligt at ombygge anlægget.</p>
Omkostninger	<p><u>Overslagspriser:</u> 30 stk. vav-spjæld: ca. 90.000 kr. 70 stk. CTS styringspunkter: ca. 140.000 kr. Montering: ca. 64.000 kr. (2 mand i 2 uger). Rumfølere: ca. 15.000 kr. Frekvensomformere: ca. 10.000 kr.</p> <p><b>I alt: 319.000 kr.</b></p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det er vigtigt at de enkelte ventilationsanlæg tilses grundigt af fagmand inden ombygning, for at kunne lave en vurdering af om hvorvidt det er realistisk at ombygge anlægget til VAV (både økonomisk og udførelsesmæssigt).</li> <li>▪ Det er fornuftigt, at udføre datalogning/beregning i et antal lokaler for at bestemme de nødvendige luftmængder, og herved optimeringsmuligheder.</li> </ul>

### 3.7 Udsugningsanlæg

Titel	Demontering af gamle udsugningsanlæg
Område	Ventilation
Delområde	Energiforbrug
Beskrivelse af forslag	Lukke gamle tagventilatorer, som ikke varmegenvinder udsugningsluften. Lokaler med udsugningsanlæg kan eventuelt tilkøbes et eksisterende anlæg, eller der kan monteres et nyt anlæg, hvis der er tale om et større område.
Gevinstantiale	<p>Beregningseksempel: Udsugningsanlæg (5.000 m<sup>3</sup>/h) demonteres og der etableres et ventilationsanlæg med indblæsning og udsugning inkl. roterende veksler med høj virkningsgrad.</p> <p>Samlet besparelse: Varme: 54.167 – 9.750 = 44.417 kWh årligt</p> <p><b>Svarende til ca. 22.200 kr. årligt</b> <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 13,5 år</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pladskrav til kanalføring og ventilationsanlæg</li> <li>▪ Driftsmæssige udgifter til et nyt anlæg</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Nuværende varmegenvinding: 0 %, udsugning direkte til det fri Ny varmegenvinding: 82 % (roterende veksler)</p> <p>Nuværende forbrug: Varme: ca. 54.167 kWh pr. år</p> <p>Fjernvarme pris: 0,5 kr. pr. kWh</p>
Omkostninger	<p>Nyt aggregat inkl. levering og montering: <b>ca. 300.000 kr.</b> Det er forudsat, at anlægget kan etableres nemt i tilslutning til det berørte lokale.</p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er det muligt, at opstille anlægget i det aktuelle lokale eller i tæt tilknytning, vil dette forsimple kanalføringen.</li> <li>▪ Beregning/måling af nødvendig luftmængde. Der er mulighed for optimering.</li> </ul>

### 3.8 Ventilationsaggregater

Titel	Nye ventilationsaggregater
Område	Ventilation
Delområde	Energiforbrug
Beskrivelse af forslag	Demontering af gamle udtjente anlæg, hvor motorer, ventilatorer, varmeveksler og selve aggregathuset (hvis der er et) er klar til udskiftning. Efterfølgende montering af nye energieffektive ventilationsaggregater.
Gevinstpotentiale	Beregningseksempel: Eksisterende anlæg på 15.000 m <sup>3</sup> /h med krydsveksler, gamle ventilatorer og remdrevne motorer, udskiftes til et nyt aggregat med høj varmegenvinding og kammerventilatorer med direkte drevne motorer.  Samlet besparelse: Varme: 73.125 – 29.250 = 43.875 kWh pr. år = 21.938 kr. årligt El: 32.500 – 22.750 = 9.750 kWh pr. år = 19.500 kr. årligt  <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 10 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pladsmæssige udfordringer</li> <li>▪ Tilkobling til eksisterende anlæg</li> </ul>
Forudsætninger	Nuværende elforbrug: 3000 J pr. m <sup>3</sup> transporteret luft Nyt elforbrug: 2100 J pr. m <sup>3</sup> transporteret luft Nuværende varmegenvinding: 55 % (krydsveksler) Ny varmegenvinding: 82 % (roterende veksler)  Nuværende forbrug: El: 32.500 kWh pr. år Varme: ca. 73.125 kWh pr. år  El pris: 2,00 kr. pr. kWh Fjernvarme pris: 0,5 kr. pr. kWh
Omkostninger	Ca. 300.000 kr. for levering og montering af nyt aggregat. Ca. 50.000 kr. for demontering og bortskaffelse af eksisterende anlæg. Ca. 60.000 kr. vvs-arbejder  <b>I alt: 410.000 kr.</b>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inddrag fagmand til vurdering af de enkelte anlæg.</li> <li>▪ Gamle anlæg uden varmegenvinding, ældre centrifugal-ventilatorer og gamle motorer vil ofte kunne betale sig at udskifte med et nyt energieffektivt anlæg.</li> <li>▪ Få udført nye beregninger for luftmængder. Der kan være opstået nye behov. Såfremt luftmængderne bliver større skal kanaldimensioner inddrages i overvejelserne.</li> <li>▪ Er det pladsmæssigt muligt at få leveret og monteret et nyt anlæg?</li> </ul>

## 4 Varme- og brugsvandsanlæg

### 4.1 Anlægsgennemgang

#### **Gennemgang af fyrrummet**

Hvis der kan siges ja til et eller flere af punkterne, så kan der spares energi.

- Der er for varmt i fyrrummet
- Anlægget er ikke afbrudt om sommeren
- Der er uisolerede rør, beholdere eller andre komponenter i fyrrummet.
- Fremløbstemperaturen kan sænkes.
- Kører cirkulationspumpen til varmeanlægget om sommeren.
- Er der en lille afkøling over varmeveksleren for fjernvarmen.

#### **Gennemgang af lokaler/rum**

Tiltag ude i lokalerne, som kan reducere energiforbruget. Der er potentiale for energibesparelser hvis:

- den aktuelle rumtemperatur om morgenen er højere end anbefalet morgentemperatur
- dårlig afkøling over radiatorer
- der er samme ønskede rumtemperatur hele døgnet



#### 4.2 Udskiftning af kedler

Titel	Udskiftning af ældre gaskedler
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Gasforbrug
Beskrivelse af forslag	<p>Det kan i mange tilfælde betale sig at udskifte ældre gaskedler med nye kondenserende gaskedler. Det skyldes, at nye kedler udnytter energien betydeligt mere effektivt.</p> <p><i>Årsnyttevirkningen for en moderne gaskedel ligger på 98 – 105 % afhængig af kedeltype, energiforbrug og temperaturforholdene i varmeanlægget.</i></p> <p>Se efter kedler som er 15 år eller mere. Disse er ofte klar til udskiftning.</p>
Gevinstpotentiale	Erfaringstal viser, at udskiftning af en ældre gaskedel til en ny kondenserende gaskedel vil give en <b>gasbesparelse på 10 – 30 %</b> .
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>De nye kondenserende gaskedler kræver en lavere fremløbstemperatur, hvilket kan kræve større radiatorer.</li> </ul>
Forudsætninger	Erfaringstal indhentet fra Energitjenesten.
Omkostninger	Meget afhængigt af størrelse/antal.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrollere at det nuværende varmeanlæg er egnet til kondenserende drift.</li> <li>Kan radiatoranlægget spille sammen med den nye kedel?</li> <li>Vælg en A-mærket kedel.</li> </ul>

