

# **Energibevidst Projektering - metodebeskrivelse**

Dansk Energi Analyse A/S  
Erik K. Jørgensen AS  
a/s Pentra

August 2001

# **Energibevidst Projektering - metodebeskrivelse**

Dansk Energi Analyse A/S  
Erik K. Jørgensen AS  
a/s Pentra

August 2001

## **Forord**

F.R.I, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, har i 1999-2001 med støtte fra Energistyrelsen gennemført et rammeprogram for energibevidst projektering med det formål at styrke opmærksomheden over for mulighederne i energibevidst projektering samt at opbygge kompetence hos erhvervsvirksomhederne og disses leverandører og rådgivere.

Rammeprogrammet har omfattet udarbejdelse af en metode til energibevidst projektering samt syv vejledninger på specifikke teknologiområder. Der er desuden gennemført en række demonstrationsprojekter og afholdt temamøder og kurser m.v.

Metoden til energibevidst projektering er udarbejdet af de rådgivende firmaer Dansk Energi Analyse A/S, Erik K. Jørgensen AS og a/s Pentra.

Metodebeskrivelsen er opdelt i to dele, hvoraf del I er en oversigt over metoden, mens del II er en mere detaljeret beskrivelse af de vigtigste elementer. Del I kan læses i sin helhed, mens del II kan bruges som et opslagsværk, hvor hvert afsnit belyser stikord som behovsanalyse, totaløkonomi, organisation, energigranskeren osv.

# Indholdsfortegnelse

<b>Del I. Oversigt over metoden.....</b>	<b>4</b>
1. Definition .....	4
2. Hovedpunkter .....	4
3. Den energibevidste indsats gennem projektets faser .....	4
4. Organisering af indsatsen .....	7
5. Korrespondance mellem metodebeskrivelse og vejledninger .....	8
6. Gode råd .....	10
<b>Del II. Detaljeret beskrivelse af metoden.....</b>	<b>11</b>
7. Projektforløb og arbejdsopgaver .....	11
7.1 Relationer til det øvrige projekteringsarbejde .....	11
7.2 Projektforløb.....	11
7.3 Arbejdsopgaver .....	13
8. Projektorganisation.....	18
9. Ledelsesnotat .....	20
10. Projektlederens opgaver .....	20
10.1 Kortlægning af energiforbruget .....	21
10.2 Miljøscreening .....	21
10.3 Omfanget af den rimelige indsats .....	22
10.4 Integration af delprojekter .....	24
11. Projektgruppens opgaver .....	25
11.1 Behovsanalyse .....	25
11.2 Totaløkonomi.....	27
11.3 Leverandørnotat.....	29
11.4 Opgørelse af opnåede besparelser.....	30
12. Energigranskning.....	30
12.1 Definition og formål .....	30
12.2 Energigranskningens afgrænsning.....	31
12.3 Energigranskeren .....	31
12.4 Udførelse af energigranskning.....	32
12.5 Tidspunkter for energigranskning.....	33
12.6 Energigranskningsområder og checklister.....	34
12.7 Dokumentation .....	34
Bilag 1. Eksempel på procedure for energibevidst projektering.....	36
Bilag 2. Skema over aktiviteterne i energibevidst projektering.....	38
Bilag 3. Eksempel på ledelsesnotat.....	39
Bilag 4. Regneark til kortlægning af energiforbruget.....	41
Bilag 5. Regneark for omfang af indsatsen.....	43
Bilag 6. Eksempler på behovsanalyse og opstilling af løsningsmuligheder .....	44
Bilag 7. Eksempel på opgørelse af totaløkonomien.....	48
Bilag 8. Beregning af totalomkostninger .....	49
Bilag 9. Eksempel på leverandørnotat .....	50
Bilag 10. Skema til opgørelse af opnåede besparelser.....	56
Bilag 11. Checklister til energigranskning .....	57
Bilag 12. Energigranskning, resultatskema .....	59

## Henvisninger

Behovsanalyse .....	25	Omfanget af den rimelige indsats.....	22
Energigransker .....	31	Opgørelse af opnåede besparelser .....	30
Energigranskning .....	30	Projektorganisation.....	18
Kortlægning af energiforbrug .....	21	Totalleverandører .....	17
Ledelsesnotat .....	20	Totaløkonomi .....	27
Leverandørnotat .....	29	Underleverandører .....	16
Miljøscreening .....	21		

# Del I. Oversigt over metoden

## 1. Definition

Det er bedre at forebygge end at helbrede. For energiforbrugende udstyr betyder det, at de største og billigste energibesparelser opnås ved at effektivisere udstyret allerede på udviklingsstadiet frem for bagefter.

Energibevidst projektering er en hjælp til virksomheder, leverandører og rådgivere til at projektere anlæg med effektiv udnyttelse af energien og med lavest mulige totalomkostninger.

### **Definition på energibevidst projektering**

Projektering, der inddrager en reduktion af energiforbruget gennem behovsanalyser og optimering af anlæggets totaløkonomi.

Energibevidst projektering indgår i projekteringsarbejdet på linie med en række andre aktiviteter og skal ses som en naturlig del af det normale projekteringsforløb.

## 2. Hovedpunkter

Sagt meget kort er hovedpunkterne i metoden:

- at afdække det grundlæggende behov for energitjeneste og tilpasse anlægget til dette.
- at opstille alternative, energieffektive løsninger gennem projektets faser og vælge mellem disse ud fra deres totaløkonomi (de samlede investerings- og driftsomkostninger).
- at sikre, at også totalleverandører og underleverandører arbejder energibevidst.
- at kvalitetssikre den energibevidste indsats gennem energigranskning
- at tilpasse den ekstra indsats for energieffektivisering efter værdien af de mulige besparelser.

Energieffektivisering har altid været en del af projekteringsopgaven. Det nye i energibevidst projektering er, at de projekterende eksplicit skal vurdere det reelle behov, der skal dækkes, og optimere totaløkonomien. Det er også nyt, at indsatsen kvalitetssikres af en energigransker, som svarer til projektgranskeren i det normale projekteringsforløb.

## 3. Den energibevidste indsats gennem projektets faser

Energibevidst projektering består af en række energibevidste aktiviteter igennem projektets faser. Aktiviteterne er kort beskrevet i dette afsnit. Et skema over aktiviteterne er vist i bilag 2, og en mere udførlig beskrivelse findes i rapportens del II (ord i kursiv henviser til afsnit i del II, se "Henvisninger" i Indholdsfortegnelsen).

Beskrivelsen refererer til den faseopdeling, som normalt benyttes for erhvervslivets projekter.

### **Planlægning/program**

Virksomhedens ledelse (bygherren) opstiller retningslinier for den energibevidste indsats (*ledelsesnotat*), hvis de ikke allerede findes i et energiledelsessystem.

Udarbejdelse af *behovsanalyse* for at klarlægge de grundlæggende behov, anlægget skal dække. (Dette gælder især perifere anlæg, mens virksomhedens kerneprocesser normalt ”behovanalyseres” i et løbende udviklingsarbejde).

Opstilling af alternative anlægskoncepter, som vurderes ud fra totaløkonomien, hvori energiomkostningerne indgår.

Udpegning af en *energigransker*, som i denne fase gransker behovsanalysen og de opstillede anlægskoncepter.

Valg af anlægskoncept.

### **Skitseprojekt/projektforslag**

Den energibevidste indsats planlægges i hovedtræk med hensyn til omfang og væsentlige faser (*omfanget af den rimelige indsats*). Det gøres ud fra en foreløbig *kortlægning af anlæggets energiforbrug*.

Projektgruppen sammensættes/udbygges med den nødvendige energividen.

Der gennemføres eventuelt en mere detaljeret *behovsanalyse*.

Opstilling af alternative udformninger af anlægget. De vurderes ud fra *totaløkonomien*.

*Miljøscreening* af skitseprojektet for at sikre, at de energieffektiviserende tiltag ikke medfører uacceptable miljøpåvirkninger.

*Energigranskning* af anlægsudformningen og skitseprojektets øvrige resultater.

### **Detailprojekt**

Driftsforhold og driftsdata fastlægges. Herunder vurderes også omfang af produktionsomstilling og tomgang.

Optimering af anlægsdele og valg af komponenter ud fra *totaløkonomi*.

Valg af styrings- og reguleringsprincip, som sikrer høj energieffektivitet ved de almindeligt forekommende driftsforhold.

*Energigranskning* af detailprojektets resultater

### **Udbud**

Udbudsmaterialet udformes med oplysninger om driftsforhold samt om energipriser og krav til anlægsøkonomi og til energieffektivitet af kom-

ponenter m.m. Disse oplysninger kan samles i et *leverandørnotat*. Oplysningerne skal gøre det muligt for leverandørerne at optimere *totaløkonomien* for de tilbudte anlæg og eventuelt foreslå alternative løsninger.

### **Tilbud**

Vurdering af de løsninger, anlæg og komponenter, som leverandørerne tilbyder. Vurderingen sker ud fra *totaløkonomien*.

Ved totalleverancer (hvor anlægsprisen ofte presses langt ned på bekostning af energieffektiviteten) foretages en grundig *energigranskning* af tilbudene.

### **Kontrakt**

Fastlæggelse af målbare krav til udstyrets energieffektivitet.

Ved funktionsudbud og totalleverancer fastlægges også retningslinier for leverandørens energibevidste projekteringsindsats og herunder for *energigranskningen*.

### **Leverance/etablering**

Vurdering af, om eventuelle ændringer i de forudsatte driftsforhold og energipriser m.v. nødvendiggør en revurdering eller justering af de valgte løsninger.

Energieffektiv indregulering af ydelsen til det ønskede niveau.

### **Aflevering**

Måling af anlæggets ydelse og energiforbrug, der sammenholdes med de fastlagte krav. Desuden sammenholdes de med det forventede energiforbrug ved et traditionelt projekteret anlæg, så der opnås en *opgørelse af opnåede besparelser*.

### **Ibrugtagning**

Erfaringerne fra den energibevidste indsats indsamles og vurderes.

Resultaterne af og meromkostningerne ved energibevidst projektering opgøres.

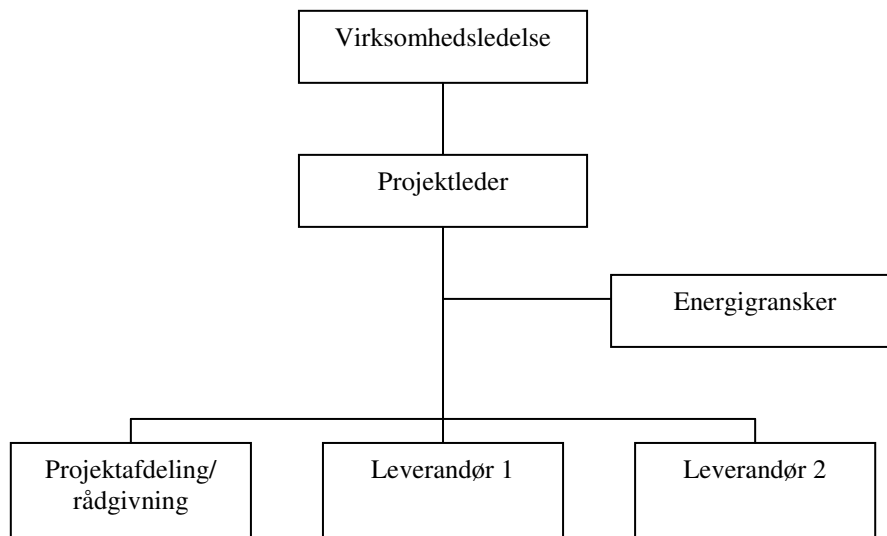
### **Drift**

Driftsfasen ligger uden for det egentlige projektforsløb, men anlæggets ydelse og energiforbrug bør jævnligt måles, så der kan gribes ind i tilfælde af en u hensigtsmæssig udvikling.

## 4. Organisering af indsatsen

Den energibevidste indsats i et projekt udføres af den almindelige *projektorganisation*, som derfor skal omfatte medarbejdere med faglig indsigt i energiforhold og energieffektivisering.

Som supplement til de projekterende udpeges en *energigransker*, som typisk er fra virksomheden selv eller fra en rådgiver. Energigranskeren må ikke være direkte involveret i det pågældende projekt, men skal have "friske øjne". En typisk (simpel) projektorganisation er vist i figur 1.



Figur 1. Typisk projektorganisation

**Virksomhedsledelsen** udstikker retningslinierne for den energibevidste indsats i f.eks. et *ledelsesnotat*, hvis de ikke allerede er beskrevet i et energiledelsessystem.

**Projektlederen** opbygger en *projektorganisation* med de nødvendige kvalifikationer, også på energiområdet, og udpeger *energigranskeren*. Projektlederen sørger for, at de opstillede retningslinier følges af alle projekterende, også hos leverandørerne. Projektlederen gennemfører den overordnede *behovsanalyse* og planlægger den energibevidste indsats i hovedtræk.

**Energigranskeren** gennemgår projektdokumenterne i projektets energimæssigt vigtigste faser og kvalitetssikrer, at anlægget udføres energibevidst, dvs. at der er gennemført behovsanalyse og at løsninger og komponenter er optimeret ud fra totaløkonomien.

### Definition på *energigranskning*

En systematisk, sammenhængende og dokumenteret gennemgang af et projekt for at vurdere projektets energieffektivitet ved de forventede driftsforhold og for at foreslå yderligere forbedringer af energiforholdene.

**Projektafdelingen/rådgiverne** og **leverandørerne** gennemfører *behovsanalyser* på deres delområder, vurderer driftsforhold og opstiller alternative løsningsmuligheder vedrørende

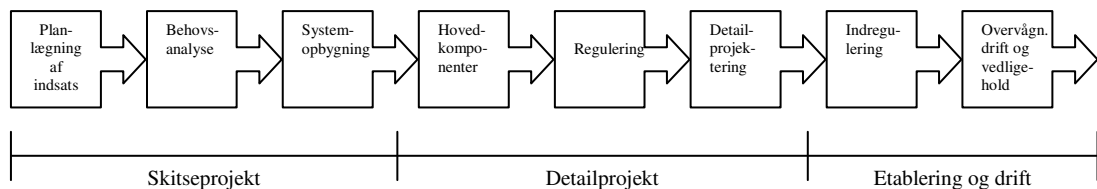


anlægsudformning, komponenter, regulering m.m. De vælger mellem alternativerne ud fra *totaløkonomien*.

