

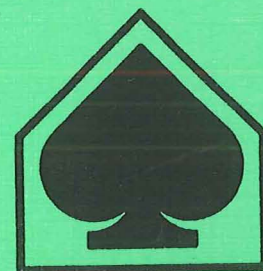
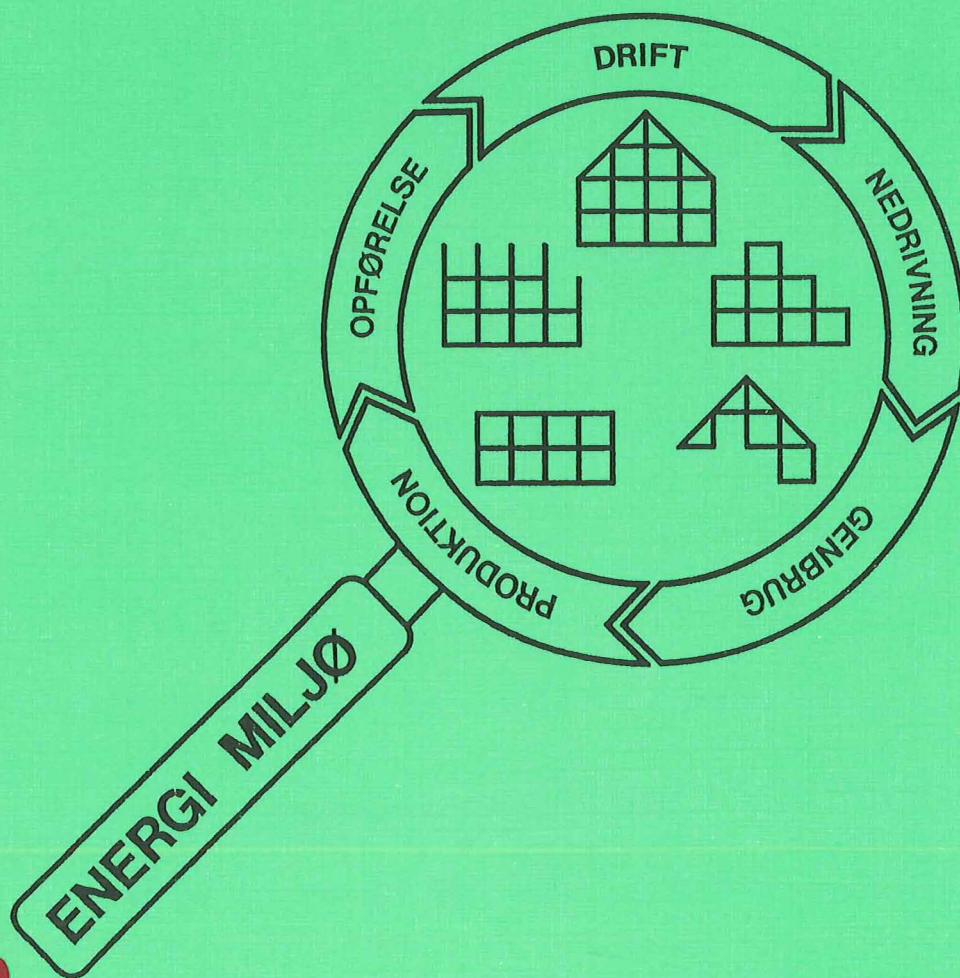
SBI - pub.

Energi- og miljøanalyser af bygninger



Forbedringer af livscyklusmodellen

SBI-MEDDELELSE 111 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1995



Energi- og miljøanalyser af bygninger

Forbedringer af livscyklusmodellen

JØRN DINESEN
PETER NIELSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
24 NOV. 1995

00511 P



SBI-meddelelser er foreløbige rapporteringer og beretninger om forundersøgelser, konferencer, symposier mv.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Instituttets årsberetning, publikationskatalog og publiceringsdiskette er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-0901-5.

ISSN 0107-4180.

Pris: Kr. 122,50 inkl. 25 pct. moms.

Oplag: 250.

Tekstbehandling: Annette Pilgaard Schmidt.

Tryk: SBI, Hørsholm.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-meddelelse 111: Energi- og miljøanalyser af bygninger.

Forbedringer af livscyklusmodellen. 1995.