#### 4.3 Varmtvandsbeholder

Titel	Udskiftning af varmtvandsbeholdere
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Udskiftning af ældre varmtvandsbeholdere, og derved opnå besparelse på varmeforbruget.
Gevinstpotentiale	<p>Udskiftning af en gammel 200 liters varmtvandsbeholder til en ny lavenergibeholder:</p> <p>Besparelse: Fjernvarme: ca. 450 kWh pr. år = 225 kr. pr. år Gas: ca. 450 kWh pr. år = 500 kr. pr. år</p> <p><b>Simpel tilbagebetalingstid: 23 år ved naturgas</b></p> <p>Da det økonomisk ikke er fordelagtigt at udskifte varmtvandsbeholder, er det andre parametre man må vurdere vigtigheden af ift. om man vil skifte den eksiste-</p>

	<p>rende beholder ud. Nedenfor ses fordele ved at installere en ny beholder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Mindre varmetab fra varmtvandsbeholderen</li><li>▪ Lavere CO<sub>2</sub>-udledning</li><li>▪ Bedre udnyttelse af varmen fra beholderen</li><li>▪ Bedre afkøling (ved fjernvarme)</li><li>▪ Bedre sikring mod bakterier</li><li>▪ Mindre kalkudfældning</li></ul>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Økonomisk ufordelagtigt</li></ul>
Forudsætninger	<p>Fjernvarme pris: 0,5 kr. pr. kWh Naturgas pris: ca. 10 kr. pr. m<sup>3</sup></p>
Omkostninger	<p>En ny varmtvandsbeholder koster ca. 8.500 kr. Montering: ca. 3.200 kr. (1 dag)</p> <p><b>I alt: 11.700 kr.</b></p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Uføre en ny dimensionering af beholderen. Den eksisterende kan være for stor, hvilket resulterer i unødigt varmetab.</li><li>▪ Udskift kun udtjente beholdere.</li><li>▪ Hvis varmtvandsbeholderen er vandretliggende, bør den udskiftes.</li><li>▪ For at undgå varmetab bør varmtvandsbeholderen stå så tæt på den varmeproducerende enhed (f.eks. naturgaskedlen) som muligt.</li></ul>

#### 4.4 Isolering af varmerør

Titel	Isolering af varmerør
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Isolering af varmerør, som ikke er isoleret i dag. Der påføres som minimum en 40 mm rørskål.
Gevinstpotentiale	<p>Varmetab pr. meter rør uden isolering: 22 W = 192,7 kWh/m pr. år</p> <p>Varmetab pr. meter rør med 40 mm isolering: 6 W = 52,6 kWh/m pr. år</p> <p>Årlig besparelse pr. meter rør: 192,7 – 43,8 = <b>140,1 kWh/m pr. år</b></p> <p><b>Med de givne forudsætninger samt omkostninger, vil isolering af rør til varmt brugsvand have en simpel tilbagebetalingstid på ca. 2 år (dette ved en fjernvarmepris på 0,5 kr./kWh).</b></p> <p>NB: Varmetab fra rør er udregnet i beregningsprogrammet "ROCKTEC".</p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pladsen omkring rørene kan være begrænset, og det kan blive nødvendigt at indsnævre rørskålene på givne rørstrækninger, eller at flytte rørene.</li> </ul> <p>Ved disse omstændigheder kan der være en øget tilbagebetalingstid.</p>
Forudsætninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der er regnet med "Universal Rørskål" fra Rockwool samt 22 mm rustfri stål-rør.</li> <li>Der er forudsat en brugsvandstemperatur på 55 °C.</li> <li>Det er forudsat at rør er placeret i opvarmede rum (20 °C).</li> <li>Driftstiden er sat til 8760 timer.</li> </ul>
Omkostninger	<p>Iht. V&amp;S Prisdata. (53)26.05 Isolering af kolde rør med lamelmåtter od dampspærre af armeret alu- folie at levere og udføre: Isoleringstykkelse 40 mm. Rørdiameter 22 mm: <b>114,- pr. lbm.</b></p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Det er vigtigt, at rørskåle monteres så samlinger er tætte.</li> <li>I samme ombæring kan ventiler, pumper og varmtvandsbeholder med fordel isoleres.</li> <li>Det er vurderet, at det ikke er økonomisk fordelagtigt at efterisolere rør, som allerede er isoleret (tyndt isoleringslag). Og det anbefales derfor at kigge efter uisolerede rør, hvor en hurtig tilbagebetalingstid normalt kan opnås.</li> </ul>

#### 4.5 Udskiftning af pumper

I skemaet nedenfor er opstillet et eksempel på udskiftning af en "standard" cirkulationspumpe. Som det fremgår af skemaet er der en relativ kort tilbagebetalingstid ved udskiftning af den givne pumpe. Dette kan godt anses som et generelt billede ved udskiftning af ældre pumpetyper.

Titel	Pumper
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Elforbrug
Beskrivelse af forslag	Energibesparelse ved udskiftning af trinregulerende cirkulationspumper til nye trinløse regulerbar A-mærket cirkulationspumper.
Gevinstpotentiale	Ved udskiftning af en ældre UPS 25-20 3-trins pumpe til en ny trinløs Alpha2 25-40, kan følgende årlig besparelse opnås:  Effekt for UPS 25-20: 70 W (ved trin 3) Effekt for Alpha2 25-40: gennemsnitligt 10 W (regulerende)  <b>Besparelse på: 525 kWh/år eller 1050 kr./år</b> <b>Simplel tilbagebetalingstid: ca. 1,8 år</b>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	Effekter på de to pumper er fra Grundfos data-tabeller. Der er valgt UPS 25-20 da dette er en "standard" pumpe størrelse. Alpha2 25-40 er valgt da denne passer i størrelse og ydelse ift. UPS 25-20.  Der er forudsat en elpris på 2 kr.  Investeringen er prisen på en Alpha2 25-40 iht. vvs-eksperter.dk samt en vurdering af arbejdsomkostninger.
Omkostninger	Investering: 1475 kr. inkl. moms + 400 kr. til montering
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valg af den rigtige pumpe. Den nuværende pumpe kan være overdimensioneret, og en ny "beregning" af pumpen kan være fornuftig.</li> </ul>