## 5. Korrespondance mellem metodebeskrivelse og vejledninger

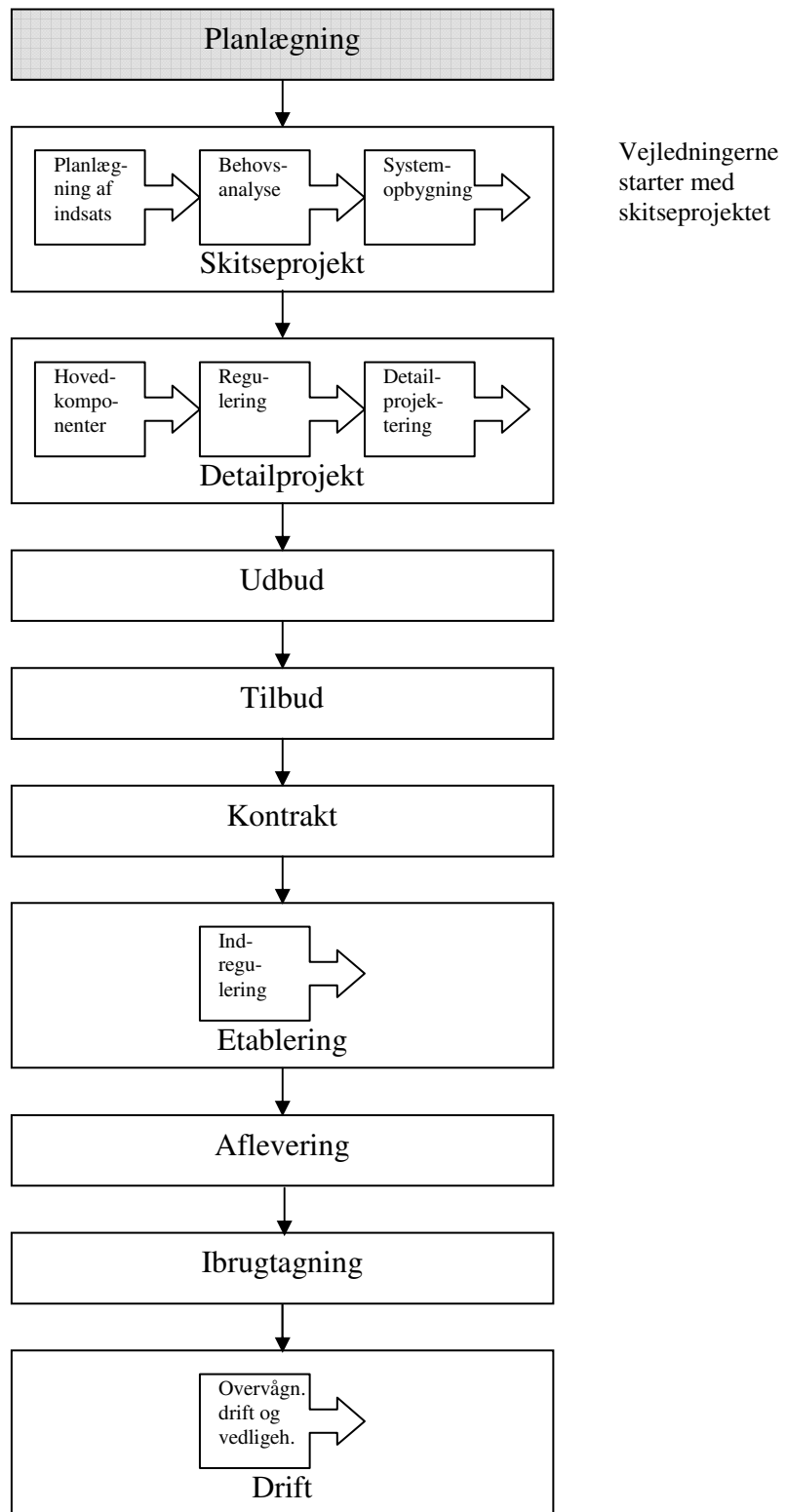
I Rammeprogrammet for Energibevidst Projektering er der ud over den generelle metodebeskrivelse også udarbejdet syv vejledninger vedrørende specifikke energiteknologier. Vejledningerne følger det samme faseopdelte projekteringsforløb som metodebeskrivelsen, men starter med skitseprojekt-fasen, idet man i planlægningsfasen principielt endnu ikke har valgt den teknologiske løsning, men først vælger denne som et resultat af behovsanalysen.

De fleste vejledninger er ud over at være faseopdelte også opdelte på hovedaktiviteter, se figur 2.



Figur 2. Fase- og aktivitetsopdelingen i vejledningerne

Sammenhængen mellem metodebeskrivelsen og vejledningerne kan illustreres som vist i figur 3. Som det ses fokuserer vejledningerne på skitseprojekt, detailprojekt, etablering og drift, mens de øvrige faser ikke uddybes, da metodebeskrivelsen dækker disse faser.



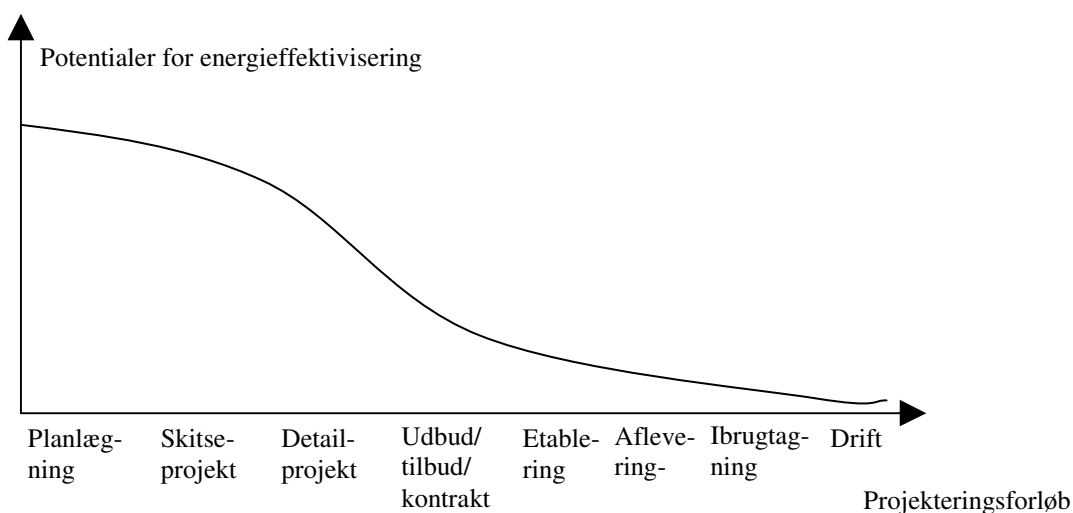
Figur 3. Korrespondance mellem projektfaserne i metodebeskrivelsen og hovedaktiviteterne i vejledningerne

## 6. Gode råd

Finder en virksomhed det umiddelbart for omfattende med den foran beskrevne metode til energibevidst projektering, er det muligt at starte med meget få aktiviteter og dermed komme i gang og få erfaringer med fordele og omkostninger ved en energibevidst indsats. Nedenfor findes fire gode råd, som virksomheden kan lade sig inspirere af. Giver erfaringerne lyst til en mere systematisk indsats, er det let at udvide med flere aktiviteter som beskrevet i afsnit 3.

### Start tidligt i projektforsløbet

I starten af projektet er der færrest bindinger og dermed de største muligheder for at påvirke løsningerne og spare energi, se figur 4. Det er derfor vigtigt at gennemføre en energibevidst indsats i de indledende faser. En indsats, der starter senere, vil dog også kunne give besparelser, således som figuren illustrerer.



Figur 4. Potentialer for energieffektivisering igennem projektets faser.

### Vurder behovet nøje

En omhyggelig vurdering af det behov, som et anlæg skal dække, resulterer ofte i forslag til andre måder at dække det grundlæggende behov på. Dermed åbnes for energibesparelser og lavere investeringer.

### Udpeg en energigransker

*Energigranskeren* skal kvalitetssikre den energimæssige side af projekteringsarbejdet og bl.a. vurdere fastlæggelse af behov, fastlæggelse af driftsforhold og detailprojekteringen.

### Stil krav til leverandørerne

Leverandørerne skal dokumentere energiforbruget for de tilbudte anlæg og give forslag til løsninger med lavere energiforbrug. Det er især vigtigt ved totalleverancer, hvor der næsten udelukkende konkurreres på prisen på bekostning af driftsudgifterne.

## **Del II. Detaljeret beskrivelse af metoden**

### **7. Projektforløb og arbejdsopgaver**

#### **7.1 Relationer til det øvrige projekteringsarbejde**

Den energibevidste indsats er én af en række aktiviteter, der indgår i projekteringsarbejdet. Energibevidst projektering skal derfor indarbejdes i projekteringsarbejdet sammen med andre aktiviteter og skal behandles som en naturlig del af et normalt projekteringsforløb.

Ansvar for, at der tages de fornødne hensyn til energimæssige forhold, ligger hos bygherren (virksomheden) og dennes projektleder. Den indsats, der udøves hos de forskellige faggrupper, hos rådgivere og hos leverandører, kan ikke optimeres hver for sig. Det er nødvendigt, at projektlederen koordinerer projekteringsarbejdet.

#### **7.2 Projektforløb**

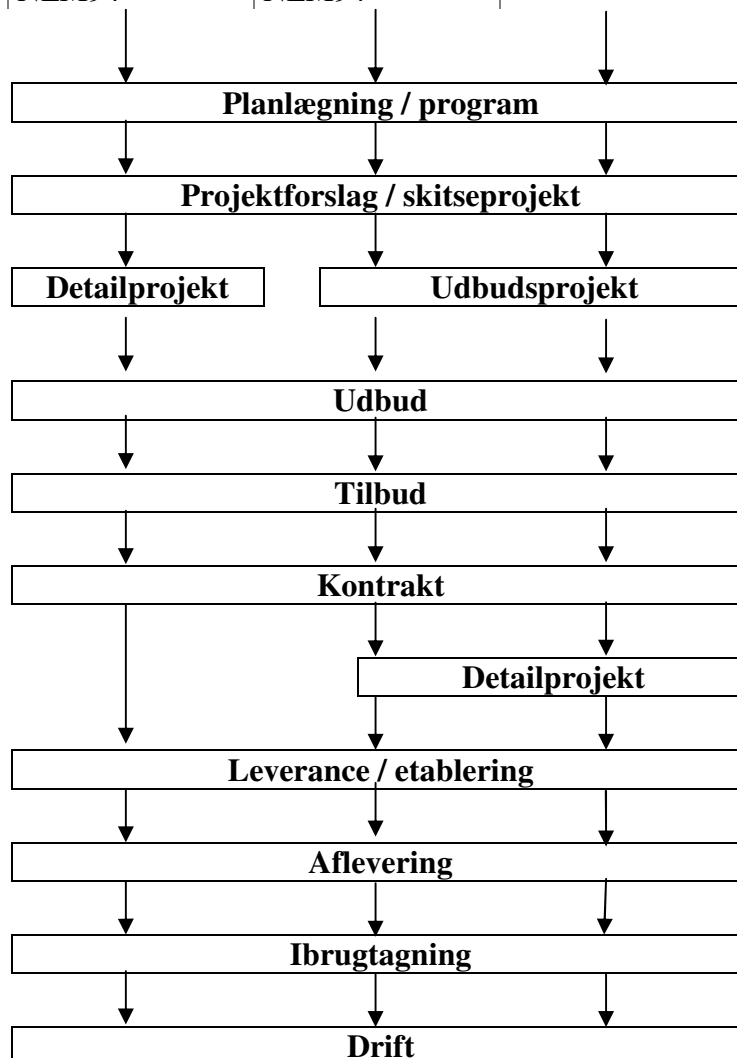
Metoden til energibevidst projektering knytter sig til de tre typiske udbudsformer, der benyttes ved projektering og etablering af erhvervslivets anlæg. Det er:

- Detailudbud
- Funktionsudbud
- Totalleverancer

Figur 5 viser skematisk faserne i projektforløbet for de tre typiske udbudsformer samt de karakteristika, der er afgørende for valg af udbudsform.

De energibevidste aktiviteter er stort set de samme, uanset udbudsform. Den væsentligste forskel mellem udbudsformener består i, at en del af projekteringsarbejdet ved funktionsudbud og totalleverance overdrages leverandører. Der bliver derfor behov for at sikre, at disse projekterer energibevidst, hvilket uddybes i afsnit 11.3.

<i>Udbudsform</i>	<i>Detailudbud</i>	<i>Funktionsudbud</i>	<i>Totalleverance</i>
<i>Ekspertviden hos</i>	Bygherre	Leverandører	Totalleverandør
<i>Udbud på</i>	Detailniveau	Funktionsniveau	Funktionsniveau
<i>Detailprojektering udføres af</i>	Bygherre eller dennes rådgiver	Leverandører	Totalleverandør og dennes underleverandører
<i>Procesansvar hos</i>	Bygherre	Leverandører	Totalleverandør
<i>Anlægstype</i>	Anlæg indenfor virksomhedens kerneområde	Perifere anlæg	Både anlæg indenfor virksomhedens kerneområde og perifere anlæg
<i>Kontrakttype</i>	AB92/NL92/NLM94	AB92/NL92/NLM94	ABT94



Figur 5. Oversigt over projekteringsforløbet i de tre typiske udbudsformer.

### 7.3 Arbejdsopgaver

Den energibevidste indsats skal indarbejdes i hele projektforløbet fra planlægning til drift. Indsatsen i de indledende faser af et projekt er specielt vigtig, fordi påvirkningsmulighederne her er store. Efterhånden som projekteringen skrider frem, og processer og komponenter lægges fast, mindskes mulighederne for at ændre i projektet. Dette er illustreret i figur 4.

Den energibevidste indsats varierer gennem projektets faser og afhænger af udbudsform og projektets parter. Nedenfor beskrives kortfattet de arbejdsopgaver, som projektets forskellige parter har igennem projektets faser.

#### **Virksomhedsledelse, projektleder og projektafdeling/rådgiver**

Planlægning / program
--------------------------

Virksomhedens ledelse udarbejder, med udgangspunkt i firmaets energipolitik, et ledelsesnotat med retningslinier for den energibevidste indsats i projekteringsarbejdet.

I projekter med et væsentligt energiforbrug tilknyttes en energigransker med stor viden og erfaring inden for energiområdet. Projektlederen planlægger forløbet og omfanget af granskningen.

Der udarbejdes en behovsanalyse for at klarlægge de grundlæggende behov, projektet skal opfylde. (For projekter inden for virksomhedens kerneområder er ”behovsanalysen” ofte en løbende aktivitet i udviklingsafdelingen og er således allerede udført).

Med behovsanalysen som udgangspunkt udarbejdes alternative anlægskoncepter. Alternativerne sammenlignes og vurderes ud fra en totaløkonomisk betragtning, hvor driftsomkostninger indgår på lige fod med anlægsinvesteringen.

Skitseprojekt/ projektforslag
----------------------------------

Projektlederen sammensætter eller supplerer projektgruppen, så den besidder den nødvendige viden om energimæssige forhold. Hensigten er, at de energimæssige hensyn skal behandles som en naturlig del af gruppens arbejde.

Løsningen, der blev valgt i planlægningsfasen, skitseres nærmere, og der udarbejdes eventuelt (for perifere anlæg) en mere detaljeret behovsanalyse.

Der udarbejdes alternative anlægskoncepter, der er mere detaljerede end i planlægningsfasen. Alternativerne sammenlignes ud fra en totaløkonomisk betragtning.

Der foretages en miljøscreening af den foreløbigt valgte løsning for at sikre, at de energieffektiviserende tiltag ikke medfører uacceptable miljøpåvirkninger.

Energiforbruget af det udstyr, der indgår i projektet, kortlægges for at få et overblik over det totale energiforbrug samt de mest energikrævende processer.

Med udgangspunkt i det forventede energiforbrug planlægges, hvor megen tid der med rimelighed kan benyttes til energibevidst projektering, samt på hvilke områder, der særligt bør sættes ind.

#### Detailprojekt

Hvis projektet udbydes som detailudbud, vurderes i løbet af detailprojekteringen alternative udformninger af delanlæg samt af styrings- og reguleringsprincip. Vurderingen sker ud fra en totaløkonomisk betragtning og under hensyntagen til alle de øvrige krav, der stilles til løsningen.

Anlæggets endelige driftsforhold og driftsdata fastlægges, herunder det forventede energiforbrug. Disse driftsdata er grundlag for den senere kontrol og justering af det færdige anlæg.

#### Udbudsprojekt

Hvis virksomheden udbyder projektet som funktionsudbud således, at detailprojekteringen udføres hos et antal underleverandører eller hos en totalleverandør, stilles der i udbudsmaterialet krav om, at energibevidst projektering skal gennemføres hos underleverandører/totalleverandør.

Der udarbejdes et leverandørnotat, der oplyser leverandørerne om krav til energieffektivitet, energipriser, økonomikriterier ved vurdering af alternative anlægskoncepter mv. således, at leverandørerne er i stand til at energioptimere deres leverancer. Eventuelt opstilles også mere konkrete ideer eller ønsker til alternative anlægskoncepter, som skal indgå i tilbudet.

#### Udbud

I udbudsmaterialet præciseres, at de indkomne tilbud vurderes både ud fra tilbudspris og forventede driftsudgifter (den totaløkonomiske model).

#### Kontrakt

De indkomne tilbud vurderes med hensyn til de løsninger, anlæg og komponenter, som tilbydes. Der foretages en vurdering af tilbudene ud fra totaløkonomien.

I kontrakten mellem virksomhed og leverandør aftales målbar energital for leverancen således, at energieffektiviteten kan kontrolleres ved den senere aflevering af anlægget.

Det kan endvidere aftales, at virksomheden foretager energigranskning af leverandørens projektdokumenter, inden anlægget bygges.