Indhold

Forord	4
Den kommende edb-udgave af livscyklusmodellen	5
Bygningsdelsbibliotek	14
Driftsenergiforbrug	20
Levetider	32
Litteratur	34
Bilag A - Bygningsdelsbibliotekets opbygning	36
Bilag B - Anvendte levetider i edb-udgaven af livscyklusmodellen	60
Summary	66

Forord

I 1990 påbegyndte SBI en serie forskningsprojekter, støttet af Energiministeriets Forskningsprogram, omhandlende bygningers energiforbrug og energirelaterede miljøbelastning. Det første projekt, EFP-90 projektet "Energi- og miljøanalyser ved projektering af byggeri", opstillede en livscyklusmodel for bygningers totalenergiforbrug og de tilhørende energirelaterede emissioner af CO₂ og SO₂. I projektet så man ikke kun på energiforbrug og de energirelaterede emissioner i driftfasen, men i hele bygningens livscyklus, det vil sige produktion af byggematerialer og byggevarer, opførelse og drift af bygningen samt nedrivning af bygningen.

I 1991 påbegyndte SBI det andet projekt, EFP-91 projektet "Edb-program til energi- og miljøanalyser", som omsatte den udarbejdede beregningsmodel til et regnearksprogram.

Det tredje projekt, EFP-92 projektet "Anvendelse af beregningsprogrammer og database til energi- og miljøanalyser af byggeri", journal nr. 1213/92-0011, blev påbegyndt i 1992. I dette projekt er foretaget en serie eksempelberegninger med 22 bygninger (Nielsen 1995, SBI-meddelelse 108) og der har foregået en omfattende dataindsamling (Krogh et al. 1995, SBI-meddelelse 113).

Desuden er mulighederne for, at færdigudvikle og forbedre regnearksprogrammet samt gøre det til et selvstændigt edb-program undersøgt og beskrevet. Denne SBI-meddelelse beskriver disse muligheder.

Basis i den kommende edb-udgave af livscyklusmodellen bliver bygningsdelsdatabasen, som Axel Nielsen · Carl Bro og Statens Byggeforskningsinstitut opstillede i et projekt omhandlende byggeriets materialeforbrug i Danmark. Projektet gennemførtes i 1992 for Miljøstyrelsen. Denne bygningsdelsdatabase benyttes til at opbygge et bygningsdelsbibliotek. Med dette bygningsdelsbibliotek vil brugeren af edb-udgaven af livscyklusmodellen kunne konstruere sin bygning og nemt kunne ændre den igen.

En anden vigtig del af en kommende edb-udgave af livscyklusmodellen bliver et program til beregning af en bygning driftsenergiforbrug. Programmet tager udgangspunkt i en revideret udgave af metoden beskrevet i SBI-rapport 148: "Beregning af energiforbrug i småhuse". Revisionen er foretaget i forbindelse med det nye Bygningsreglement 1995, således at metoden også kan benyttes på etageejendomme og andre bygninger end boliger.

I meddelelsens Bilag A er bygningsdelsbibliotekets opbygning vist, således er alle de til bygningsdelsbiblioteket hørende menuer listet. I arbejdsrapportens Bilag B er de i edb-udgaven af livscyklusmodellen anvendte levetider for bygningsdele listet.

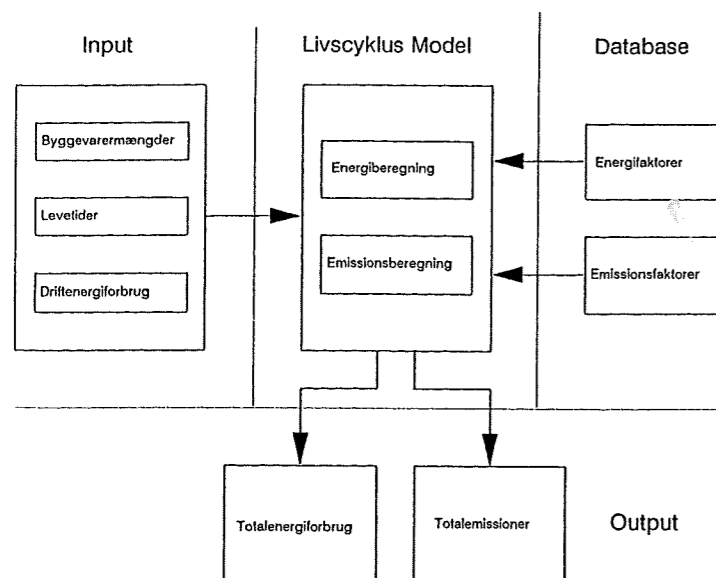
Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Energi og Indeklima, august 1995
Erik Christophersen