**4.6** Varmegenvinding af vand fra brusere

Titel	Genvinding på vand fra brusere
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Etablering af bruseafløb med indbygget varmeveksler, som kan genvinde varmen fra spildevandet.  Skal kun etableres i større omklædningsrum, som benyttes flittigt.
Gevinstpotentiale	I et omklædningsrum med 20 stk. brusere (dame og herre) etableres der varmegenvinding på afløbet. Nedenfor ses den årlige besparelse.  Varmeveksleren regnes med en genvindingsgrad på 40 % (iht. produktblad fra HEI-TECH kan der opnås en varmegenvindingsgrad op til 47 %).  Årligt kan der spares ca. 16 % varmt brugsvand (55 °C) ved at benytte genvinding af spildevandet.  <b>Årlig besparelse: 480.000 liter varmt vand eller ca. 25.000 kWh → 12.500 kr.</b>  <b>Simpel tilbagebetalingstid på ca. 6,5 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rengøring af varmevekslere</li> <li>▪ Generel drift og vedligehold</li> </ul>
Forudsætninger	Ved et brusebad forbruges ca. 75 l vand med en temperatur omkring 40 °C. Det antages at hver bruser benyttes 10 gange dagligt og 200 dage pr. år, hvilket resulterer i <b>150.000 liter pr. bruser pr. år.</b>
Omkostninger	Ca. 60.000 kr. ved installation i underliggende kælder (pris fra et tidligere projekt). Ca. 20.000 kr. for montering/timer (2 mand i 3 dage).  <b>I alt: 80.000 kr.</b>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Skal kun etableres i større omklædningsrum, som benyttes flittigt.</li> <li>▪ Mest optimalt, hvis der er underliggende kælder. Herved er det nemmere at tilkoble varmevekslere.</li> </ul>

#### 4.7 Temperatursænkning

Titel	Temperatur-/natsænkning
Område	Varme- og brugsvandsanlæg
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Sænk temperaturen i weekenden og om natten, hvis bygningen ikke anvendes. Når der ikke er brugere tilstede, er der heller ingen indeklimakrav.  Indstillingen kan fx være 21 °C mellem 7-18 og 18 °C mellem 18-7.
Gevinstpotentiale	<b>En reduktion af rumtemperaturen med 1 °C giver skønsmæssigt en besparelse på 5 % af forbruget til rumopvarmning (over et døgn).</b>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	Energibesparelsen bygger på erfaringstal.
Omkostninger	
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Natsænkningen skal kun være få grader under normal temp. - f.eks. ned på 18 i stedet for 21 i tændingstiden.</li> <li>▪ Normaldrift skal indtræde et par timer inden brugerne møder igen.</li> </ul>

## 5 Vandbesparende foranstaltninger

I dette afsnit beskrives nogle af de vandbesparende foranstaltninger man kan have fokus på ved en energigennemgang af en bygning.

Der er ved beregninger i dette afsnit benyttet en vandpris på 40 kr./m<sup>3</sup>, som mange steder er lidt på den sikre side.

Under bygningsgennemgangen skal der generelt være fokus på løbende toiletter, brusere, vandhaner og andre tapsteder.

### **Fordele:**

- Der er miljømæssige fordele ved at bruge mindre vand til toilet- og baderumsfaciliteter.
- Økonomiske fordele, da armaturerne er billige ift. de opnåede vandbesparelser.
- Installationen af vandbesparende armaturer er ikke vanskeligere end andre armaturer, og kræver ikke ekstra vedligehold.

### **Ulempe:**

- Ved nedregulering af vandforbrug ved en reovering skal der tages hensyn til dimensionering af det tilknyttede kloaksystem, der i værste fald kan risikere ikke at få stor nok gennemskylning og således tilstoppes.

### **Husk at:**

- Man kan opnå simple besparelser ved jævnlig aflæsning af hovedvandmåleren og bivandmålere, hvor eventuelle utætheder eller unormale forbrug kan fanges.
- Indstilling af eventuelle vandforbrugende installationer med indbygget automatik til mindste vandmængde pr. enhed giver betydelige vandbesparelser.

5.1 Toiletter med 2-skylsfunktion

Titel	Udskiftning til toiletter med 2-skylsknap
Område	Vandbesparende foranstaltninger
Delområde	Vandbesparelse
Beskrivelse af forslag	En stor del af vandforbruget går til toiletskyl. Dette forstærkes ved ældre toiletter, som kan bruge helt op til 12 liter pr. skyl. De nyeste toiletter med 2-skylsknap bruger typisk 3 liter til et lille skyl og 6 liter til et stort.
Gevinstpotentiale	Ældre toiletter, hvor cisterne og wc-kumme er bygget sammen (normalt i dag) bruger ca. 9 liter pr. skyl. Et nyt toilet med 2-skylsknap bruger ca. 2,5 liter pr. skyl (gennemsnitsbetragtning for brugen af små og store skyl).  Eksempel: Et toilet benyttes 10 gange dagligt (8 små skyl og 2 store skyl ved 2-skylsknap). Dette giver et årligt vandforbrug på henholdsvis 18.000 liter og 7.200 liter.  <b>Dette resulterer i en årlig besparelse på 432 kr. pr. toilet.</b> <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 5-6 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kloaksystemet kan være uegnet til vandbesparende toiletter, og dette vil kræve ombygning af afløb, hvilket resulterer i yderlige investeringsomkostninger. I værste fald kan man risikere ikke at få stor nok gennemskylning og således tilstoppede afløb.</li> </ul>
Forudsætninger	Vandpris på ca. 40 kr./m <sup>3</sup> 200 dage pr. år (åbningstid for bygningen).
Omkostninger	Et nyt toilet med 2-skylsknap inkl. montering koster ca. 2500 kr. inkl. moms.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vælg toiletter der bruger 3/6 liter (eventuelt 2/4 liter, men her skal man være meget opmærksom på skylleeffekten).</li> <li>Vælg toiletter hvor skyllemængden kan reguleres.</li> <li>Få en kloakmester til at tjekke, at afløbssystemet er egnet til vandbesparende toiletter. Faldet på afløbsrør kan være for lille.</li> </ul>



## 5.2 Sparebrusere

Titel	Montering af sparebrusere
Område	Vandbesparende foranstaltninger
Delområde	Vand- og varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Vand- og varmebesparelse ved udskiftning af brusehoveder med nye sparebrusere.
Gevinstpotentiale	<p>En almindelig bruser bruger ca. 12 liter/min. Et gennemsnitligt brusebad tager 5 min. Dette svarer til et vandforbrug på 60 liter pr. brusebad.</p> <p>En sparebruser bruger kun ca. 8 liter/min., og derved 40 liter pr. brusebad.</p> <p>Eksempel: Et bruserum med 6 stk. brusere benyttes 3 gange dagligt. Vandtemperaturen er 40 °C. Forbrug alm. bruser: 216 m<sup>3</sup> pr. år Forbrug sparebruser: 144 m<sup>3</sup> pr. år</p> <p>Besparelse på varmeforbruget: ca. 2.500 kWh/år Eller 1.250 kr. pr. år</p> <p>Besparelse på vandforbruget: 72 m<sup>3</sup> pr. år Eller omkring 2.900 kr. pr. år</p> <p><b>Samlet årlig besparelse ved montering af 6 stk. sparebrusere: ca. 4.150 kr. Investeringen vil normalt være tjent hjem på under et år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Badet kan føles koldere når vandmængden reduceres.</li> <li>▪ Afløbssystemet kan være uegnet til vandbesparende brusere, og dette vil kræve ombygning af afløb, hvilket resulterer i yderlige investeringsomkostninger.</li> </ul> <p>I værste fald kan man risikere ikke at få stor nok gennemskylning og således tilstoppede afløb.</p>
Forudsætninger	<p>Temperatur på badevandet: 40 °C Temperatur på koldt vand: 10 °C</p> <p>Vandpris: 40 kr./m<sup>3</sup> Fjernvarmepris: 0,5 kr./kWh</p> <p>200 dage pr. år (åbningstid for bygningen).</p>
Omkostninger	<p>Ca. 300 kr. pr. bruserhoved (Grohe Relaxa Classic Hovedbruser). Samlet investering 1800 kr.</p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vælg sparebrusere som giver en god vandfordeling, så det stadig føles som, at der kommer rigeligt vand.</li> <li>▪ Få en kloakmester til at tjekke, at afløbssystemet er egnet til vandbesparende brusere. Faldet på afløbsrør kan være for lille.</li> </ul>