Leverance / etablering	Hvis der gennem projektforsløbet er sket ændringer i projektforsudsætningerne eller i de valgte detailløsninger, vurderes om disse ændringer er så store, at de valgte løsninger skal revurderes. En revurdering af løsningerne skal ske under hensyntagen til projektets fremskredne stade, samt under hensyntagen til de mulige energibesparelser.
Aflevering	<p>Når anlægget afleveres, måles anlæggets ydelse og energiforbrug og sammenholdes med de driftsforhold og driftsdata, der er specificeret under virksomhedens detailprojektering eller i kontrakten med leverandøren/underleverandører.</p> <p>Afviger ydelsen fra det specificerede eller det faktiske behov, skal anlægget justeres på en måde, der ikke forringer energieffektiviteten.</p>
Ibrugtagning	<p>Efter ibrugtagning opgøres den merinvestering og besparelse i driftsudgifter, som den energibevidste projektering har medført. Det sammenholdes med den ekstra projekteringstid, der har været anvendt. Desuden indsamles de erfaringer om energieffektivisering, som er opnået gennem projektforsløbet. Virksomheden kan anvende dette materiale ved tilrettelæggelsen af energibevidst projektering i fremtidige projekter.</p>
Drift	<p>Denne fase ligger efter projekteringen og er således ikke omfattet af energibevidst projektering, men derimod af andre energiledelses-aktiviteter som energistyring og vedligehold af energiforbrugende anlæg. Det indebærer, at virksomheden løbende overvåger anlæggets ydelse og energiforbrug. Ved mindsket ydelse eller øget energiforbrug skal årsagen klarlægges og anlægget vedligeholdes eller justeres på en sådan måde, at energieffektiviteten genetableres.</p>
<p><b>Energigranskeren</b></p> <p>Energigranskningen planlægges af projektlederen i planlægningsfasen, og det tidsmæssige omfang af granskningen fastlægges i skitseprojektet i forbindelse med fastlæggelsen af det rimelige tidsforbrug til hele den energibevidste indsats. Denne planlægning kan betyde, at granskningen koncentrerer om en eller nogle få projektfaser, men for større projekter kan der blive tale om granskning af alle faser frem til og med tilbudet (er beskrevet nedenfor – jævnfør også figur 11) eller til og med ibrugtagningen.</p>	
Planlægning / program	<p>Energigranskning er især vigtig i projektets tidlige faser, hvor påvirkningsmulighederne er store. I planlægningsfasen vurderes, om der er opstillet de nødvendige retningslinier for</p>



energiindsatsen, ligesom behovsanalysen drøftes. Desuden vurderes de opstillede alternative anlægskoncepter.

Skitseprojekt /  
projektforslag

Energigranskeren foretager de samme vurderinger som i planlægningsfasen, men på et mere uddybet grundlag. Desuden vurderes kortlægningen af det nye anlægs energiforbrug og prioriteringen af den energibevidste indsats. Der tages også stilling til miljøscreeningen.

Detailprojekt hos  
virksomheden

I denne fase vurderes de opstillede driftsforhold og driftsdata, samt om de enkelte delanlægs energiforhold er optimerede.

Udbudsprojekt

Gælder kun funktionsudbud/totalleverance. Virksomhedens energigransker vurderer, om funktionskravene sikrer et energimæssigt optimalt anlæg. Hvis der er flere funktionsudbud, vurderes den energimæssige sammenhæng mellem disse.

Tilbud

Specielt ved funktionsudbud er det vigtigt at granske tilbude-  
ne, inden der skrives kontrakt. Energieffektiviteten af de til-  
budte anlæg vurderes.

Detailprojekt hos  
leverandøren

I denne fase vurderes, om de enkelte delanlægs energiforhold er optimerede. Dette indebærer stillingtagen til relevante, alternative løsninger samt vurdering af leverandørernes behovsanalyser og totaløkonomiske optimering. Hvis der er flere leverandører, skal den energimæssige sammenhæng mellem disse leverandørers projekter vurderes.

#### **Underleverandøren ved funktionsudbud**

Tilbud

Med grundlag i virksomhedens funktionskrav og leverandør-  
notat undersøges alternative løsninger, og leverandøren tilby-  
der et anlæg, der er energimæssigt optimalt ud fra en total-  
økonomisk betragtning. Leverandøren tager således hensyn  
både til anlæggets pris og anlæggets driftsudgifter.

Detailprojektering

Leverandøren vurderer alternative udformninger af delanlæg  
ud fra en totaløkonomisk betragtning.

Leverandøren foretager energigranskning af egne løsninger.  
Projektdokumenter sendes til virksomheden for at blive ener-  
gigransket sammen med øvrige leverandørers projektdoku-  
menter.

Leverance / etablering	Hvis der igennem projektforløbet er sket ændringer i virksomhedens projektforsættninger eller i de valgte detail-løsninger, vurderes i samråd med virksomheden, om de valgte løsninger skal revurderes
Aflevering	Når anlægget afleveres, måles anlæggets ydelse og energiforbrug og sammenholdes med de driftsforhold og driftsdata, der er specificeret i kontrakten. Om muligt justeres anlægget til højere energieffektivitet.
<b>Totalleverandøren</b>	
Tilbud	Med grundlag i virksomhedens funktionskrav og leverandørnotat undersøges alternative løsninger, og der tilbydes et anlæg, der er energimæssigt optimalt ud fra en totaløkonomisk betragtning. Leverandøren tager således hensyn både til anlæggets pris og anlæggets driftsudgifter. Totalleverandøren har ofte en eller flere underleverandører, der udarbejder tilbud til totalleverandøren efter samme principper.
Detailprojektering	Totalleverandøren og dennes underleverandører vurderer alternative udformninger af delanlæg ud fra en totaløkonomisk betragtning. Totalleverandøren foretager energigranskning af egne og underleverandørers løsninger. Projektdokumenter sendes til virksomheden for at blive energigransket sammen med øvrige leverandørers projektdokumenter.
Leverance / etablering	Hvis der gennem projektforløbet er sket ændringer i virksomhedens projektforsættninger eller i de valgte detail-løsninger, vurderes i samråd med virksomheden, om de valgte løsninger skal revurderes
Aflevering	Når anlægget afleveres, måles ydelse og energiforbrug og sammenholdes med de driftsforhold og driftsdata, der er specificeret i kontrakten. Om muligt justeres anlægget til højere energieffektivitet.

## 8. Projektorganisation

Projektets størrelse og karakter samt den valgte udbudsform bestemmer, hvilke parter, der involveres i projekteringen. Parterne er typisk virksomhedens (bygherrens) egen projektorganisation, virksomhedens rådgivere samt virksomhedens leverandører. Dertil kommer energigranskeren, der typisk er fra virksomheden selv eller fra dennes rådgivere.

Virksomhedens ledelse udstikker de retningslinier, der skal arbejdes efter inden for det energimæssige område.

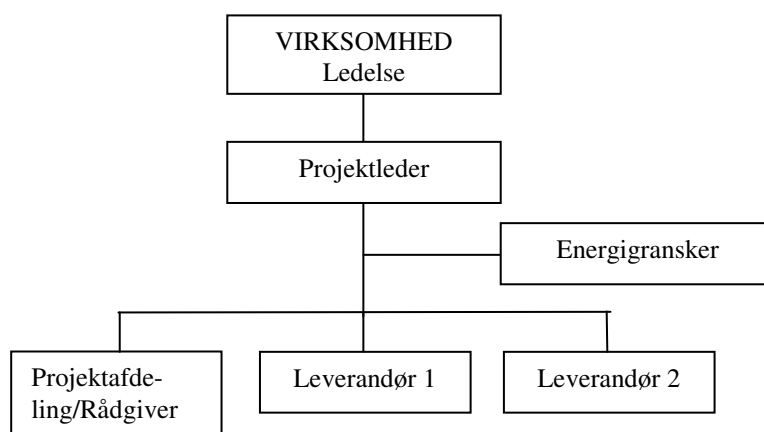
Virksomhedens projektleder sørger for, at ledelsens retningslinier formidles til de involverede parter og har ansvaret for, at retningslinierne efterleves i hele projektorganisationen. Projektlederen skal sørge for, at der er personer i projektgruppen med viden på det energimæssige område. Projektlederen skal afveje kravene til energieffektivitet med alle de andre krav, som stilles til anlægget.

Energigranskeren gennemgår projektdokumenterne på vigtige stadier i projektforsløbet og sikrer, at de projekterende har optimeret anlægget energimæssigt. Granskeren må ikke have deltaget i udarbejdelsen af dokumenterne. Energigranskeren skal have stor viden og erfaring inden for energiområdet. Han udpeges af projektlederen og refererer til denne.

Figur 6, 7 og 8 viser, hvordan projektorganisationen typisk kan opbygges ved detailudbud, funktionsudbud og totalleverance.

### Detailudbud

Ved detailudbud planlægges og projekteres projektet fuldt og helt hos virksomheden eller dennes rådgiver. På det energimæssige område er der ikke nogen modstridende interesser mellem virksomhed og rådgiver. Projektlederen har derfor fuldt overblik og kontrol over den energibevidste indsats og kan sikre, at energieffektiviteten optimeres ud fra de retningslinier, som firmaets ledelse har fastlagt i et ledelsesnotat.



Figur 6. Typisk projektorganisation ved detailudbud

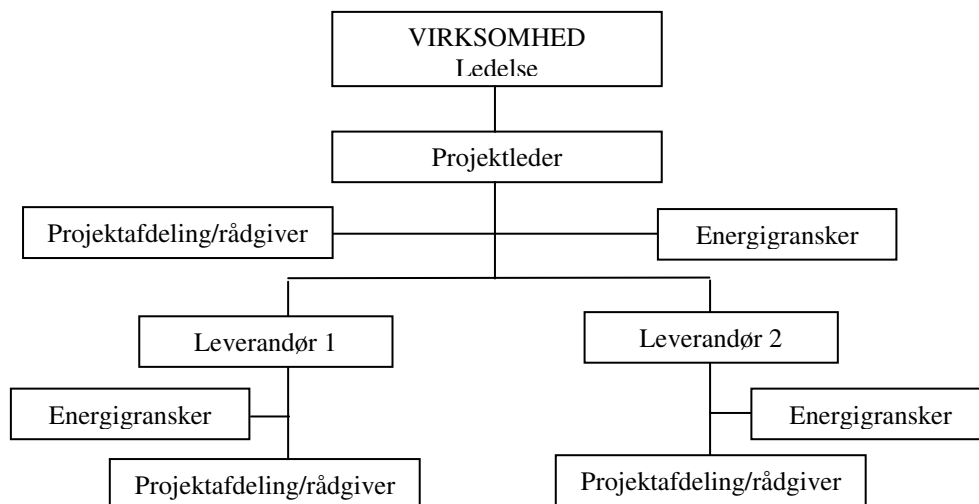
## Funktionsudbud

Ved funktionsudbud foregår planlægningen og den overordnede specifikation af projektet hos virksomheden, medens detailprojektering af de enkelte leverancer foretages hos leverandørerne.

Der kan være en interesse modsætning mellem virksomheden og leverandørerne. Når der er indgået kontrakt mellem parterne er leverandørens interesse billigst muligt at levere et anlæg, der opfylder kontrakten. Derfor skal alle tids- og omkostningskrævende forhold afklares inden kontraktindgåelse.

Projektlederen kan styre den energibevidste indsats i egen projektgruppe, men har ikke fuld kontrol over arbejdet hos leverandørerne. Det er derfor en opgave for virksomhedens (bygherrens) projektleder at sørge for, at leverandørerne projekterer i henhold til ledelsens retningslinier, samt at det samlede projekt optimeres energimæssigt.

Leverandørerne skal tilbyde et anlæg, der er energimæssigt optimalt ud fra en totaløkonomisk betragtning. Ved detailprojekteringen vurderer leverandørerne alternative udformninger af delanlæg og foranstalter energigranskning af egne løsninger. De følger desuden op på eventuelle ændringer i projektforsætningerne og justerer løsningerne herefter.



Figur 7. Typisk projektorganisation ved funktionsudbud

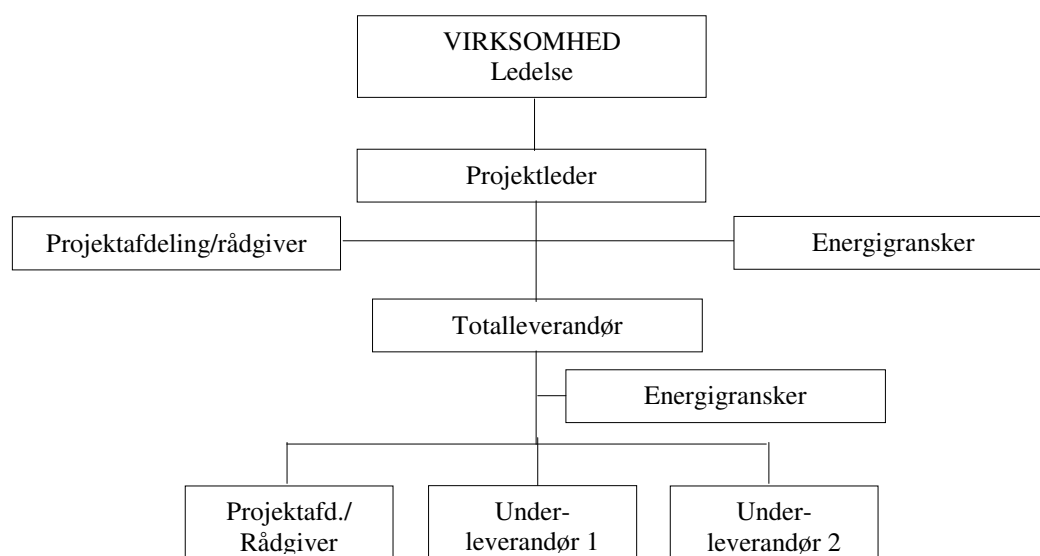
## Totalleverance

Ved totalleverance foregår planlægning og detailprojektering af projektet hos totalleverandøren og dennes underleverandører ud fra de krav, som virksomheden stiller i udbudsmaterialet.

Der kan være interesse modsætninger både mellem virksomheden og totalleverandøren og mellem totalleverandøren og dennes underleverandører på samme måde som ved funktionsudbud.

Det er projektlederens opgave at sørge for, at totalleverandøren og dennes underleverandører projekterer i henhold til ledelsens retningslinier samt at den samlede ydelse fra totalleverandøren er optimeret energimæssigt.

Totalleverandøren skal tilbyde et anlæg, der er energimæssigt optimalt ud fra en totaløkonomisk betragtning. Totalleverandøren og dennes underleverandører skal optimere delanlæg og foranstalte energigranskning af løsningerne.



Figur 8. Typisk projektorganisation ved totalleverance

## 9. Ledelsesnotat

Energibevidst projektering tager udgangspunkt i firmaets energipolitik og bør indarbejdes som et element i firmaets energiledelsessystem. Det kan ske i form af en procedure, se bilag 1.

Har virksomheden ikke et energiledelsessystem kan ledelsen formidle sine retningslinier i form af et ledelsesnotat, der bør indeholde følgende informationer:

- En kort beskrivelse af virksomhedens politik og målsætning inden for energiområdet.
- Retningslinier for energibevidst projektering, herunder sammenhængen med miljørigtig projektering og det øvrige projekteringsarbejde
- Ansvarsforhold i forbindelse med energibevidst projektering
- Virksomhedens kriterier for merinvestering i energibevidste anlæg:
  - Der bruges en totaløkonomisk betragtning
  - Økonomikriterium såsom max. tilbagebetalingstid, afkastkrav el.lign.
  - Energipriser for beregning af årlige driftsudgifter. Priserne opgives som virksomhedens nettopriser, hvor afgifter og tilskud er medregnet.

Bilag 3 viser et eksempel på et ledelsesnotat.

## 10. Projektlederens opgaver

Projektlederen har ansvaret for, at anlægget projekteres med høj energieffektivitet under udnyttelse af virksomhedens økonomiske kriterier for investeringer. Det er også projektle-

derens ansvar, at energieffektiviseringen ikke medfører forringelser på andre væsentlige områder som eksempelvis produktkvalitet, kapacitet, driftssikkerhed og fleksibilitet.

Blandt de aktiviteter, som projektlederen (eller de projekterende) udfører i energibevindst projektering, er en kortlægning af energiforbruget, en screening af eventuelle miljøbelastninger som følge af energieffektiviserende tiltag, en fastlæggelse af det rimelige omfang af den ekstra energiindsats, samt styring af delprojekter og leverandører.

### **10.1 Kortlægning af energiforbruget**

Det er ofte nødvendigt at lave et overslag over det kommende anlægs energiforbrug på et tidligt tidspunkt. Det kan være for at kunne vurdere kravene til energiforsyningen til anlægget og hermed også kravene til hjælpeudstyr. Det kan også være for at kunne vurdere og prioritere det rimelige omfang af den energibevindste indsats (se afsnit 10.3).

I mange tilfælde findes der anlæg af nogenlunde samme type og størrelse som det nye anlæg, så energiforbruget kan oplyses af leverandører eller vurderes ud fra målinger på de eksisterende anlæg.