**5.3** Etablering af perlatorer på vandhaner

Titel	Montering af luftblander/perlator på vandhaner
Område	Vandbesparende foranstaltninger
Delområde	Vand- og varmemeforbrug
Beskrivelse af forslag	Ved montering af perlatorer på vandhaner kan der spares mange liter vand årligt ved en meget lille investering.
Gevinstpotentiale	<p>En perlator med vandbegrænser kan spare ca. 8 m<sup>3</sup> vand eller ca. 320 kr. pr. år. Dette gælder for en vandhane, der bruges 10 minutter pr. dag og hvor vandgennemstrømningen nedsættes med 4 liter/min.</p> <p>Besparelsen afhænger af vandgennemstrømningen før udskiftningen og brugsvaner.</p> <p><b>Investeringen vil normalt være tjent hjem på under et år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tilstopning af perlatorer</li> </ul>
Forudsætninger	En perlator kan fås for 15 kr. – 20 kr.
Omkostninger	Ca. 20 kr. pr. vandhane.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Købe perlatorer som også har vandbegrænser.</li> <li>▪ Vandgennemstrømning: 4 liter pr. minut til håndvask og 6 liter pr. minut til køkkenvask.</li> </ul>

## 6 Belysningsanlæg

### 6.1 Lyskilder

Titel	Udskiftning til LED-belysning
Område	Belysningsanlæg
Delområde	Lyskilder
Beskrivelse af forslag	Udskiftning af almindelige lysstofrør til nye LED-rør.
Gevinstpotentiale	<p>Der er regnet for udskiftning af ét stk. rør. Ét LED-rør har en levetid svarende til ca. 3 stk. almindelige lysstofrør (alm.-rør).</p> <p>Pris 1 stk. LED-rør: 450 kr. Pris 3 stk. alm.-rør: 225 kr.</p> <p>Årlige omkostninger ved brug af LED-rør: 32 kr. pr. rør (til indkøb) Årlige omkostninger ved brug af alm.-rør: 16 kr. pr. rør (til indkøb)</p> <p>Årligt elforbrug ved LED-rør: 52,6 kWh Årligt elforbrug ved alm.-rør: 105,1 kWh</p> <p><b>Årlig besparelse ved udskiftning til LED-belysning: 89 kr. pr. rør</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Farvegengivelse kan være forringet ved billigere LED-rør.</li> <li>▪ Lyset fra billigere LED-rør kan virke "kold".</li> <li>▪ LED'er skal kunne komme af med varmen, ellers forkorter det levetiden</li> </ul>
Forudsætninger	<p>18 watt LED lysstofrør erstatter 36 watt almindeligt lysstofrør.</p> <p>Elpris: 2kr.</p> <p><b>Levetid:</b> LED-rør: ca. 40.000 timer Alm.-rør: ca. 15.000 timer</p>
Omkostninger	<p>Materiale priser er indhentet fra ELVVS.dk:</p> <p>LED lysstofrør: 450 kr. Almindeligt lysstofrør: 75 kr.</p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vælg en LED med god farvegengivelse – dvs. et Ra-indeks på mindst 85 eller 90 de steder, hvor farvegengivelsen er særlig vigtig.</li> <li>▪ Det skal sikres, at der kan monteres LED-rør i de nuværende armaturer.</li> <li>▪ Gå efter LED med A+. Så er du sikker på at komme hjem med en LED med godt lys.</li> </ul>

## 6.2 Armaturer

Titel	Udskiftning af armaturer
Område	Belysningsanlæg
Delområde	Armaturer
Beskrivelse af forslag	Etablering af armaturer med høj virkningsgrad samt lavenergi lyskilder.  Se efter gamle armaturer, som står klar til en udskiftning.
Gevinstpotentiale	Erfaringsmæssigt vil der kunne opnås en <b>simpel tilbagebetalingstid på 6-8 år.</b>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	
Omkostninger	Ca. 2000 kr. pr. armatur.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lad en fagmand gennemgå opholdsrum og undervisningslokaler. Han/hun kan hurtigt lave en vurdering af, hvor der er besparelspotentiale.</li> </ul>

## 6.3 Styring

Titel	Etablering af bevægelsesfølere/PIR
Område	Belysningsanlæg
Delområde	Styring
Beskrivelse af forslag	Opsættelse af bevægelsesfølere steder hvor lyset ofte er tændt unødigt. Bygningen gennemgås og særligt udsatte steder registreres.  Bevægelsesfølere skal ikke tænde lyset automatisk i opholdsrum, men give "lov" til, at man kan tænde lyset.
Gevinstpotentiale	Ved opsættelse af en bevægelsesføler i et 80 m <sup>2</sup> stort klasselokale med en gennemsnitlig lyseffekt på 20 W/m <sup>2</sup> vil den årlige besparelse lyde på:  <b>Årlig besparelse: ca. 1020 kr. (inkl. elforbrug til sensor drift).</b> <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 1 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>Automatik kræver vedligeholdelse/udskiftes.</li> <li>Bevægelsesfølere kan "gå ud" ved meget stillesiddende arbejde, fx ved en eksamen.</li> </ul>
Forudsætninger	Elpris: 2 kr. pr. kWh 2 timer reduceret belysning pr. dag i 200 dag pr. år.
Omkostninger	Bevægelsesføler inkl. montering ca. 1000 kr.
Evt. gode råd til	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gennemgå bygningen og registrere de mest udsatte steder/lokaler.</li> </ul>

implementering	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ En elektriker kan hurtigt vurdere ved inspektion af loftet, hvad det vil koste at skifte til bevægelsesfølere.</li><li>▪ Lad føleren have en sluk-tid på min. 10 minutter (for at undgå overbelastning).</li></ul>
----------------	--