Kan energiforbruget ikke skaffes fra sammenlignelige anlæg, er det muligt at skønne energiforbruget ud fra oplysninger om de enkelte komponenters eller delanlægs installerede effekt (el/varme/kulde/trykluft osv.), deres belastningsfaktor og driftstid.

$$E = P \cdot B \cdot T$$

hvor

E er energiforbruget (energi pr. tidsenhed, f.eks. kWh/år)

P er den installerede effekt (f.eks. kW)

B er belastningsfaktoren (ubenævnt tal mellem 0 og 1)

T er driftstiden (timer pr. tidsenhed, f.eks. h/år)

Der er udviklet et regneark, som kan benyttes ved kortlægningen af nyt udstyrs energiforbrug. I regnearket behandles hvert anlæg som enkeltstående, dvs. der tages ikke hensyn til eventuel integrering af processerne mellem anlæggene. Regnearket er beskrevet i bilag 4.

### **10.2 Miljøscreening**

Anvendelse af energi vil generelt belaste miljøet. Energibevindst projektering, der har til formål at effektivisere energiforbruget, vil derfor som hovedregel virke positivt i miljømæssig henseende. Der kan imidlertid være situationer, hvor der er modstrid mellem energibevindst projektering og miljømæssige hensyn. På et tidligt tidspunkt i projektforløbet bør der derfor foretages en miljøscreening for at vurdere, om de energibesparende tiltag medfører uacceptable miljøbelastninger. Det kan gøres efter følgende procedure:

#### 1. Kortlægning af miljøpåvirkninger

Kortlægningen skal omfatte alle væsentlige miljøpåvirkninger (i form af påvirkninger på sundhed og ydre miljø), som kan opstå under anlæggets tilblivelse og levetid som følge af energieffektiviseringen.

Der kan typisk være følgende påvirkninger:

- Udledninger til luft
- Udledninger til vand
- Udledninger til jord
- Fast affald
- Støj og vibrationer
- Ændrede fysiske omgivelser

## 2. Vurdering af virkemidler

Såfremt den valgte løsning viser sig på en uacceptabel måde at øge miljøpåvirkningen og miljøeffekten (effekten på menneskets sundhed, det ydre miljø eller ressourcer), skal det vurderes, om der findes virkemidler, der kan fjerne eller reducere miljøeffekten.

Virkemidler kan inddeles i to kategorier:

- Forebyggende virkemidler, der fjerner eller mindsker miljøpåvirkningen
- Afværgende virkemidler, der fjerner eller mindsker miljøeffekten

## 3. Afvejning af den energibevidste løsning med de miljømæssige hensyn

Hvis miljøbelastningen er væsentlig, og der ikke findes de nødvendige virkemidler, kan det betyde, at der må vælges en anden løsning.

### *Eksempel på miljøscreening*

En virksomhed med et stort dampforbrug skal projekttere ny kedelcentral og arbejder under skitseprojektet med to forskellige anlægskoncepter for fremstilling af dampen. Det ene anlægskoncept er baseret på naturgasfyring, det andet på kulfyring. Sidstnævnte anlæg er dyrere, men har lavere driftsudgifter til energi.

En totaløkonomisk vurdering viser, at det anlægskoncept, der er baseret på kulfyring, er økonomisk fordelagtigt.

Miljøscreeningen viser, at det kulfyrede anlæg giver anledning til en øget miljøpåvirkning under drift i form af udledninger til luften af bl.a. kuldioxid og svovl.

En del af miljøpåvirkningen kan midskes med virkemidler som.eks. filtre og afsvovningsanlæg, men disse anlæg medfører både en øget investering samt en ny miljøpåvirkning i form af faststoffer, der skal deponeres.

Virksomheden vælger derfor at arbejde videre med det anlægskoncept, der baseres på naturgas, selv om det set ud fra en totaløkonomisk betragtning ikke er det optimale.

### **10.3 Omfanget af den rimelige indsats**

Den ekstra indsats, der ydes under energibevidst projektering, skal være økonomisk fordelagtig for virksomheden, for leverandøren og for alle øvrige parter. Derfor skal indsatsen

afpasses efter det nye anlægs fremtidige energiforbrug og det energibesparelsespotentiale, der forventes at kunne realiseres gennem energibevidst projektering. Besparelsespotentialet afhænger meget af, hvilken type anlæg der er tale om. De hidtidige erfaringer med energibevidst projektering har givet grundlag for at opstille følgende typiske besparelsespotentialer for forskellige typer anlæg.

*Typiske besparelsespotentialer ved energibevidst projektering*

Kedelanlæg	5%
Varmedistributionsanlæg	15%
Varmeforbrugende procesanlæg	20%
Elforbrugende procesanlæg	10%
Køleanlæg	25%
Trykluftsystemer	20%
Ventilationsanlæg	25%
Pumpesystemer	20%
Belysning	20%

Ovennævnte besparelsespotentialer er opgjort i forhold til nye anlæg, hvor der ikke er gjort en særlig projekteringsindsats for at sikre, at anlægget vil få det lavest mulige energiforbrug. Potentialet omfatter energibesparende tiltag med en simpel tilbagebetalingstid under fire år.

Den ekstra projekteringsindsats bør ikke overstige værdien af et halvt til ét års besparelse, idet der også skal være plads til eventuelle merinvesteringer inden for den acceptable tilbagebetalingstid. Hvis den årlige energiomkostning til det nye anlæg er f.eks. 100.000 kr. og det forventede energibesparelsespotentiale er 20% (20.000 kr./år), kan der således maksimalt anvendes 10-20.000 kr. til energibevidst projektering. Er timesatsen for de medarbejdere, der forestår den energibevidste indsats, eksempelvis 500 kr., svarer det til, at der må bruges 20-40 timer på energibevidst projektering.

*Håndregel for den ekstra indsats ved energibevidst projektering*

Der kan bruges 1 time ekstra på energioptimering og granskning for hver 4.000 kr. i forventet årlig energiudgift.

Den ekstra indsats skal fordeles på projektets parter, hvilket normalt vil være virksomhedsledelsen, de projekterende og energigranskeren. Hvis leverandører eller andre er med til at fastlægge det nye anlægs udformning, vil deres indsats ligeledes skulle dækkes inden for den rimelige ramme til energibevidst projektering.

Til hjælp for fastlæggelsen af størrelsen af den ekstra indsats ved energibevidst projektering er der opstillet et regneark, se bilag 5.



*Eksempel fra R. Færch Plast A/S*

Færch Plast etablerede i 1997-98 et nyt fabriksafsnit, som indebar 90% udvidelse af produktionskapaciteten. I den forbindelse blev de nye anlæg underkastet energibevidst projektering. Det resulterede i en reduktion i det forventede energiforbrug med 19% gennem realisering af energibesparelsesforslag med en gennemsnitlig tilbagebetalingstid på 1,9 år. Hvis den ekstra energibevidste indsats medregnes, øges tilbagebetalingstiden til 2,3 år. Energibesparelserprojekterne var indenfor en lang række anvendelser som tørring, varme, ventilation, køling og trykluft.

#### **10.4 Integration af delprojekter**

På et tidligt tidspunkt i projektforsløbet opdeles ethvert lidt større projekt i en række delprojekter for at fremme effektiviteten i projekteringsarbejdet.

Ulempen ved opdelingen på delprojekter kan være, at det begrænser integrationen og synergien på tværs i projektet. Selv om opdelingen sker allerede i de indledende projektfaser, bør aktiviteter som behovsanalyse og energikortlægning gennemføres for det samlede projekt, da det vil medvirke til at se projektet som en helhed.

Den energimæssige integration, som ikke dækkes af behovsanalyse og energikortlægning, kan være udnyttelse af overskudsvarme fra et anlæg (delprojekt) som energiforsyning i et andet anlæg. Det kan endvidere være tilpasning af temperaturniveauer og energidistributionsmedium (f.eks. varmt vand eller damp), så de egner sig til forsyning fra f.eks. et kraftvarmeanlæg.

For at vurdere og udnytte integrationsmulighederne bør man i skitseprojektet eller det efterfølgende detailprojekt/udbudsprojekt afklare følgende:

- udarbejde en oversigt over tabsvarmen (mængder og temperaturniveauer) fra de enkelte anlæg
- kan tabsvarmen fra et anlæg udnyttes i andre anlæg? (evt. efter at temperaturniveauer og energimængder er blevet tilpasset)
- kan kravene vedr. energiforsyning af de enkelte anlæg modificeres, så forsyningen effektiviseres, og et kraftvarmeanlæg eventuelt kan udnyttes?

I større projekter med mange delprojekter kan det være kompliceret at vurdere disse spørgsmål, hvorfor det kan blive nødvendigt at benytte analyseværktøjer som eksempelvis procesintegrationsværktøjer. Det er værktøjer baseret på pinch teknik, matematisk programmering, simulering o.l.

### *Eksempel på energi-integration*

Hos ISO Supermarked har man ved projekteringen af de nyere forretninger vurderet mulighederne for integration mellem de forskellige energianlæg. Det har betydet, at al opvarmning sker med tabsvarme fra køleanlægget. Tabsvarmen udnyttes først til opvarmning af brugsvand (til 55°C), dernæst udnyttes det i et radiatorsystem (til 40°C) og tredje led i varmeudnyttelsen er opvarmning af ventilationsluft (til 23°C). Køleanlæggets kondenseringstemperatur hæves i opvarmningssæsonen til det nødvendige niveau, og effektiviteten af køleanlægget falder lidt, men samlet set er energiforsyningen ”særdeles effektiv”.

## **11. Projektgruppens opgaver**

De projekterende i virksomhedens egen projektafdeling og hos rådgiverne og leverandørerne arbejder energibevidst gennem analyse af de behov, det nye anlæg skal dække, og ved at opstille alternative løsninger og vælge mellem dem ud fra en totaløkonomisk vurdering. Andre aktiviteter består i at udstikke retningslinier i et leverandørnotat for leverandørernes projektering samt at optimere løsningerne under hensyntagen til usikkerhed og projektændringer. Endelig er det vigtigt, at de projekterende opgør de opnåede besparelser og lærer af de indhøstede erfaringer.

### **11.1 Behovsanalyse**

#### 11.1.1 Indledning

Anlæg inden for virksomhedens kerneområder opføres for at producere et bestemt produkt, der er essentielt for virksomheden. Der sker normalt en løbende optimering af sådanne anlæg og en udvikling af nye produktionsmetoder og alternative produkter, enten hos virksomheden selv eller hos leverandørerne. Dette udviklingsarbejde ligger forud for anlægsprojektet og vil typisk inkludere en behovsanalyse (kan kundens grundlæggende behov dækkes på alternative måder?). Inden for selve anlægsprojektet kan man i sådanne tilfælde koncentrere sig om de tekniske løsninger.

Anderledes er det med de perifere anlæg, hvor projekteringsarbejdet sjældent tager udgangspunkt i behovet, men derimod i nogle krav eller problemer, som er mere eller mindre klart formulerede. Ved at formulere krav eller problemer har man ofte taget det første skridt på vejen mod en bestemt løsning og har dermed implicit set væk fra andre løsningsmuligheder.

For perifere anlæg er det derfor nødvendigt at få afdækket det reelle behov for at kunne finde den løsning, der er mest fordelagtig for virksomheden på alle områder inklusive energiområdet. I dette afsnit beskrives, hvordan man finder frem til det reelle behov og derefter opstiller de løsningsmuligheder, der giver mulighed for at finde den optimale løsning.

#### 11.1.2 Definition af behov

Et behov kan defineres som en utilfredsstillende situation eller mere præcist som ”en mangelfornemmelse med adresse på”. Et behov er således karakteriseret ved, at man oplever en mangelsituation og har en fornemmelse af, hvad man mangler.

### 11.1.3 Afdækning af behov og løsningsmuligheder

Når man starter på en opgave og foretager de første overvejelser om, hvordan den kan løses, er der normalt formuleret nogle krav eller problemer. Det reelle behov kan afdækkes ved at stille spørgsmålet

”Hvorfor?”

til de opstillede krav eller problemer. Svaret på dette spørgsmål vil være et behov, til hvilket man eventuelt igen kan spørge: ”Hvorfor?”, så man kommer frem til det reelle behov.

Når det reelle behov er afklaret, kan man med spørgsmålet

”Hvordan dækkes behovet?”

få ideer til løsningsmuligheder og vil – på stikordsform – kunne opstille en bred vifte af muligheder, hvorimellem der kan være bedre løsningsmuligheder end den, der implicit lå i den oprindelige krav- eller problemformulering.

Metoden med afdækning af behovet og den efterfølgende opstilling af løsningsmuligheder er illustreret gennem tre eksempler i bilag 6.

### 11.1.4 Tidspunkt for behovsanalyse

I projekteringsforløbet indgår behovsanalysen som den allerførste projekteringsaktivitet, efter at projektet er startet. Det er således i planlægningsfasen, at der tages stilling til det reelle behov og opstilles alternative løsningsmuligheder, som der vælges imellem ud fra en overordnet vurdering. Ved indgangen til skitseprojektet vil man have valgt den principielle løsningsmodel, og resten af projekteringsindsatsen kan koncentreres om denne.

Hvis der senere i projektforsløbet sker en radikal ændring af projektforsudsætningerne, så der stilles spørgsmål ved den valgte løsning, kan det blive aktuelt at foretage en ny behovsanalyse.

Når et projekt opdeles i en række delprojekter, bør hver delprojekt principielt starte med en planlægningsfase med tilhørende behovsanalyse.

### *Eksempel på behovsanalyse hos Scan-Coat A/S*

I 1998 etablerede Scan-Coat A/S en ny malehal for maling af skorstene og vindmølletårne.

Ventilationen i en malehal fastsættes normalt ud fra, at der skal være et luftskifte på ca. 60 gange pr. time i arbejdsområdet og en nedadgående lufthastighed på mindst 0,2 m/s i en zone omkring emnet. Scan-Coat foretog imidlertid i planlægningsfasen en analyse af det reelle behov, der formuleredes som fjernelse af de opløsningsmiddeldampe, som opstår ved maling af emnerne. Dette behov kunne dækkes på en energimæssigt meget effektiv måde ved at opdele hallen i 12 ventilationszoner, der ventileres uafhængigt af hinanden, og samtidig anvende et hensigtsmæssigt indblæsningsprincip, som valgtes efter edb-simuleringer på Aalborg Universitet.

Resultatet blev en ventilationsløsning, som sikrer et godt arbejdsmiljø med meget lavt energiforbrug – det ligger på ca. 25% af det forbrug, en traditionel løsning ville have.

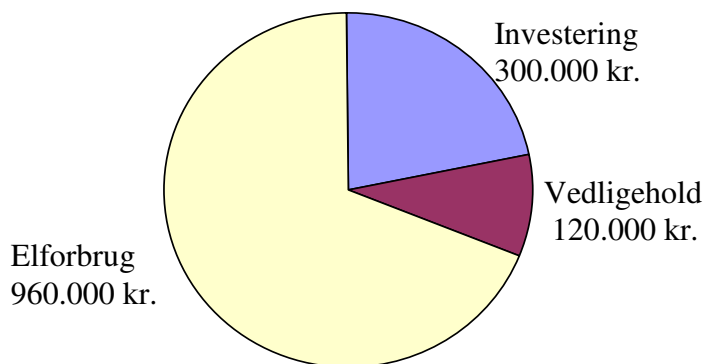
## 11.2 Totaløkonomi

### 11.2.1 Driftsudgifterne skal med

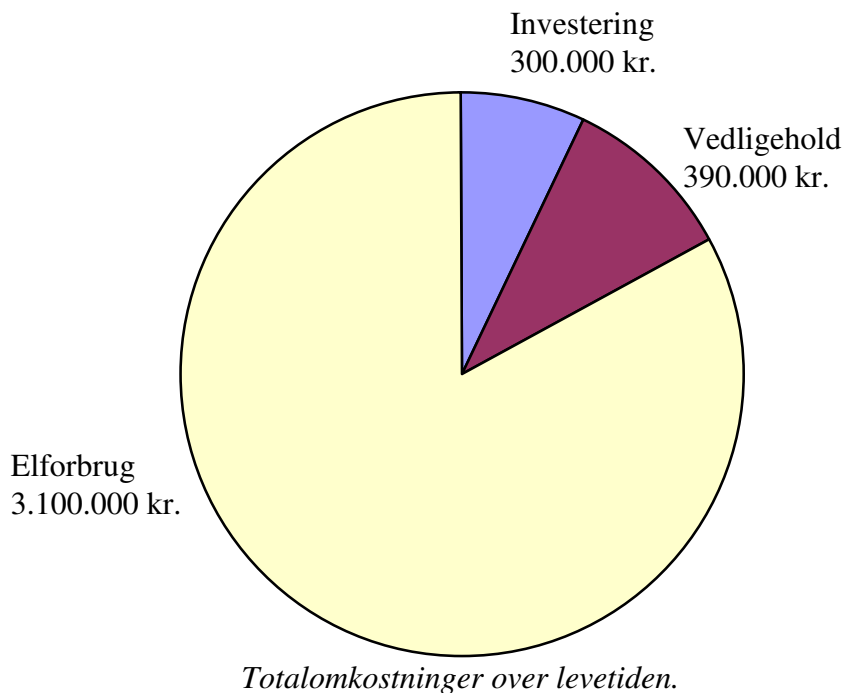
Oftest vælges et billigt anlæg med høje energiudgifter, fordi der kun fokuseres på prisen. Den billige løsning kan imidlertid blive meget dyr på længere sigt. Det bliver klart, hvis man inddrager totaløkonomien i vurderingen mellem alternative løsninger og dermed både tager hensyn til anlægspris og driftsudgifter.

Totalomkostningerne er summen af investeringen og driftsomkostningerne i en fastsat periode. Perioden kan være alt fra en acceptabel tilbagebetalingstid for den eventuelle merinvestering i et energieffektivt anlæg og til anlæggets levetid. I det sidste tilfælde bør driftsomkostningerne indgå med deres nuværdi.

For de fleste energiforbrugende anlæg udgør energiomkostningerne en meget stor del af de totale omkostninger. Opgjort over hele levetiden for anlægget kan energiomkostningernes andel af totalomkostningerne være op mod 90%. Over en fire års periode vil energiomkostningerne ofte udgøre omkring halvdelen af totalomkostningerne. Dette er illustreret i figur 9 med en trykluftkompressor som eksempel.



*Totalomkostninger over 4 år*



*Figur 9. Totalomkostninger til trykluftkompressor, opgjort over 4 år og over kompressorens levetid. Forudsætninger: 90 kW kompressor. 8.000 driftstimer pr. år. Belastningsfaktor 0,8. Elpris 0,40 kr./kWh. Levetid 13 år.*

### 11.2.2 Opgørelse af totalomkostningerne

Totalomkostningerne til et anlæg kan opgøres på forskellige måder. Mest almindeligt er det nok at opgøre den ud fra virksomhedens krav til tilbagebetalingstid, men den kan også opgøres som en nuværdi af omkostningerne, eller man kan beregne den interne rente, som besparelsen i driftsudgifter resulterer i. De to sidstnævnte metoder har den fordel, at de medtager omkostningerne (vægtede) gennem hele anlæggets forventede levetid. Opgørelsen af totalomkostninger ud fra tilbagebetalingstiden tager derimod kun hensyn til, hvad der sker i tilbagebetalingstiden.

*Tre måder, hvorpå totaløkonomien kan opgøres*

Totalomkostning =  
 investering + årlige driftsudgifter \* accepteret tilbagebetalingstid

Totalomkostning =  
 investering + nuværdi af driftsudgifter

Den interne rente:  
 Den rente, for hvilken merinvesteringen =  
 nuværdien af reduktion i årlige driftsudgifter

Ved de to førstnævnte udtryk vælges den løsning, der giver de laveste totalomkostninger. Ved sidstnævnte metode vælges løsningen med højest intern rente.

Ved metoden med nuværdi arbejdes der oftest med faste priser og de samme driftsudgifter år efter år. Nuværdien af driftsudgifterne kan da opgøres som

$$\text{Nuværdi af driftsudgifter} = \text{årlige driftsudgifter} * \alpha(n,r)$$

hvor  $\alpha(n,r)$  er nuværdifaktoren (kapitalindvindingsfaktoren). Nuværdifaktoren beregnes med følgende udtryk:

$$\alpha(n,r) = [1 - (1+r)^{-n}]/r \quad \text{hvor } r \text{ er realrenten} \\ n \text{ er anlæggets levetid}$$

Er der ikke tale om faste priser, men udvikler driftsudgifterne sig anderledes end inflationen, kan der korrigeres for dette ved at anvende følgende beregningsudtryk for nuværdifaktoren:

$$\alpha(n,r) = [1 - (1+(r-e))^{-n}]/(r-e) \quad r \text{ er realrenten} \\ n \text{ er anlæggets levetid} \\ e \text{ er realudviklingen i driftsudgifterne.}$$

Bilag 7 viser et eksempel på, hvordan totaløkonomien kan gøres op for to alternative anlægs løsninger.

Ved tilbudsindhentning eller egentlig udbud, hvor leverandøren anmodes om flere alternative anlægs løsninger, bør bygherren oplyse, hvorledes forslagene vurderes økonomisk og hvilke kriterier, der lægges til grund (brugstid, energipriser, rentesats etc.). Skemaet i bilag 8 kan benyttes ved beregning af totalomkostningerne ud fra tilbagebetalingstid og nuværdi.

### 11.3 Leverandørnotat

I udbudsmaterialet beskrives de specifikke krav til energieffektivisering af de pågældende anlæg og delanlæg, og eventuelt beskrives også, hvilke alternative løsninger, der som minimum ønskes tilbud på. Udbudsmaterialet skal desuden indeholde de oplysninger, der er nødvendige for, at tilbudsgiveren kan afpasse tilbudet til virksomhedens ambitioner og investerings-villighed.

Det kan være en fordel, at virksomheden desuden formulerer sine krav til energieffektiviteten af komponenter m.m. og dermed sikrer et rimeligt niveau af energieffektivitet for de komponenter, der indgår i leverandørens tilbud. Det kan ske i et leverandørnotat, som kan indeholde:

- oplysninger om virksomhedens energipolitik
- den økonomiske vurdering, som benyttes for alternative løsninger
- konkrete krav til komponenters energieffektivitet
- krav til energimålere

Efterhånden som der opnås erfaringer med det generelle leverandørnotat kan det konkretiseres yderligere og udbygges, så alle typer af komponenter m.m., som virksomheden anvender, er medtaget.

Bilag 9 viser et eksempel på et leverandørnotat.

## 11.4 Opgørelse af opnåede besparelser

Det er nødvendigt at kunne dokumentere resultaterne af den energibevidste indsats for at kunne fastholde interessen i projektgruppen og hos bygherren for energibevidst projektering. Samtidig er en opgørelse af de opnåede energibesparelser et godt grundlag, når indsatsen i fremtidige projekter skal fastlægges (jævnfør afsnit 10.3).

For at kunne dokumentere de opnåede besparelser er det nødvendigt både at kende det færdige anlægs faktiske energiforbrug og energiforbruget, som det ville have været uden den energibevidste indsats.

Efter afslutning af et projekt kan det være vanskeligt at genkalde sig de beslutninger og projektændringer, der er sket undervejs i projektføreløbet. Det er derfor en god ide at notere sig disse projektændringer undervejs i projektføreløbet.

Skemaet i bilag 10 kan anvendes til at dokumentere effekten af den energibevidste indsats. Skemaet udfyldes løbende igennem projektføreløbet, og ved afslutningen af projektet opgøres den samlede merinvestering og den samlede, forventede energibesparelse. Skemaets sidste kolonne med det målte energiforbrug udfyldes under afleveringen af anlægget og sammenholdes med det forventede energiforbrug.

## 12. Energigranskning

### 12.1 Definition og formål

Ud fra BPS Publikation 57 ”Forslag til definitioner for området kvalitetssikring” samt ISO 9001 er der opstillet følgende definition:

*Definition på energigranskning*

Energigranskning er en systematisk, sammenhængende og dokumenteret gennemgang af et projekt for at vurdere projektets energieffektivitet ved de forventede driftsforhold og for at foreslå yderligere forbedringer af energiforholdene.

Enhver projekterende udfører en naturlig egenkontrol løbende igennem projekteringen. Dette gælder også ved energibevidst projektering.

Projektering er en proces, hvor projektet fastlægges i et vekselspil mellem krav til udformning, funktion, energiforbrug, økonomi og tid, med en stadig indsnævring og konkretisering. Der er desuden ofte mange personer involveret i projekteringen, hvilket vanskeliggør overblikket og konsekvenserne af dette vekselspil.

Det væsentligste formål med energigranskningen er, så tidligt som muligt, at vurdere dispositioner og løsninger med stort energiforbrug og dermed stort potentiale for energieffektivisering. Andre formål er, som et led i projektets kvalitets-sikring, at give et overblik over de energimæssige forhold og vurdere sammenhængen mellem opgaveformuleringen og projektet materialet.

I forbindelse med den videre projektering giver resultatet af energigranskningen samtidig vigtige informationer til brug for projekteringsteamet.

Energigranskningen skal desuden vurdere koordineringen af de energirelaterede forhold mellem projektets forskellige fagrådgivere, dels hos virksomheden (bygherren) og dels hos leverandører og/eller totalleverandør.

Energigranskeren deltager ikke i projekteringen, men er projekteringsholdets sparringspartner for så vidt angår energieffektivisering. Samspillet mellem energigransker og projekteringsholdet vil således bidrage til forøget erfaringsudnyttelse om energibevidst projektering.

## **12.2 Energigranskningens afgrænsning**

Nærværende beskrivelse af energigranskning er udformet generelt for projekter med energitunge proces- og produktionsanlæg og tilhørende installationer. Derfor kan der i aktuelle projekter være behov for tilpasning af checklister m.v.

Energigranskningen omfatter ikke projektkontrol, men det kan naturligvis ikke undgås, at granskning og kontrol i nogle tilfælde overlapper hinanden.

Ved projektkontrol forstås den kontrol der udføres for at verificere, at f.eks. almindelige norm- og myndighedskrav overholdes, samt målkontrol af tegninger, kontrol af dimensioneringsgrundlag og beregninger etc. Til forskel herfra er energigranskning en overordnet, kritisk vurdering af de valgte dispositioner og løsninger med hensyn til energieffektivitet.

## **12.3 Energigranskeren**

Energigranskning bør for at være effektiv sædvanligvis foregå i et samarbejde mellem de projekterende hos virksomheden og totalleverandør eller leverandører.

Virksomhedens projektleder er ansvarlig for planlægning og gennemførelse af energigranskning og for sammensætning af granskerteamet.



#### *Beskrivelse af energigranskeren*

Energigranskeren/granskerteamet skal have et godt kendskab til energiforhold generelt og specielt til de energitekniske områder, der er omfattet af projektet. Energigranskeren er typisk en person med teknisk uddannelse (ingeniør, maskinmester eller lignende) og energiteknisk ekspertise.

Energigranskeren må ikke være direkte involveret i det pågældende projekt, men skal have "friske øjne". Han kan komme fra virksomheden selv eller fra en rådgiver. Det vil være en fordel med en person, som både er erfaren og kan forholde sig kritisk over for de traditionelle løsningsmåder.

Energigranskeren skal være kritisk/spørgende over for foreslåede løsningsmetoder og ikke bare acceptere praksis. Om muligt skal granskeren også kunne foreslå andre, mere energieffektive løsninger.

Hvordan granskerteamet sammensættes, og hvilke samarbejdsformer, der tages i anvendelse, kan variere fra projekt til projekt. Ved større projekter vil møder mellem projekterings-teamet normalt effektivisere granskningsarbejdet. Ved sådanne møder vil udefra kommende granskere kunne komme hurtigere ind i projektet og koncentrere sig om at vurdere de væsentligste dispositioner og løsninger.

Energigranskningen skal planlægges på en sådan måde, at både de enkelte delanlægs energieffektivitet og det samlede anlægs behov og energiforhold vurderes. Det er derfor vigtigt, at projektdokumenter, der udarbejdes hos totalleverandør eller hos leverandører, både granskes af dem selv og af virksomhedens energigransker, der har kendskab til det samlede anlæg.

Figur 6-8 i afsnit 8 viser typiske organisationsformer ved forskellige udbudsformer.

#### **12.4 Udførelse af energigranskning**

Energigranskningen foretages på grundlag af det samlede projektmateriale på det givne tidspunkt i projekteringsforløbet, således at man også får gransket de forskellige anlægsdele og installationers samspil.

Energigranskningen udføres ved en systematisk gennemgang af udvalgte dele af det foreliggende projektmateriale.

Projektlederen kan skabe et overblik over den energigranskning, der skal udføres gennem projektet, ved at udarbejde en aktivitetsplan som vist i figur 10.

Den oplister:

- Hvilke projektd dele/projektdokumenter skal granskes for de anlæg, der indgår i projektet.
- Hvornår energigranskningen udføres.
- Hvem der udfører energigranskningen.

Projektdel/ dokument	Tidspunkt for energi- granskning	Energigranskning udføres af				Bemærk- ninger
		Virksom- hed	Rådgiver	Leverandør 1	Leverandør 2	

Figur 10. Eksempel på aktivitetsplan for energigranskning

## 12.5 Tidspunkter for energigranskning

Tidspunkt for og antal af energigranskninger afhænger af projektets art, størrelse, kompleksitet m.v. For mindre og enkle projekter kan det anbefales at udføre en granskning efter projektforslag/ skitseprojekt (G1 i figur 11) og efter modtagelse af tilbud/før kontrakt (G4 i figur 11). For større projekter anbefales det at udføre energi-granskningen på de stadier i projekteringsforløbet, som er vist i figur 11.

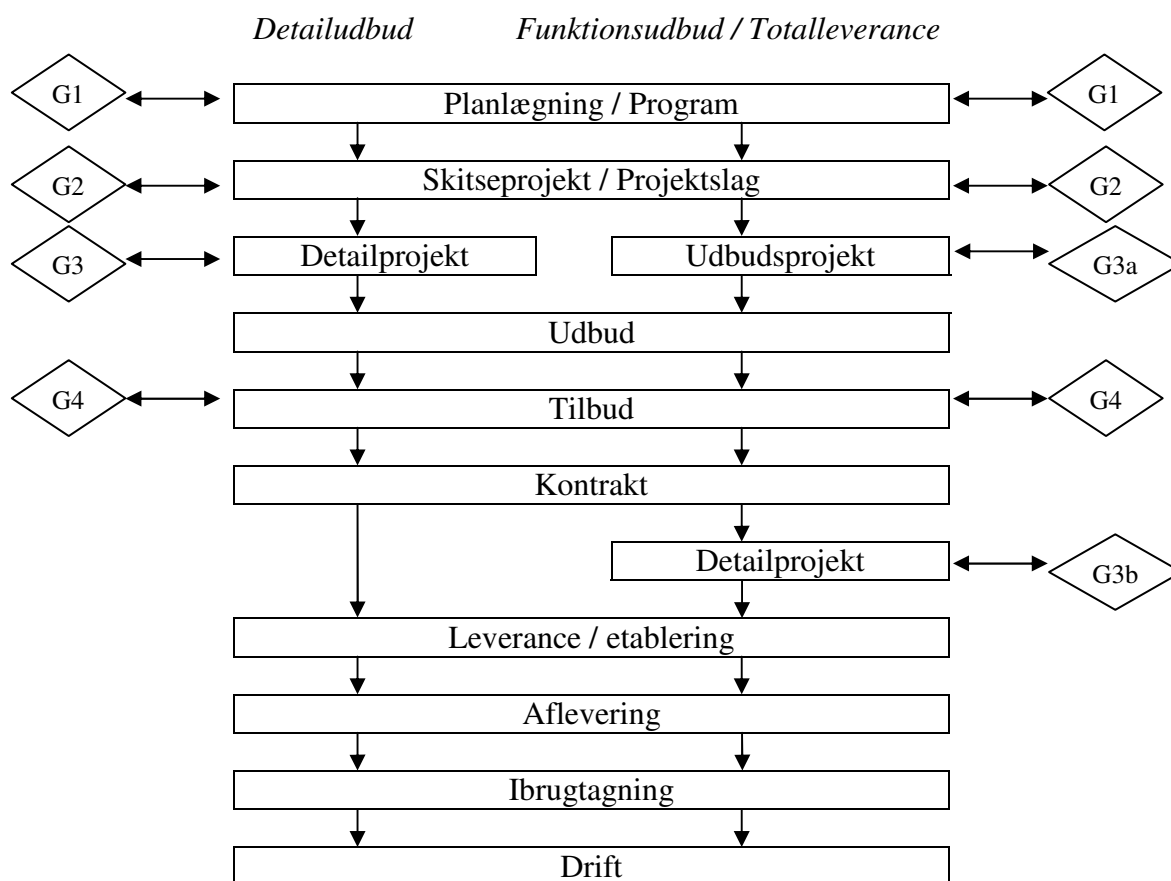


Fig. 11. Vigtigste tidspunkter for energigranskning af projekter

### **G1 og G2 Efter udførelse af planlægning/program, hhv. skitseprojekt/projektforslag**

Dette gælder i alle de beskrevne typiske projektforslag. Det er af stor betydning, at energigranskningen udføres i de indledende faser, hvor mulighederne og potentialet for energieffektivisering er størst.