## 7 VE-anlæg

### 7.1 Solcelleanlæg

Titel	Solceller
Område	Vedvarende energi
Delområde	Elproduktion
Beskrivelse af forslag	Etablering af solcelleanlæg på egnede bygninger. Dette indbefatter gode placeringsforhold (orientering, areal, hældning, bæreevne m.m.).
Gevinstpotentiale	Beregning ved et solcelleanlæg på 200 m <sup>2</sup> . Investering: ca. 540.000 kr.  Årlig el produktion: 25.425 kWh Årlig gevinst: 43.731,00 kr.  <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 12,5 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montering af solcelleanlægget kan i nogle tilfælde betyde gennembrydning af bygningsdele, hvilket kan føre til utætheder, hvis lukning af huller ikke er udført korrekt.</li> <li>▪ Føringsveje for el kan være en udfordring, hvis den "optimale" placering af solcelleanlægget ikke er i tilknytning til eventuelt teknikrum.</li> <li>▪ Udseende på anlægget kan give anledning til debat.</li> <li>▪ Der er vedligeholdelsesarbejder forbundet med et solcelleanlæg (dette dog kun i mindre grad, hvis det monteres med "selvrensende" hældning).</li> </ul>
Forudsætninger	Elpris: 2 kr. Salgspris til elnettet: 60 øre.  Det forudsættes at 80 % af solcelleanlæggets elproduktion benyttes direkte i bygningen. Der regnes med et gennemsnitsanlæg, hvor vekselretter har en systemfaktor på 75 %, og standard monokrystalliske solceller med modulvirkningsgrad på 15 %. Anlægget placeres orienteret mod sydøst (da skolers forbrug tit er størst midt på dagen) og en hældning på 30°. Dette resulterer i en indstråling på 1130 kWh/m <sup>2</sup> .
Omkostninger	18.000 kr./kWp inkl. levering og montering.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det er vigtigt at dimensionere solcelleanlægget så det ikke producerer for meget "unødvendigt" strøm, da overproduktion skal sælges til elnettet for en væsentlig lavere pris end købsprisen. Dette betyder i realiteten, at den økonomisk mest fordelagtige løsning, vil være et anlæg, som netop kan afgive 100 % af elproduktionen direkte til bygningen.</li> <li>▪ Statistiske beregninger af tagets bæreevne.</li> <li>▪ Det er vigtigt at have stor fokus på monteringsmetoden (gennembrydning af konstruktioner m.m.)</li> </ul>

7.2 Solvarme

Titel	Solvarmeanlæg
Område	Vedvarende energi
Delområde	Varmtvandsproduktion
Beskrivelse af forslag	Etablering af solvarmeanlæg til produktion af varmtvand i bygninger som ikke er tilsluttet fjernvarme.
Gevinstpotentiale	<p>Eksempel: Et 200 m<sup>2</sup> solvarmeanlæg etableres på en bygning med et nyere kedelanlæg (gas), og producerer kun energi til opvarmning af brugsvand.</p> <p><b>Årlig besparelse: 85.600 kWh eller 77.040 kr. Simpel tilbagebetalingstid: ca. 13 år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kan være svært at dimensionere perfekt så en lav tilbagebetalingstid opnås.</li> <li>▪ Montering af solvarmeanlægget kan i nogle tilfælde betyde gennembrydning af bygningsdele, hvilket kan føre til utætheder, hvis lukning af huller ikke er udført korrekt.</li> <li>▪ Føringsveje for frostfri væske kan være en udfordring, hvis den "optimale" placering af solvarmeanlægget ikke er i tilknytning til eventuelt teknikrum.</li> <li>▪ Udseende på anlægget kan give anledning til debat.</li> <li>▪ Der er vedligeholdelsesarbejder forbundet med solvarmeanlæg (dette dog kun i mindre grad, hvis det monteres med "selvrensende" hældning).</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Gaspris: 9,25 kr./m<sup>3</sup> Brandværdi: 10 kWh/m<sup>3</sup></p>
Omkostninger	Ca. 5.000 kr./m <sup>2</sup> solpanel.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dimensionere anlægget til at dække omkring 50-70 % af det årlige varmtvandsforbrug.</li> <li>▪ Det er mere fordelagtigt at etablere anlægget i forbindelse med en udskiftning af bygningens kedelanlæg.</li> <li>▪ Skal kun etableres, hvis det er muligt at placere dem mod syd, og uden skyggedannelse på panelerne. Helst med en hældning på 30 – 60 grader.</li> <li>▪ Få lavet statiske beregninger af tagets bæreevne.</li> <li>▪ Solvarmeanlægget kan ikke tjene sig hjem på levetiden, hvis varmtvandsforbruget er under 100 liter dagligt, eller hvis der er tilslutningspligt til fjernvarme.</li> </ul>

### 7.3 Varmepumper

Titel	Varmepumper
Område	Vedvarende energi
Delområde	Varmeproduktion
Beskrivelse af forslag	<p>Etablering af varmepumper i områder uden fjernvarme eller naturgas. Såfremt bygningen er opvarmet ved fjernvarme eller naturgas, vil det typisk ikke være økonomisk fordelagtigt at installere varmepumpeanlæg.</p> <p>Der findes 3 typer varmepumper:</p> <p><b>Jordvarmeanlæg (væske til vand-varmepumpe):</b> Giver den største besparelse, når installationen er betalt. Den er dog ret dyr at anskaffe og kræver, at der er tilstrækkeligt plads til nedgravning af slanger. Anlægget kræver vandbårne radiatorer eller vandbåren gulvvarme.</p> <p><b>Luft til vand-varmepumpe:</b> Billigere at installere end jordvarme og er næsten lige så effektiv. Den kræver kun lidt plads. Anlægget kræver desuden vandbårne radiatorer eller vandbåren gulvvarme.</p> <p><b>Luft til luft-varmepumpe:</b> En god løsning, hvis det skal erstatte el-opvarmning i bygninger som ikke kan tilkobles hovedbygningens varmeanlæg.</p>
Gevinstpotentiale	<p>Beregningseksempel: Der etableres et luft til vand varmepumpeanlæg, og anlægget etableres i kombination med et oliefyr. Varmepumpen producerer 15.000 kWh pr. år.</p> <p>Besparelse: Olie: 16.500 kr. pr. år Varmepumpe: 10.000 kr. pr. år Årlig besparelse: 6.500 kr. <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 15 år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Varmepumper har svært ved at levere høje fremløbstemperaturer, og hvis radiatoranlægget er dimensioneret for fx 70 °C i fremløb, vil det være nødvendigt at etablere større radiatorer.</li> <li>▪ Skal placeres hensigtsmæssigt ift. støj fra ventilatoren.</li> <li>▪ Drift og vedligehold.</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Elpris: 2 kr. pr. kWh Oliepris: ca. 11 kr. pr. liter Brandværdi for olie: 1 liter = 10 kWh COP-faktor for varmepumpe: 3,0 (1 kWh el producerer 3 kWh varme).</p>
Omkostninger	<b>Ca. 100.000 kr. inkl. montering.</b>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etableres i områder uden fjernvarme eller naturgas</li> <li>▪ Benyttes i forbindelse med gulvvarme</li> <li>▪ Benyttes som "hjælpemiddel" til opvarmning af bygningens brugsvand</li> <li>▪ Såfremt der er planlagt efterisolering af bygningen, tilrådes det at etablere og dimensionere varmepumpen herefter.</li> <li>▪ Kvalitetsvarmepumper er selvafrimende.</li> </ul>