### **G3 Efter udførelse af detailprojektet**

Dette gælder ved detailudbud, hvor detailprojekteringen udføres af virksomheden eller dennes rådgiver. Ved funktionsudbud og totalleverance, hvor detailprojekteringen sker hos leverandør eller totalleverandør, vil det være nødvendigt at opdele energigranskningen i 2 trin / delgranskninger:

#### **G3 a Efter udførelse af udbudsprojekt**

Ved udbudsprojektet fastlægger virksomheden eller dens rådgivere funktionskrav og grundlag for energibevidst projektering hos leverandør/totalleverandør.

#### **G3 b Efter udførelse af detailprojekt hos leverandør / totalleverandør**

Omfatter detailprojekteringen af de enkelte anlæg. Omfatter desuden sammenhængen mellem anlæggene, idet detailprojekteringen ofte sker hos en eller flere leverandører, totalleverandør eller dennes underleverandører.

### **G4 Efter modtagelse af tilbud / før kontrakt**

Dette gælder især ved funktionsudbud og totalleverance, hvor løsningen vurderes og krav til energieffektivitet samt principper for energibevidst indsats aftales.

## **12.6 Energigranskingsområder og checklister**

På samme måde som ved den generelle projektgranskning, er det ved energigranskningen hensigtsmæssigt at opdele projektet i granskingsområder svarende til sammenhængende proces- og produktionsanlæg samt de tilhørende forsyningsanlæg og hjælpe-anlæg.

For disse granskingsområder er der i bilag 11 generelle checklister for hver projektfase/energigranskning, anført i afsnit 12.5.

Disse generelle checklister skal i konkrete projekter suppleres med fagspecifikke checklister.

## **12.7 Dokumentation**

Energigranskningen dokumenteres skriftligt, evt. ved udfyldelse af specielle resultatskemaer. Bilag 12 viser et forslag til et sådant resultatskema.

Når granskningen er gennemført, gennemgås og diskuteres resultatet med de, der har projekteret, og granskningen korrigeres for eventuelle fejl og misforståelser.

Det er derefter projektlederens ansvar at sørge for, at de nødvendige projektkorrekationer udføres.

Det er virksomheden, der gennem krav og ønsker vælger niveauer for den energibevidste indsats, kvalitet og totaløkonomi, og væsentlige korrektioner foranlediget af energigranskningen må derfor selvsagt godkendes af virksomheden.

## Bilag 1. Eksempel på procedure for energibevidst projektering

<b>Dokumenttype:</b>	Procedure	<b>Nr.:</b>	P06
<b>Dato:</b>	1. maj 2001	<b>Version:</b>	2
<b>Udarbejdet af:</b>	MJ	<b>Godkendt af:</b>	HC
<b>Dokumenttitel:</b>	Energibevidst Projektering. Procedureeksempel		

### 1. Formål

At sikre, at nye anlæg og større ombygninger projekteres med hensyntagen til de fremtidige energiomkostninger.

### 2. Omfang

Proceduren gælder ved projektering af nye anlæg og ved større ombygninger af eksisterende anlæg. Proceduren omfatter anlæg, hvor de årlige energiomkostninger forventes at blive over 200.000 kr. For anlæg med forventet lavere energiomkostninger anvendes P05.

### 3. Ansvar

Teknisk chef er ansvarlig for denne procedures indhold og vedligeholdelse. Teknisk chef er endvidere ansvarlig for, at retningslinierne i denne procedure følges af såvel interne som eksterne personer.

### 4. Udførelse

Projektlederen skal som en del af projekteringsopgaven:

- foretage behovsanalyse for anlægget
- sammensætte projektgruppen, så den nødvendige energividen er repræsenteret
- udpege en intern eller ekstern energigransker, som har den nødvendige energitekniske erfaring, men ikke er direkte involveret i projektet. Energigranskeren skal som minimum vurdere projektet efter planlægningsfasen og efter detailprojekteringen
- sikre, at de nødvendige forudsætninger vedr. energipriser beskrives
- sikre, at der opstilles mindst to alternative løsninger under skitseprojektet og under detailprojektet samt ved udformning og valg af hovedkomponenter. Den ene løsning skal have høj energieffektivitet. I valget mellem løsningerne indgår deres totaløkonomi, hvor de første tre års driftsudgifter medregnes. Dette krav gælder også ved projektering hos leverandører

- søge energitilskud til projekteringen og anlægget i det omfang, der er tilskudsmuligheder

Arbejdet skal planlægges således, at det forventede ekstra tidsforbrug, som følger af denne procedure, kan holdes på omkring 1 time pr. 10.000 kr. i forventede årlige energiomkostninger.

## **5. Henvisninger**

P05, Energibevidst indkøb

P0502, Hjælpekema til beregning af totaløkonomi

## **6. Dokumentation og arkivering**

Dokumentation i form af behovsanalyse, projektforsætninger, teknisk-økonomiske sammenligninger og kommentarer fra energigransker arkiveres af projektlederen.

## Bilag 2. Skema over aktiviteterne i energibevidst projektering

Projektforløb		Energibevidst indsats	Uddybende opgavebeskrivelse									
Detailudbud	Funktionsudbud Totalleverance		9. Ledelsesnotat	10.1. Kortlægning af energiforbruget	10.2 Miljøscreening	10.3 Omfanget af den rimelige indsats	10.4 Integration af delprojekter	11.1 Behovsanalyse	11.2 Totaløkonomi	11.3 Leverandørnotat	11.4 Opgørelse af opnåede besparelser	12. Energigranskning
Planlægning / program	Planlægning / program	Der opstilles retningslinier for energiindsatsen Projektgruppe sammensættes med nødvendig energividen Behovsanalyse Vurdering af alternative anlægs-koncepter ud fra totaløkonomi Energigranskning	X					X	X			X
Skitseprojekt / projektforslag	Skitseprojekt / Projektforslag	Behovsanalyse Alternative løsninger vurderes ud fra totaløkonomi Energiforbruget kortlægges Miljøbelastning screenes Den energibevidste indsats planlægges Energigranskning		X	X	X	X	X	X			X
Detailprojekt		Alternative udformninger vurderes Driftsforhold og driftsdata fastlægges Energigranskning					X		X			X
	Udbudsprojekt	Oplysninger om og krav til energiforhold indarbejdes i funktionskravene. Energigranskning					X			X		X
Udbud	Udbud	Udbudsmateriale med retningslinier for energiindsats.								X		
Tilbud	Tilbud	Tilbud udarbejdes på energieffektivt udstyr. Energigranskning ved funktionsudbud og totalleverance.						X				X
Kontrakt	Kontrakt	Målbare krav til energieffektiviteten aftales. Ved funktionsudbud aftales leverandørens energibevidste indsats	X									
	Detailprojekt	Alternative udformninger vurderes. Energigranskning							X			X
Leverance / etablering	Leverance / Etablering	Ændringer i projektfordsætninger eller løsninger vurderes og projektet revurderes eventuelt										
Aflevering	Aflevering	Energiforbrug og ydelse måles. Ydelse tilpasses behovet.										
Ibrugtagning	Ibrugtagning	Energibesparelsen opgøres Erfaringer indsamles									X	
Drift	Drift	Energiforbruget overvåges										

## Bilag 3. Eksempel på ledelsesnotat

Virksomheden vil etablere en ny produktionslinie for tørring af emner. Det er et anlæg med et betydeligt energiforbrug, og ledelsen ønsker, at principperne i energibevidst projektering skal benyttes. Ledelsen udarbejder følgende ledelsesnotat:

### **Prioritering af energimæssige forhold ved etablering af ny produktionslinie for tørring af emner.**

#### Energipolitik og målsætning

Det er virksomhedens politik løbende at arbejde for energieffektivisering af nye anlæg gennem energibevidst projektering med det mål at reducere omkostningerne til energi samt reducere miljøpåvirkninger fra energiforbruget.

Det er virksomhedens målsætning, at alle nyanlæg vurderes ud fra en totaløkonomisk betragtning, hvor forventede driftsudgifter indgår på lige fod med anlægsinvesteringen.

#### Retningslinier for energibevidst projektering

Da den nye produktionslinie vil have et betydeligt energiforbrug, er det vigtigt, at de energimæssige forhold optimeres.

Energibevidst projektering skal indgå som en naturlig del af projekteringsarbejdet på linie med miljøbevidst projektering og andre discipliner.

Til dette projekt knyttes en ekstern energigransker med erfaring i energimæssige forhold og tørreprocesser.

#### Ansvarsforhold

Det er projektlederens ansvar, at:

- energibevidst projektering anvendes i dette projekt, både internt i virksomheden og hos eksterne partnere som rådgivere og leverandører
- projektgruppen sammensættes med den nødvendige energividen
- udpege energigranskeren og planlægge granskingsindsatsen
- projekteringsarbejdet koordineres således, at der foretages en energimæssig optimering af det samlede anlæg
- søge tilskud til mere energieffektive anlæg i det omfang, tilskudsmuligheder findes
- igangsætte investeringer, der har til formål at nedbringe energiforbruget, hvis det er rentabelt set ud fra en totaløkonomisk betragtning (jævnfør nedenstående retningslinier)
- alle love og regulativer vedr. energianlæg følges.

#### Økonomiske kriterier

Ved sammenligning af forskellige anlægskoncepter kalkuleres en simpel tilbagebetalingstid efter følgende principper:

Tilbagebetalingstid = merinvestering : sparede årlige driftsomkostninger
---



Ved investeringer, hvortil der ydes tilskud, anvendes merinvestering efter fradrag af tilskud.

<b>Tilbagebetalingstid</b>	<b>Retningslinier for investering</b>
Mindre end 2 år	Investering gennemføres umiddelbart
Mellem 2 og 4 år	Investeringer under 100.000 kr. gennemføres umiddelbart Investeringer over 100.000 kr. skal behandles af direktion
Over 4 år	Investeringer gennemføres ikke

Ved kalkulation af de forventede årlige energiudgifter benyttes følgende energipriser:

<b>Energiform</b>	<b>Nettopris</b>
N-Gas	1,50 kr. pr. m <sup>3</sup> (0,14 kr. pr. kWh)
El	0,55 kr. pr. kWh

## Bilag 4. Regneark til kortlægning af energiforbruget

Som en del af metodeudviklingen er der opstillet et regneark, som kan benyttes ved kortlægning af energiforbruget af forskellige, almindelige anlægstyper. Foruden kortlægningen af energiforbruget foretages der samtidig en beregning af energiomkostningerne i forbindelse med de kortlagte forbrug.

Regnearket består af separate beregningsark for elforbrugende udstyr, kedelanlæg, varmeanlæg, ventilationsanlæg, trykluftanlæg, køleanlæg og øvrige elforbrugende udstyr. Resultaterne fra de enkelte ark samles i en oversigt over det totale energiforbrug.

Kortlægningen foretages ud fra oplysninger om anlægstype, effektbehov/ydelse, årlig driftstid og energipriser. De enkelte regneark giver anvisninger på arkenes brug og på deres gyldighedsområde, f.eks. om beregningerne kun gælder indenfor visse temperaturgrænser.

Regnearkets formål er desuden at inspirere brugeren og give denne ideer til at opstille sit eget regneark, som er tilpasset de aktuelle formål i det givne projekt. Derfor er der kun medtaget ark for de mest almindelige energiforbrugende anlæg, og der er typisk plads til at kortlægge energiforbruget for tre anlæg indenfor hver type anlæg.

Følgende nøgletal for forskellige anlægstyper kan bruges, hvis der ikke er konkrete oplysninger tilgængeligt.

### Kedelanlæg, virkningsgrader

Dampkedelanlæg uden economiser:	85%
Dampkedelanlæg med economiser:	95%
Centralvarmekedel:	95%

### Ventilation, virkningsgrader

Små aksialventilatorer, max.:	60%
Store aksialventilatorer, max.:	82%
Små radialventilatorer – B-hjul, max.:	70%
Store radialventilatorer – B-hjul, max.:	86%
Små radialventilatorer – F-hjul, max.:	55%
Store radialventilatorer – F-hjul, max.:	70%
Krydvarmeveksler, $\eta_{\text{termisk}}$ :	70%
Væskekoblet batteri, $\eta_{\text{termisk}}$ :	55%
Roterende veksler, $\eta_{\text{termisk}}$ :	80%

### Trykluft og procesluft, energiforbrug

2,0 bar overtryk:	0,047 kWh/m <sup>3</sup>
7,0 bar overtryk:	0,105 kWh/m <sup>3</sup>

### Køling, energiforbrug

14°C gradervand:	154 kWh/Gcal = 37 kWh/GJ
10°C gradervand:	187 kWh/Gcal = 52 kWh/GJ
2°C isvand:	259 kWh/Gcal = 72 kWh/GJ
-5°C brine:	336 kWh/Gcal = 93 kWh/GJ
-10°C brine:	403 kWh/Gcal = 112 kWh/GJ

**Belysning, effekt**

200 lux med lysstofrør:	12 W/m <sup>2</sup>
500 lux med lysstofrør:	30 W/m <sup>2</sup>
200 lux med glødelamper:	40 W/m <sup>2</sup>
500 lux med glødelamper:	100 W/m <sup>2</sup>

**Elmotorer, virkningsgrader**

1,1 kW	78%
5,5 kW	85%
22 kW	90%
55 kW	93%
110 kW	94%
> 110 kW	95%

## **Bilag 5. Regneark for omfang af indsatsen**

Regnearket beregner den ekstra indsats til energibevidst projektering udfra de oplysninger, der er givet under kortlægningen om anlægstype, årlig driftstid og energipriser (jævnfør bilag 4). I regnearket kan tilbagebetalingstiden af den ekstra projekteringsindsats samt det forventede besparelspotentiale for de enkelte anlægstyper vælges. Regnearket består af separate beregningsark for kedelanlæg, varmeanlæg, ventilationsanlæg, trykluft, køleanlæg og øvrige elforbrug. Resultaterne fra de enkelte ark samles i en oversigt over den rimelige, totale ekstra indsats.

Resultaterne fra kortlægningen af energiforbruget (se bilag 4) hentes automatisk. Det er derfor nødvendigt først at foretage en kortlægning af energiforbruget, før den ekstra indsats kan beregnes. Dette vil også være den logiske rækkefølge.

Regnearket omfatter kun de mest almindelige anlægstyper og skal desuden tjene som inspiration for brugeren, så denne kan udarbejde sit eget regneark til den aktuelle projekteringsopgave.

## Bilag 6. Eksempler på behovsanalyse og opstilling af løsningsmuligheder

I det følgende er der tre eksempler på behovsanalyser med tilhørende formulering af løsningsmuligheder.

### Eksempel 1

Opgaven er oprindeligt formuleret som projektering af et lufttransportsystem med en bærehastighed på 20 m/s.

Spørgsmålet ”Hvorfor?” bliver besvaret med: ”Fordi der er behov for at transportere udstansede papstykker fra stansemaskinen ud til siloen”.

Det medfører spørgsmålet ”Hvorfor er det behov for denne transport?”, som besvares med: ”Fordi kunderne ønsker lufthuller i kasserne”.

Man kunne nu fortsætte med at spørge ”Hvorfor?” og få afdækket stadig mere overordnede behov, men på et tidspunkt må man naturligvis stoppe. En fabrik for papemballage vil således nok stoppe, når de afdækker behov, hvor løsningerne kunne være meget andet end papemballage.

Næste skridt i analysen bliver at spørge: ”Hvordan dækkes behovet for lufthuller?” Svaret kan være, at hullerne stanses ud, men en anden mulighed kunne måske være at fremstille bølgepap med huller i.