## 8 Styring/Automatik

### 8.1 Belysningsanlæg

Titel	Belysningsanlæg
Område	Styring
Delområde	Elbesparelse
Beskrivelse af forslag	<p>Etablering af stand-alone automatik.</p> <p><b>Bevægelsessensorer (P.I.R):</b> Egner sig godt på trapper, gange og kældre og udendørs. De fleste bevægelsessensorer kan også indstilles til først at tænde, når det er mørkt. Kan også etableres i klasselokaler, som "åbning" af kontakter (lyset kan kun være tændt når føleren er aktiv).</p> <p><b>Dagslysstyring:</b> Egner sig godt til fx undervisningslokaler. Dagslysstyring regulerer behovet for kunstig belysning ift. dagslys niveauet i lokalet. Herved kan belysningen automatisk reduceres når dagslyset er tilstrækkeligt iht. lovkrav.</p>
Gevinstpotentiale	Ved etablering af automatisk styring af lyset kan der <b>spareres mellem 20 – 40 %</b> på elregningen til belysning (iht. undersøgelser fra Energistyrelsen).
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>Større udgifter til drift og vedligehold.</li> </ul>
Forudsætninger	<p>Anlægget skal være egnet til etablering af styring.</p> <p>Ved dagslysstyring skal de eksisterende armaturer kunne dæmpes. Ellers skal der etableres nye armaturer (eventuelt etablering af dagslysstyring, hvis gamle armaturer alligevel skal udskiftes).</p>
Omkostninger	
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klarlægge hvor der er behov for styring (lokaler som ofte står tændt).</li> </ul>

### 8.2 Varmeanlæg

Titel	Varmeanlæg
Område	Styring
Delområde	Varmebesparelse
Beskrivelse af forslag	<p>Styring af bygningens varmeanlæg:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Centralt: på blandesløjfer</li> <li>Rumstyring: etablering af motorventiler på samtlige radiatorer</li> </ul>
Gevinstpotentiale	Mulighed for natsænkning, og derved 5 % besparelse pr. grad.
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>Større udgifter til drift og vedligehold.</li> </ul>
Forudsætninger	

Omkostninger	<p>Centralt på blandesløjfer etableres motorventil og styringskomponenter Ca. 30.000 kr. pr. blandesløjfe</p> <p>Decentralt på rumniveau etableres der motorventiler på samtlige radiatorer. Ca. 5.000 kr. pr. lokale.</p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kortlægge bygningens varmeanlæg, og bestemme relevante områder til etablering af styring.</li> </ul>

### 8.3 Ventilationsanlæg

Titel	Ventilationsanlæg
Område	Styring
Delområde	Energibesparelse
Beskrivelse af forslag	<p>Styring af bygningens ventilationsanlæg.</p> <p>Gennemgang af bygningens ventilationsanlæg for at klarlægge behov.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opsætning af temperatur- og CO<sub>2</sub>-følere i lokaler.</li> <li>▪ Indbygning af VAV-spjæld i ventilationskanaler.</li> <li>▪ Udskiftning af ventilatorer til nye med frekvensstyring eller etablering af frekvensomformere.</li> </ul>
Gevinstpotentiale	<p>Besparelsen afhænger meget af, hvordan det eksisterende anlæg er udformet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Små anlæg forsynes eventuelt med ur-styring. Her vil gevinstpotentialet ikke kunne dække en større ombygning.</li> <li>▪ Store anlæg, som fx forsyner en hel klassefløj, kan eventuelt opkobles CTS-anlæg, og der monteres fuld styring. Her er gevinstpotentialet noget bedre, da anlægget kører med store luftmængder, og derfor vil etablering af styring bedre kunne betale sig.</li> </ul>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Øget drift og vedligehold.</li> </ul>
Forudsætninger	Anlægget skal være egnet til etablering af styring.
Omkostninger	Afhænger meget af omfanget af styringen; fx urstyring kontra fuld CTS-opkobling.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bygningens ventilationsanlæg skal registreres, og hvert anlæg skal beskrives (funktion og omfang), og derved kan det bestemmes, hvilken form for styring der er mest relevant/optimal til det enkelte anlæg.</li> </ul>

#### 8.4 Lokalebegrænsninger

Titel	Lokalebegrænsninger
Område	Styring
Delområde	Energibesparelse
Beskrivelse af forslag	<p>Kun have dele af bygningen åben om aftenen, når der er behov for dette. På denne måde kan den resterende del af bygningen stadig være på "natdrift".</p> <p>Fx indstilles 3 af bygningens 4 blandesløjfer til natdrift fra klokken 18:00. Og den 4. blandesløjfe kører normaldrift frem til 23:00.</p>
Gevinstpotentiale	<p>Besparelsen ved dette tiltag er meget varierende, og en beregning vil ikke give et brugbart billede af potentialet.</p> <p>Dog er det meget klart, at hvis man kan begrænse omfanget af lokaler, som er i "drift" udenfor den reelle åbningstid, kan man ved få midler spare en del på energiregningen.</p> <p><b>Generelt kan der indregnes en varmebesparelse til opvarmning på 5 % pr. sænket grad over et døgn (varmeforbruget vil være den største energibesparelse).</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Begrænset frihedsgrad.</li> </ul>
Forudsætninger	Varmeanlægget skal være egnet til aflukning af enkelte områder/lokaler/fløje eller lignende (se punkt 8.2).
Omkostninger	Afhænger i høj grad af, hvad der er af muligheder i dag.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Udvælge bestemte lokaler, fløje eller bygninger, som kan fungere til aftenbrug. Resterende lokaler sættes på natdrift.</li> </ul>

## 9 Klimaskærm

Klimaskærmen består af:

- Tag/loft
- Ydervægge
- Vinduer/døre
- Gulv/fundament

Ved energibesparende tiltag skal der fokuseres på de områder af klimaskærmen, som er dårligst isole-rede. Herved opnås de største energibesparelser, og samtidigt kan der opnås væsentlige indeklimatefor-bedringer.

### Typiske svage steder i klimaskærmen:

- Utætte vinduer giver et øget varmetab og det medfører ofte træk.
- Hulfursisolering af ydervæggen er den mest rentable investering, og samtidig hæves overfladetem-peraturen inde i lokalerne.
- Hvis isoleringen på loftet er trådt i stykker, så øges varmetabet væsentligt. Det kan repareres med mineraluldsgranulat.
- Når udvendige døre skiftes kan tætningen mellem rammen og muren være utilstrækkelig og det giver træk.