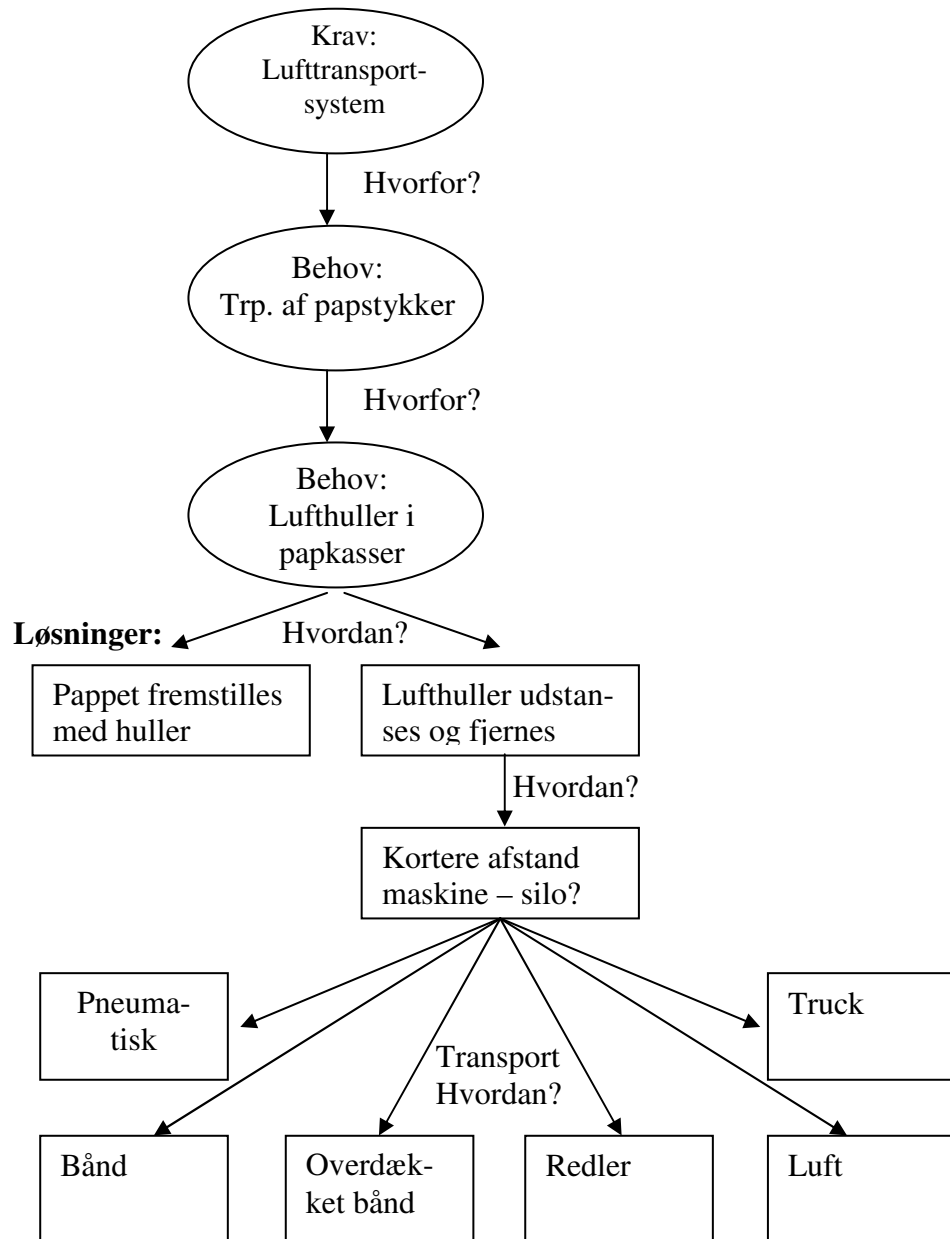
Fortsættes med udstansning-løsningen kunne man dernæst spørge, hvorfor stansemaskine og silo skal være placeret så langt fra hinanden. Måske kunne afstanden gøres kortere.

Herefter bliver spørgsmålet: ”Hvordan dækkes behovet for transport af papstykker?” Løsningsmulighederne kunne være eksempelvis:

- pneumatisk transport (trykluft)
- båndtransport
- transport på overdækket bånd
- redler-transport
- lufttransport
- containerløsning med truck-transport

Dermed er der afdækket en række alternative løsninger på bygherrens reelle behov.

Fremgangsmåden ved behovsanalyse og opstilling af løsningsmuligheder kan illustreres således:



*Eksempel 1 på behovsanalyse og løsningsmuligheder*

## Eksempel 2

En plastvirksomhed vil igangsætte et projekt for ventilation ved støbemaskinerne.

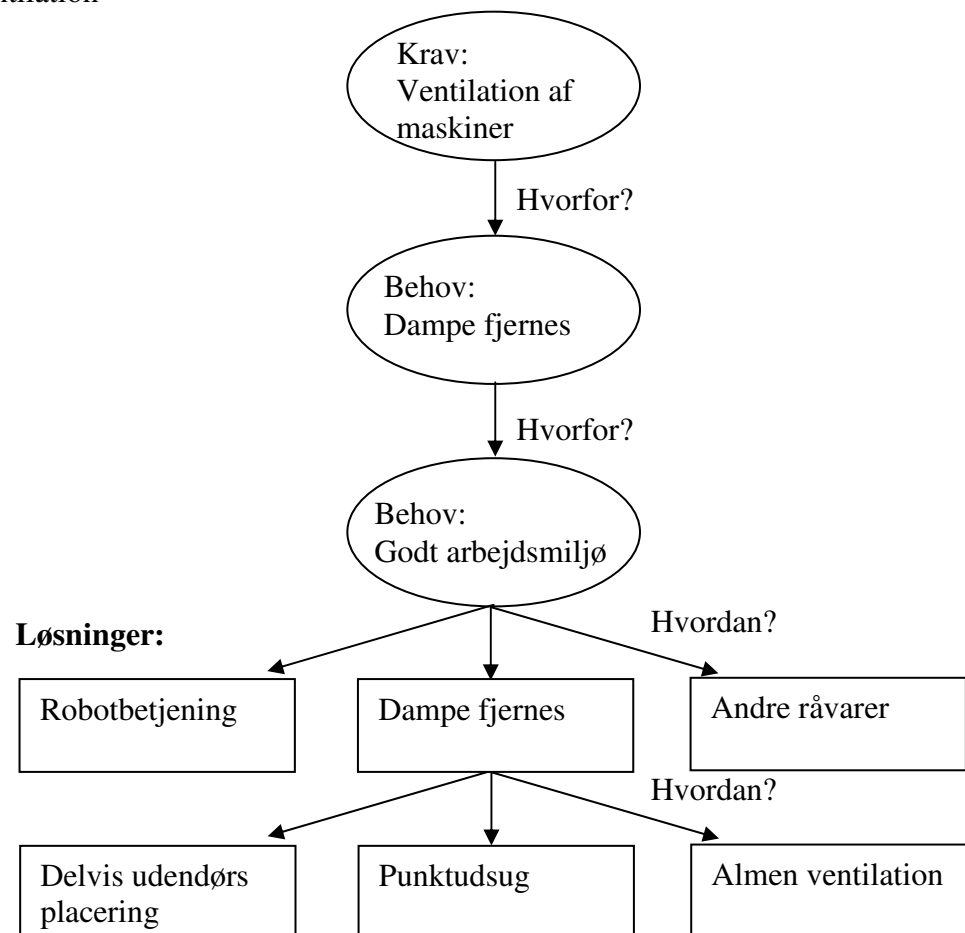
Spørgsmålet ”Hvorfor?” afdækker, at der er behov for at fjerne de skadelige dampe, der udvikles ved støbningen. Dette fører videre til, at virksomhedens reelle behov er et godt arbejdsmiljø.

Med udgangspunkt i det reelle behov og spørgsmålet ”Hvordan dækkes behovet?” kan man foreslå løsningsmuligheder på et godt arbejdsmiljø som

- robotbetjening
- brug af andre råvarer (der ikke udsender skadelige dampe ved støbning)
- hurtig fjernelse af dampene

Vælger man at arbejde videre med sidstnævnte løsningsmulighed kan løsningsmulighederne f.eks. være:

- støbemaskiner placeres delvist udendørs
- støbemaskiner indkapsles, punktudsugning
- almen ventilation



Eksempel 2 på behovsanalyse og løsningsmuligheder.

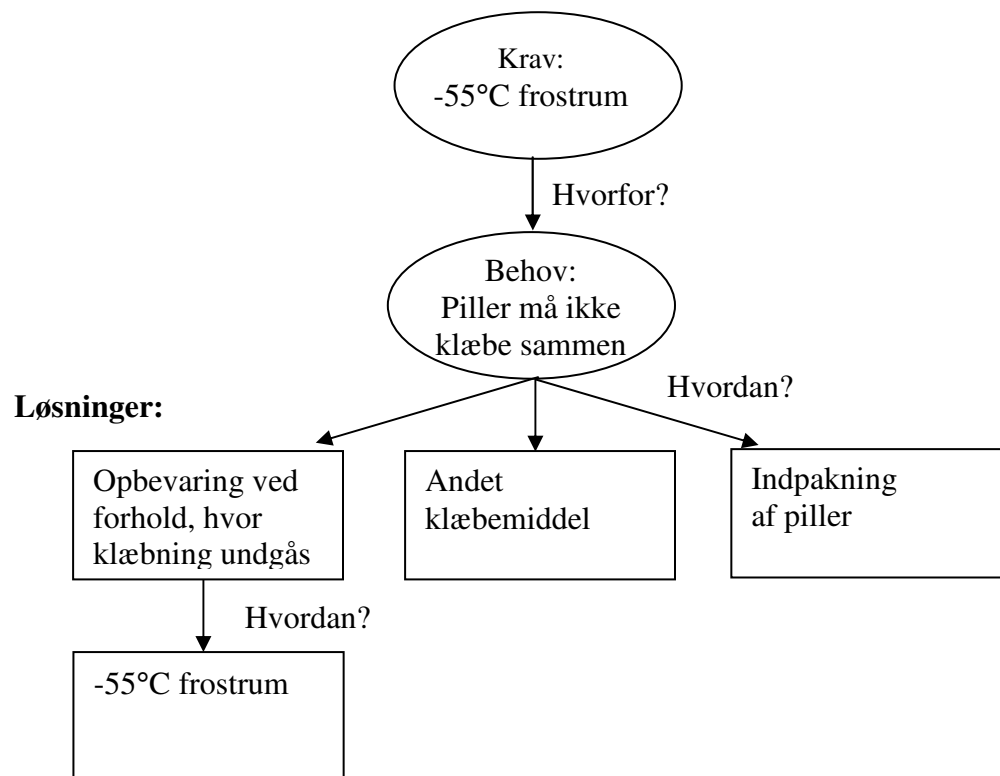
### Eksempel 3

En virksomhed vil etablere et  $-55^{\circ}\text{C}$  frostrum til opbevaring af produkter.

Svaret på spørgsmålet “Hvorfor?” er, at produkterne – nogle små piller – ikke må klæbe sammen.

Virksomheden går ikke videre i afdækningen af behov, men ser på løsningsmulighederne ud fra spørgsmålet “Hvordan undgås, at pillerne klæber sammen, når de lagres?” Af løsninger kan der foreslås eksempelvis:

- opbevaring under betingelser, hvor pillerne ikke klæber sammen
- anvendelse af andet klæbemiddel i pillerne
- indpakning af hver enkelt pille



*Eksempel 3 på behovsanalyse og løsningsmuligheder.*



## Bilag 7. Eksempel på opgørelse af totaløkonomien

Der skal etableres et nyt køleanlæg, der betjener en række køle- og frostinstallationer. Den samlede anskaffelsespris for et standardanlæg er 1.000.000 kr.. De årlige energiomkostninger er beregnet til ca. 200.000 kr., og hertil kommer vedligeholdelses- og serviceomkostninger på i alt 50.000 kr. årligt.

Et alternativt tilbud på et energieffektivt anlæg koster 200.000 kr. mere, men anlæggets energiomkostninger er kun på 140.000 kr. årligt. Vedligeholdelses- og serviceomkostninger er 50.000 kr. årligt.

Virksomheden kræver, at en merinvestering skal være tjent hjem på højst 5 år.

### Totalomkostninger med anvendelse af tilbagebetalingstid

Totalomkostning for standardanlæg:

$$1.000.000 \text{ kr.} + (200.000 + 50.000) \text{ kr./år} * 5 \text{ år} = 2.250.000 \text{ kr.}$$

Totalomkostning for energieffektivt anlæg:

$$1.200.000 \text{ kr.} + (140.000 + 50.000) \text{ kr./år} * 5 \text{ år} = 2.150.000 \text{ kr.}$$

Totalomkostningen er lavest for det energieffektive køleanlæg, der derfor bør vælges.

### Totalomkostninger med anvendelse af nuværdi

Levetiden for de to anlæg sættes til 20 år. Realrenten er 5%.

Totalomkostning for standardanlæg:

$$1.000.000 \text{ kr.} + (200.000 + 50.000) \text{ kr./år} * \frac{[1 - (1 + 0,05)^{-20}]}{0,05} = 4.116.000 \text{ kr.}$$

Totalomkostning for energieffektivt anlæg:

$$1.200.000 \text{ kr.} + (140.000 + 50.000) \text{ kr./år} * \frac{[1 - (1 + 0,05)^{-20}]}{0,05} = 3.568.000 \text{ kr.}$$

Totalomkostningen er lavest for det energieffektive anlæg, der derfor bør vælges.

Det ses, at forskellen mellem de to projekter bliver større, når der anlægges en levetidsbetragtning. Det skyldes, at tidshorizonten er meget længere.

### Totaløkonomi ved anvendelse af intern rente

Merinvesteringen i det energieffektive anlæg er 200.000 kr. og reduktionen i årlige driftsudgifter er 60.000 kr.

Den interne rente beregnes ud fra følgende udtryk:

$$200.000 \text{ kr.} = 60.000 \text{ kr./år} * \frac{[1 - (1 + r)^{-20}]}{r}$$

Ved iteration findes  $r = 30\%$ .

Det energieffektive anlæg bør vælges, forudsat virksomhedens afkastkrav er lavere end de 30%.

## Bilag 8. Beregning af totalomkostninger

<b>Anlæg:</b> _____	<b>System:</b> _____	
<b>Bygherreoplysninger</b>		
Kapacitet <sub>100%</sub> :	[m <sup>3</sup> /h, kW, stk., bar]	(1)
Årlig driftstid <sub>100%</sub> :	[timer]	(2)
Årlig driftstid <sub>75%</sub> :	[timer]	(3)
Årlig driftstid <sub>50%</sub> :	[timer]	(4)
Årlig driftstid <sub>25%</sub> :	[timer]	(5)
Årlig tomgangstid:	[timer]	(6)
Energipris:	[kr./kWh]	(7)
Realrente (r):	[-]	(8)
Krav til tilbagebetalingstid:	[år]	(9)
Levetid (n):	[år]	(10)
<b>Entreprenøroplysninger</b>		
Effektbehov <sub>100%</sub> :	[kW]	(11)
Effektbehov <sub>75%</sub> :	[kW]	(12)
Effektbehov <sub>50%</sub> :	[kW]	(13)
Effektbehov <sub>25%</sub> :	[kW]	(14)
Effektbehov <sub>tomgang</sub> :	[kW]	(15)
Vedligeholdelsesomkost.:	[kr./år]	(16)
Øvrige driftsomkostninger:	[kr./år]	(17)
<b>Forventet totalomkostning</b>		
Anlægsinvestering:	[kr.]	(18)
Årlige driftsomkost.:		
(2*11+3*12+4*13+5*14+6*15)*7 +16+17:	[kr./år]	(19)
Totalomkostning (tilb.tid): 18+19*9	[kr.]	
Totalomkostning (nuværdi): $18 + 19*[1 - (1+r)^{-n}]/r$ :	[kr.]	

Der kan anvendes følgende levetider ved beregningen.

Kedelanlæg: 25 år	Varmeinstallationer: 20 år
Procesanlæg: 15 år	Køleanlæg: 20 år
Belysning: 20 år	Trykluftkompr./inst.: 20 år
Pumper: 25 år	Ventilationsanlæg: 20 år

## Bilag 9. Eksempel på leverandørnotat

### 1. Generelt

Ved tilbudsgivning og levering af udstyr skal leverandøren være indstillet på i samarbejde med køber at vurdere energiforbrug og energieffektivitet. Det indebærer bl.a., at leverandøren beskriver energiforbruget af udstyret under de forventede driftsforhold og foreslår varianter med hensyn til udformning og regulering m.m., som har højere energieffektivitet.

Ved aflevering af tilbud skal det vedlagte skema også afleveres, udfyldt med mindst ét og helst flere alternativer. Findes skemaet ikke egnet, skal de nødvendige oplysninger til vurdering af energiforbrug og effektiviseringsmuligheder gives på en mere egnet, men enkel måde.

### 2. Energipolitik og målsætning

Det er virksomhedens politik løbende at arbejde for energieffektivisering af nye anlæg gennem energibevidst projektering med det mål at reducere omkostningerne til energi samt reducere miljøpåvirkninger fra energiforbruget.