9.1 Vinduer

Titel	Vindues udskiftning
Område	Klimaskærm
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Udskiftning af gamle vinduer til nye lavenergivinduer.
Gevinstpotentiale	<p>Udskiftning af et vindue på 2 m<sup>2</sup>.                      Nuværende U-værdi: 3,0 W/m<sup>2</sup>K                      Ny U-værdi: 1,0 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Nuværende årligt varmetab: 418,5 kWh                      Nyt årligt varmetab: 139,5 kWh</p> <p>Besparelse: 279 kWh eller 139,5 kr. pr. år.</p> <p><b>Simpel tilbagebetalingstid på ca. 36 år.</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fugttekniske problematikker ved en tættere klimaskærm. Der kan forekomme kondens såfremt udluftningen ikke er tilstrækkelig.</li> </ul>
Forudsætninger	Fjernvarmepris på 0,5 kr. pr. kWh.
Omkostninger	Pris vindue: 5.000 kr. inkl. moms, estimeret overslag.
Evt. gode råd til implementering	<p>Som det fremgår af ovenstående beregninger kan det ikke betale sig at udskifte velfungerende vinduer, også selvom disse har en ringe isoleringsevne. Derfor tilrådes det at lave en gennemgang af vinduer, og kun i tilfælde hvor disse er meget udtjente laves der en udskiftning.</p> <p>Hvis prisen pr. kWh varme er væsentligt højere end 0,5 kr., kan en udskiftning være mere realistisk (fx i bygninger med olie- eller gasfyr).</p> <p>En anden mulighed kunne være indregning af vedligeholdelsesbudgettet ved udskiftning af vinduer. Dette kan måske være med til at rykke investeringen fremad.</p> <p>Eksisterende vinduer kan dog med fordel renoveres; herunder stramme hængsler, udskifte lister mv.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Er tætningslister monteret korrekt?</li> <li>▪ Er tætningslister tilstrækkelig bløde og elastiske?</li> <li>▪ Dug eller hvidlige striber i glashulrummet tyder på punkteret rude, og en udskiftning kan være fornuftig.</li> </ul>

9.2 Hulmursisolering

Titel	Hulmursisolering
Område	Klimaskærm
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	Indblæsning af granulatisolering i eksisterende uisolerede hulmure.
Gevinstpotentiale	Ved efterisolering af 100 m <sup>2</sup> hulmur svarende til 75 mm isoleringslag kan følgende besparelse opnås:  <b>7669,2 kWh pr. år pr. 100 m<sup>2</sup></b> <b>eller 3.835 kr./år</b> <b>Simpel tilbagebetaling: ca. 4 år.</b>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Isoleringen kan synke sammen og ligge i bunden af væggen og giver dermed ikke den ekstra isolering, der er regnet med.</li> <li>▪ Mange gamle bygninger er opført af mursten, der ikke er særligt stærke, og som er blevet gamle med huset. Der kan opstå frostsprængninger, fordi temperaturen sænkes i ydervæggen, idet mindre varme siver ud igennem den. Derved kan dele af murstenen knække af, fordi fugten i stenen fryser.</li> </ul> <p>Derfor er det vigtigt at få professionelle til at undersøge ydervæggen, og lade dem vurdere hvorvidt den er egnet til indsprøjtning af granulatisolering.</p>
Forudsætninger	<p>U-værdi uisoleret: 1,5 W/m<sup>2</sup>K U-værdi isoleret: 0,4 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Varmepris: 0,5 kr./kWh</p> <p>Det er forudsat, at den eksisterende mur er i en sådan stand, at der ikke er behov for udskiftninger af sten inden indblæsning af granulat.</p>
Omkostninger	14.000 kr. pr. 100 m <sup>2</sup> hulmur (iht. ISOVER).
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Udføres kun ved bygninger, som ikke allerede er hulmursisoleret.</li> <li>▪ Ydervæggen skal være tæt og i fin stand.</li> <li>▪ Hvis ydervæggen allerede er hulmursisoleret, kan der eventuelt laves termografiske billeder af ydervæggen for at se om isoleringen er "faldet sammen".</li> </ul>

### 9.3 Loftsisolering

Titel	Loftsisolering
Område	Klimaskærm
Delområde	Varmeforbrug
Beskrivelse af forslag	<p>Reparation/forøgelse af loftsisolering med mineraluldsgranulat.</p> <p>Se efter steder hvor isoleringen på loftsrummet er ødelagt eller helt udeladt.</p> <p>Ligesom ved hulmursisoleringen kan man hurtigt og nemt få indblæst granulat på loftet, og herved skabe en forøget isoleringsevne.</p>
Gevinstpotentiale	<p>Beregningseksempel:</p> <p>Eksisterende loft er isoleret med ca. 100 mm isolering, men isoleringen er mangelfuld og isolerer kun som 50 mm.</p> <p>Der påføres 300 mm mineraluldsgranulat og isoleringen svarer nu til 350 mm (kunne måske være 400 mm da huller og revner i den eksisterende isolering dækkes/reparerer).</p> <p>Der regnes for 100 m<sup>2</sup> loft.</p> <p>Nuværende varmetab pr. år (kun isolering er medtaget): ca. 5.200 kWh Nyt varmetab pr. år (kun isolering er medtaget): 1.100 kWh</p> <p>Årlig besparelse: 2050 kr. <b>Simpel tilbagebetalingstid: ca. 7,5 år</b></p>
Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Det løse granulat har den ulempe, at det kan ende nede i underetagen, hvis der er huller eller revner i loftet. Derfor bør revner tættes eller lukkes af inden indblæsningen.</li> </ul>
Forudsætninger	Fjernvarme pris: 0,5 kr. pr. kWh
Omkostninger	<p>Iht. danskisolering (300 mm pr. m<sup>2</sup>): 150 kr. Investering: 15.000 kr. (Rockwool Granulat PRO)</p>
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Loftet tættes inden indblæsning af granulatet.</li> <li>▪ Det <b>skal</b> sikres at dampspærre mv. er tætte, og at loftet er egnet til efterisolering.</li> </ul>

## 10 Diverse

### 10.1 Apparater/udstyr

Titel	El-forbrugende apparater
Område	Diverse
Delområde	Elforbrug
Beskrivelse af forslag	Udskiftning til nye lavenergi apparater, og alternativt vurdere om det eksisterende helt kan undlades.  Bygningen gennemgås og der laves en vurdering af de enkelte elforbrugende apparater.
Gevinstpotentiale	Et gammelt køleskab på 300 liter, som i gennemsnit har et årligt elforbrug på 383 kWh, vil kunne udskiftes med et nyt i energiklasse A++, der kun bruger 116 kWh om året:  <b>Årlig besparelse: 267 kWh eller ca. 530 kr.</b> <b>Tilbagebetalingstid: 5-6 år.</b>
Evt. ulemper	
Forudsætninger	Elpris: 2 kr. pr. kWh
Omkostninger	Pris køleskab: 3000 kr.
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Køb for så vidt muligt lavenergi apparater, som fx køleskabe i A++</li> <li>▪ Er der et behov her? Eller kan apparatet helt undværes?</li> <li>▪ Åbne kølemotrer skal afdækkes med låg eller lignende.</li> </ul>

### 10.2 Standby strøm

Titel	Eliminering af standby-forbrug
Område	Diverse
Delområde	Elforbrug
Beskrivelse af forslag	På forskellige niveauer skal det sikres, at elforbrugende apparatur ikke står på standby. Fx ved etablering af elbesparende skinner, tidsstyrede kontakter, urstyring på el-tavler mv.
Gevinstpotentiale	Meget afhængigt af det nuværende omfang og brugernes vaner, vil der være varierende besparelser. Dog er mange af investeringerne billige, og en tilbagebetalingstid vil ofte være i den lavere ende.  Såfremt en el-tavle til en enkelt fløj er inddelt i underpunkter, kan der med fordel etableres urstyring, som fraopkobler strømmen til de enkelte underpunkter ved givne klokkeslæt, fx slukkes alt lys til gange og klasselokaler klokken 17:00.



Evt. ulemper	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Drift og vedligeholdelse af de elbesparende tiltag.</li></ul>
Forudsætninger	
Omkostninger	
Evt. gode råd til implementering	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gennemgang af fx el-tavler med fagmand for at klarlægge muligheder for eliminering af standby forbrug ved "sluk alt"-funktion.</li></ul>

## 11 Fremtidens byggeri

Hvis man i dag skal opføre et byggeri efter bygningsklasse 2020 (det fremtidige lavenergibyggeri), er det nødvendigt at have fokus på de enkelte bygningsdele og installationer for at imødekomme de skærpede energikrav.

Dette afsnit vil belyse nogle centrale fokuspunkter og løsninger, som kan stå eksempel når man ønsker at opføre et nyt energibevidst byggeri. Dette med fokus i nedenstående punkter.

- Klimaskærmen
- Ventilationsanlæg
- Belysningsanlæg
- Varmeanlæg
- Vedvarende energi

### 11.1 Klimaskærm

Klimaskærmen består af ydervægge, tagkonstruktion, terrændæk og vinduer/døre. Yderligt skal der være fokus på linjetabene mellem de enkelte bygningsdele samt utætheder i klimaskærmen, så disse minimeres.

*"Luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen må ikke overstige 0,5 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa."* – BR10.

- Ydervægge isoleres med ca. 400 mm mineraluld.
- Terrændæk isoleres med ca. 550 mm polystyren.
- Tagkonstruktionen isoleres med ca. 550 mm mineraluld.

Det er vigtigt at pointere, at yderlig isolering af klimaskærmen i mange tilfælde ikke er økonomisk fordelagtigt fremfor at benytte sig af fx solceller. Dette fordi varmebesparelse er eksponentielt faldende med isoleringstykkelsen.

Generelt tilstræbes det at holde linjetabet mellem ydervæg og fundamenter omkring 0,12 W/mK.

Vinduer og døre leveres med en samlet U-værdi på maksimalt 0,8 W/m<sup>2</sup>K, og indbygges i ydervægge med et linjetab på maksimalt 0,03 W/mK.

*"... opført som bygningsklasse 2020, skal glasarealet i undervisningsrum og opholdsrum være mindst 15 pct. af gulvarealet..."* – BR10.

### 11.2 Ventilationsanlæg

Ventilationsanlægget skal opbygges, som et komplet VAV-anlæg (Variable Air Volume) med regulerende luftmængder på rumniveau. I birum er udsugning dog tilstrækkeligt.

Anlægget skal være styret af bygningens CTS-anlæg ved temperatur- og CO<sub>2</sub>-følere placeret i opholdszoner, på denne måde tilføres de enkelte lokaler præcis den luft, som er nødvendigt for opretholdelse af et godt indeklima samtidigt med at unødigt elforbrug undgås.

Varmegenvindingen på varmeveksleren skal være så høj som muligt, og med en minimums genvindingsgrad på 85 %. Anlæggets specifikke elforbrug må ikke overskride 1500 J/m<sup>3</sup> transporteret luft.

### 11.3 Belysningsanlæg

Der installeres armaturer med høj virkningsgrad og lavenergi lyskilder såsom LED. Det anbefales at holde effektforbruget omkring  $6 \text{ W/m}^2$ .

Belysningen styres ved stand-alone-automatik ved opsætning af PIR-følere i de enkelte lokaler, og i undervisningslokaler, og andre lokaler med gode lysforhold, etableres der yderligere dagslysstyring, som kan regulere lyseffekten i forhold til lysindfaldet.

Ved nat-/weekenddrift skal strømmen til de enkelte elforbrugende processer kunne afbrydes helt fx ved urstyring på el-tavler; eliminering af standby forbrug.

### 11.4 Varmeanlæg

Anlægget dimensioneres så der opnås en god afkøling over radiatorerne, så pumper har den rette størrelse, røranlægget ikke har for stort tryktab m.m.

Alle rør isoleres med min. 50 mm isoleringskappe, samtlige komponenter monteres med tilhørende polystyrenkappe, og varmevekslere leveres i præisolerede installationskabe.

Såfremt bygningen opvarmes med gas skal der installeres højeffektive kondenserende gaskedler med virkningsgrader omkring 98 - 105 %. Husk at radiatoranlægget skal dimensioneres iht. fremløbstemperaturen fra kedlerne.

### 11.5 Brugs vand

Nedenfor er listet nogle økonomisk fordelagtige vand-/energibesparende tiltag, som kan tages i betragtning ved nybyggeri.

- Afløb med indbygget varmeveksler til genvinding af spildevandet fra baderum.
- Sparebrusere; benyt sparebrusere som har en god vandfordeling, på denne måde mærkes nedjusteringen af vandmængden ikke så tydeligt.
- Perlatorer med vandbegrænser på vandhaner.
- Kun koldt vand i håndvaske på toiletter.

### 11.6 Vedvarende energi

Når bygningen er optimeret installations- og konstruktionsmæssigt kan man sætte fokus på alternative energiformer, som dem listet nedenfor.

#### 11.6.1 Solceller

Et solcelleanlæg kan, som udgangspunkt, etableres på alle bygninger. Dog er der visse kriterier, som er essentielle ved opstilling af solcelleanlæg:

- Størrelsen: Solcelleanlægget skal dimensioneres så elproduktionen kan aftages i bygningen på en gennemsnitlig åbningsdag. Da skoler ikke er i "normal" drift i weekenderne underdimensioneres solcelleanlægget en smule (ca. 25 %). På denne måde minimeres overproduktionen, og derved antal kWh som skal sælges til elnettet til en lavere pris end købsprisen, og i sidste ende giver dette en mere fordelagtig forrentning på anlægget.
- Placering: Så vidt muligt mod syd, og med en minimums hældning på  $15^\circ$  for at opnå "selvrensning".

#### 11.6.2 Solvarme

Et solvarmeanlæg kan producere energi til både varmt brugsvand og til opvarmning af bygningen. Da anlægget producerer den meste energi i sommerhalvåret, hvor bygningen ikke har behov for opvarmning, ses der her bort fra brugen af solvarme til opvarmning.

Solvarmeanlæg kan være svære at dimensionere præcist, og det er derfor meget vigtigt, at bygningens varmtvandsforbrug er nøje bestemt. Anlægget dimensioneres for ca. 50 – 70 % af bygningens årlige varmtvandsforbrug.

Som hovedregel frarådes det at etablere solvarmeanlæg på bygninger, som er tilsluttet fjernvarme, fordi rentabiliteten på anlæggene som oftest vil være dårlig.

### 11.6.3 Varmepumper

Der findes 3 typer varmepumper:

- Jord – vand (den mest effektive)
- Luft – vand
- Luft – luft

Varmepumper er meget effektive ved lave fremløbstemperaturer. Derfor tilrådes det at benytte disse i samarbejde med gulvvarmeanlæg, hvor en lav fremløbstemperatur er nødvendig.

Som hovedregel frarådes det at etablere varmepumpeanlæg i bygninger, som er tilsluttet fjernvarme eller naturgas, fordi rentabiliteten på anlæggene som oftest vil være dårlig.