Det er virksomhedens målsætning, at alle nyanlæg vurderes ud fra en totaløkonomisk betragtning, hvor forventede driftsudgifter indgår på lige fod med anlægsinvesteringen.

### 3. Økonomi af energibesparende tiltag

Virksomhedens krav til rentabilitet udtrykkes ved tilbagebetalingstiden for den ekstra investering i det energieffektive alternativ:

Tilbagebetalingstid = merinvestering : sparede årlige driftsomkostninger

Der accepteres normalt tilbagebetalingstider på op til 2 år. Er tilbagebetalingstiden over 2 år og under 4 år ønskes alternativet beskrevet i tilbudet og medtaget i vedlagte skema.

Ved beregning af de årlige energiodgifter benyttes følgende energipriser:

Energiform	Nettopris
Naturgas	1,50 kr. pr. m <sup>3</sup> (0,14 kr. pr. kWh)
El	0,55 kr. pr. kWh

### 4. Krav til energieffektivitet

De følgende specifikke krav gælder for alt udstyr og alle komponenter. Hvis det findes nødvendigt at fravige kravene af tekniske, økonomiske eller andre årsager, skal fravigelsen angives og begrundes i tilbudet.

## 4.1 Elmotorer

Den længerevarende belastning skal være mindst 65% af motorens mærkeeffekt. Hvis det ikke umiddelbart kan lade sig gøre på grund af startmomentet eller andre tekniske forhold, skal det angives i tilbudet.

Virkningsgraden oplyses i henhold til IEC 34. For 2- og 4-polede asynkronmotorer skal benyttes sparemotorer.

## 4.2 Pumper

Leverandøren skal oplyse virkningsgraden for den tilbudte pumpe i hele dennes designområde ved at bilægge tilbudet en pumpekaraktistik for det aktuelle medie. Hvis det bliver nødvendigt at regulere pumpeydelsen i en væsentlig del af driftstiden, skal tilbudet indeholde en regulering med omdrejningsregulering (frekvensomformer, flerhastighedsmotor el. lign.) eller flere pumper i parallel.

De anvendte pumper skal som udgangspunkt have virkningsgrader (ekskl. elmotor), der er højere end nedenstående krav, idet leverandøren frit kan vælge mellem kravene i tabellen og den virkningsgrad, som beregnes med formlen.

Q [m <sup>3</sup> /h]	Virkningsgrad [%]
≤10	50
20	60
40	70
80	75
≥160	80

$$\eta \geq 35 * Q^{0,17}$$

hvor:         $\eta$  er virkningsgraden i %  
               $Q$  er volumenstrømmen i m<sup>3</sup>/h

## 4.3 Trykluft

### 4.3.1 Trykluftanlæg

Trykluftkompressor skal være forsynet med effektiv aflastningsmekanisme, så energiforbruget under aflastet drift ikke overstiger 25% af forbruget ved lastet drift. Trykluftanlægget skal udstyres med en så stor beholder, at lastvariationer effektivt kan optages.

Driftspresostat/-transmitter placeres så der tages hensyn til tryktab i rørsystemet. Tryktabet i rørsystemet må ikke overstige 0,4 bar målt fra afgang fra kompressorcentralen til fjerneste forbrugssted. Tryklufftabene i trykluftanlæggets hjælpeudstyr må højst være:

Køletørrer:                    0,15 bar  
Adsorptionstørrer:        0,15 bar  
Grofilter, rent:              0,03 bar  
Finfilter, rent:              0,05 bar

Trykluftanlægget udrustes med urstyring for automatisk start/stop i forhold til forbrugsperioderne.

#### 4.3.2 Trykluftforbrugende udstyr

Kravet til tryk ved udstyret skal oplyses. Udstyrets krav til tryk må ikke overstige 6 bar (overtryk). Hvis der findes tilsvarende udstyr (dog ikke ventiler) med direkte eldrev i stedet for trykluftdrev, skal dette oplyses.

Trykluftventiler skal lukke tæt og må kun bruge luft, når de bevæges. Enkeltvirkende aktuatorer skal forsynes med fjeder eller med energispareventil. Ved lynkoblinger monteres afspærringsventiler.

### **4.4 Vakuum**

#### 4.4.1 Vakuumanlæg

Lavvakuum (undertryk op til 25 kPa) produceres med blæsere, mens andet vakuum produceres med kapselblæser eller turbine. Vandringspumper anvendes kun, hvor de andre typer er uegnede eller uøkonomiske. Omdrejningsregulering skal altid vurderes.

#### 4.4.2 Vakuum-forbrugende udstyr

Hvis udstyret som udgangspunkt tænkes forsynet med trykluft-ejektor til frembringelse af vakuum, skal økonomien ved at producere vakuomet med en vacuumpumpe undersøges. Påtænkes vakuum produceret ved flere forbrugssteder, skal økonomien i et centralt vakuumsystem undersøges.

### **4.5 Hydraulik**

Hydraulikudstyrets eleffekt ved fuldlast og tomgang skal oplyses. Hvis tomgangseffekten er over 40% af fuldlasteffekten, skal en mere energieffektiv regulering medtages i tilbudet.

### **4.6 Køleanlæg**

Kølekompressorers virkningsgrad (COP-værdi) skal være mindst som angivet i nedenstående tabel.

Kuldeydelse [kW]	-35°C	-25°C	-15°C	-5°C	0°C	5°C
1	1,3	1,8				
3	1,4	1,9	2,5	3,4	3,8	4,5
5	1,4	1,9	2,5	3,4	3,8	4,6
10	1,7	2,0	2,5	3,4	3,9	4,6
15	1,7	2,0	2,7	3,4	3,9	4,6
20	1,8	2,1	2,9	3,7	4,2	4,6
30	1,8	2,1	2,9	3,7	4,2	4,6

COP-faktorerne er angivet for R404A, ved en kondenseringstemperatur på 35°C og med en sugegastemperatur på 25°C og ingen væskeunderkøling.

Nedenstående krav til temperaturdifferencer skal overholdes i køleanlæggets dimensioneringstilstand.

- For luftkølere bør temperaturdifferencen mellem fordamper og tilgående luft højst være 8°C.
- For væskekølere bør temperaturdifferencen mellem fordamper og tilgående væske højst være 5°C.
- For luftkølede kondensatorer samt fordampningskondensatorer bør forskellen mellem kondenseringstemperatur og lufttemperatur højst være 10°C. (For fordampningskondensatorer anvendes den våde temperatur).
- For vandkølede kondensatorer bør forskellen mellem kondensatortemperatur og vandtemperatur højst være 5°C.

Temperaturdifferencen mellem kondensator og fordamper skal generelt være så lav som muligt.

Anlæggets kompressorbestykning og kapacitetsregulering bør sikre, at stempel- og skruekompressorer ikke kører under 50%, henholdsvis 60% belastet. Økonomien i at omdrejningsregulere en kompressor skal undersøges.

#### 4.7 Blæsere og ventilatorer

Radialventilatorer skal som udgangspunkt have bagudkrumme skovle. Hvis ventilationsbehovet varierer betydeligt, skal tilbudet indeholde en regulering med frekvensomformer, flerhastighedsmotor el. lign.

Virkningsgraden for ventilatorer og blæsere skal mindst være som nævnt i nedenstående tabel.

Akseffekt [kW]	Virkningsgrad [%]			
	B-hjul	F-hjul	Radialhjul	Aksial
1	75	58	65	67
3	77	62	68	72
10	81	65	70	81
100	86	70	75	87

Blæsere/ventilatorer skal udstyres med automatik, der starter og stopper anlæggene efter behovet.

Kanalføringer skal være kortest mulige og med bløde bøjninger, og tryktabet må ikke overstige 1 Pa/m lige kanal, med mindre høje lufthastigheder er nødvendige.

Hastigheden gennem ventilationaggregater må ikke overstige 2,5 m/s. Filtre skal være med lange poser. Ventilationsaggregater forsynes med varmegenvinding med krydsveksler eller

roterende veksler. Væskekoblede batterier benyttes kun når dette er nødvendigt. Tryktabet i ventilationaggregaters komponenter må ikke overstige:

Varmeflader:	40 Pa
Køleflader:	100 Pa
Varmegenvinding:	125 Pa
Grundfiltre, rene:	50 Pa

#### **4.8 Belysning**

Kravene i DS700 skal følges. Der må kun anvendes lysarmaturer med en belysningsvirkningsgrad på minimum 50%. Lysarmaturer beregnet for gløde- eller halogenpærer må ikke anvendes. I lysstofarmaturer med en årlig benyttelsestid over 5.000 timer skal der anvendes højfrekvente forkoblinger. I lokaler med mere end én række lysstofarmaturer opdeles armaturerne i separate lysgrupper for hver række.

#### **4.9 Andet**

##### 4.9.1 Remtræk

Der skal anvendes formfortandede flangeåbne kileremme, og skivediametrene skal være store. Remtrækket skal dimensioneres til det faktiske effektbehov.

##### 4.9.2 Varmeforbrugende udstyr

Udstyrets isolering skal være optimeret ud fra 2-3 års tilbagebetalingstid. For dampforbrugende udstyr skal kravet til damptryk oplyses. Kravet må ikke overstige 10 bara.

##### 4.9.3 Afspærringsventiler

Afspærringsventiler skal have lav strømningsmodstand, svarende til kugleventiler. Ventiler skal have fuld lysning.

### **5. Målere**

Udstyr eller grupper af udstyr med elforbrug over 250 MWh/år skal være forsynet med en måler for udstyrets samlede energiforbrug. Udstyr eller grupper af udstyr med varmebrug over 500 MWh/år skal være forsynet med måler for udstyrets samlede varmeoptag.

SKEMA FOR BEDØMMELSE AF Udstyrs ENERGIEFFEKTIVITET

<b>Udfyldes af virksomheden</b>			
Virksomhed:			
Udstyr:			
Udstyrets forventede brugstid:			timer pr. år
"Fuld ydelse" svarer til (beskriv ydelsen, eller giv tal herfor):			
Vil udstyret køre i dellast i væsentligt omfang: NEJ__ JA__, varighedskurve vedlagt.			øre/kWh
Elpris:			
Varmepris/brændselspris (kr. pr. MWh fjernvarme, kr. pr. l olie el. lign.):			kr./m <sup>3</sup>
Vandpris inkl. afledningsafgift:			
<b>Udfyldes af tilbudsgiver</b>	<b>Grund-tilbud</b>	<b>Alternativ 1</b>	<b>Alternativ 2</b>
Pris i henhold til tilbud			
Levetid			
<b>Driftsudgifter:</b>			
Elforbrug ved fuld ydelse	kr./time		
Elforbrug ved tomgang	kr./time		
Øvrige energiforbrug ved fuld ydelse	kr./time		
Øvrige energiforbrug ved tomgang	kr./time		
Vandforbrug ved fuld ydelse	kr./time		
Vandforbrug ved tomgang	kr./time		
Øvrige driftsudgifter* ved fuld ydelse	kr./time		
Øvrige driftsudgifter ved tomgang	kr./time		
Service og vedligehold	kr./time		
Samlet driftsudgift (inkl. tomgangsforbrug) ved den forventede brugstid	kr./år		
<b>Tilbagebetalingstid for merinvestering</b>	<b>år</b>		
<b>Yderligere oplysninger:</b>			
Er der automatik, som stopper udstyret ved tomgang?			
Er der urstyring?			
Er der anden automatik, som reducerer energiforbruget			
Er alle komponenter energieffektive (herunder elmotorer, pumper, ventiler, rørføringer m.m.)?			
Krav til mindstetryk for trykluft	bar		
Krav til vedligehold for fastholdelse af lavt energiforbrug			

\*) inklusive kemikalier, køling, trykluft m.m. Angiv art og benyttet enhedspris:



## Bilag 10. Skema til opgørelse af opnåede besparelser.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Projektændring forårsaget af energibevidst projektering	Enhed for energiforbruget	Energipris pr. enhed DKK	Forventet årligt energiforbrug. Oprindeligt projekt	Forventet årligt energiforbrug. Efter projektændring	Forventet årlig energibesparelse (4-5)	Forventet besparelse i energiudgifter (4-5) x 3 DKK/år	Forventet merinvestering DKK	Målt årligt energiforbrug

## Bilag 11. Checklister til energigranskning

<b>Projektfase: Planlægning / Program (G1)</b>	<b>Skema 1</b>
<b>Granskningsområde / Granskningsemner</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Er der opstillet nødvendige retningslinier for energiindsatsen i projekteringsforløbet?</li><li>- Er de energirelaterede projektforsætninger fastlagt?</li><li>- Er der foretaget en overordnet behovsanalyse for projektet?</li><li>- Er der foretaget en overordnet vurdering af alternative løsninger?</li></ul>	

<b>Projektfase: Skitseprojekt / projektforslag (G2)</b>	<b>Skema 2</b>
<b>Granskningsområde / Granskningsemner</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Er projektgruppen sammensat med den nødvendige energividen?</li><li>- Er der foretaget en detaljeret behovsanalyse for perifert udstyr og – hvis hensigtsmæssigt – for anlæg på virksomhedens kerneområder?</li><li>- Er der foretaget en overordnet vurdering af de miljømæssige konsekvenser ved de valgte energieffektiviserende løsninger?</li><li>- Er der udført en kortlægning af anlæggenes energiforbrug?</li><li>- Er den energibevidste indsats blevet prioriteret?</li><li>- Er mulighederne for integration mellem delprojekter vurderet?</li><li>- Er alternative løsninger vurderet?</li><li>- Er der foretaget en vurdering af de valgte løsningers totaløkonomi?</li><li>- Er der valgt løsninger, som er robuste overfor ændringer i driftforhold?</li></ul>	

<b>Projektfase: Detailprojekt (G3)</b>	<b>Skema 3</b>
<b>Granskningsområde / Granskningsemner</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Er driftsforhold og driftsdata fastlagt i henhold til virksomhedens krav for de enkelte anlæg?</li> <li>- Er alternative anlægsudformninger overvejet i forhold til totaløkonomi</li> <li>- Er detailprojektet for de enkelte anlæg energimæssigt optimale?</li> <li>- Er der i udbudsmaterialet stillet målbare krav til anlæggenes energieffektivitet?</li> <li>- Er der i udbudsmaterialet stillet krav om totaløkonomisk optimering af de tilbudte anlæg?</li> <li>- Er detailprojektet for de enkelte anlægsdele koordineret, så energieffektiviteten for det samlede projekt er optimal?</li> </ul>	

<b>Projektfase: Udbudsprojekt G3a/Detailprojekt G3b</b>	<b>Skema 4</b>
<b>Granskningsområde / Granskningsemner</b>	
<b>Udbudsprojekt, G3a</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Er driftsforhold og driftsdata fastlagt i henhold til virksomhedens krav for de enkelte anlæg?</li> <li>- Er der angivet oplysninger om og krav til energiforhold i funktionskravene for de enkelte anlæg?</li> <li>- Er der i udbudsmaterialet medtaget regningslinier for den energibevidste indsats ved leverandørprojektering?</li> <li>- Er der i udbudsmaterialet stillet målbare krav til anlæggenes energieffektivitet?</li> <li>- Er der i udbudsmaterialet stillet krav om totaløkonomisk optimering af de tilbudte anlæg?</li> </ul>	
<b>Detailprojekt, G3b</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Er alternative anlægsudformninger overvejet i forhold til totaløkonomi</li> <li>- Er detailprojektet for de enkelte anlæg energimæssigt optimale?</li> <li>- Er detailprojektet for de enkelte anlæg koordineret, så energieffektiviteten for det samlede projekt er optimal?</li> </ul>	

<b>Projektfase: Tilbud / før kontrakt, G4</b>	<b>Skema 5</b>
<b>Granskningsområde / Granskningsemner</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Er det tilbudte anlæg i overensstemmelse med de stillede funktionskrav vedrørende energiforhold?</li> <li>- Er det tilbudte anlæg totaløkonomisk optimeret?</li> <li>- Er der aftalt målbare krav til anlæggenes energieffektivitet og er test af energiforbrug aftalt?</li> <li>- Er principper for den energibevidste indsats ved leverandørprojektering aftalt herunder energigranskning af leverandørprojekt?</li> </ul>	

## Bilag 12. Energigranskning, resultatskema

<b>Sagsnavn:</b>	<b>Projektleder:</b>
<b>Sag nr.:</b>	<b>Gransker:</b>
<b>Materiale til energigranskning/projektfase:</b>	
<b>Dokument / Bemærkninger fra gransker</b>	<b>Bemærkninger fra projekterende:</b>