Den kommende edb-udgave af livscyklusmodellen

I SBI-rapport 224 (Andersen et al. 1993) beskrives en livscyklusmodel til beregning af en bygning totalenergiforbrug og de energirelaterede emissioner af SO₂ og CO₂ i hele bygningens livscyklus. Første udgave af livscyklusmodellen er en manuel beregningsmodel, dvs. alle beregninger foretages manuelt, og brugeren skal selv overføre data mellem de 24 beregningskemaer, som livscyklusmodellen består af.

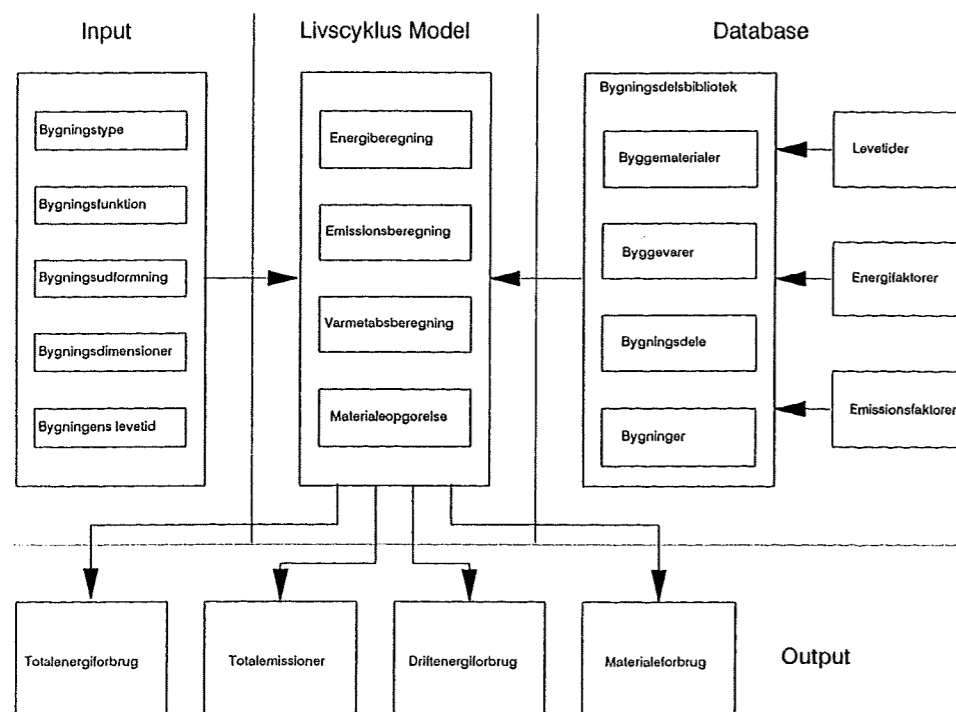
Livscyklusmodellen er inddelt i tre faser; anlægs-, drifts- og fjernelsesfasen. I hver fase indgår en række energiforbrugende processer. I anlægsfasen beregnes energiforbruget til produktion af byggevarer og til opførelse af bygningen samt energiforbruget til transport af byggevarerne fra produktionssted til byggeplads. I driftsfasen beregnes forsyningsenergiforbruget, det vil sige energiforbruget til rumopvarmning, ventilation, varmt vand og elektricitet. Endvidere beregnes energiforbruget til produktion af de byggevarer, der i løbet af bygningens levetid udskiftes, og i forbindelse hermed beregnes den energimæssige besparelse, der opnås ved at genanvende de udskiftede byggevarer. Endelig beregnes energiforbruget til transport af de udskiftede byggevarer. I fjernelsesfasen beregnes energiforbruget til nedrivning af bygningen og til transport af de nedrevne byggevarer, samt den energimæssige besparelse, der opnås ved at genanvende de nedrevne byggevarer. I alle de tre faser beregnes de energirelaterede emissioner af SO₂ og CO₂.

Denne første manuelle udgave af livscyklusmodellen er senere omformet til en regnearksudgave (Traberg-Borup 1995, SBI-meddelelse 110). Regnearksudgaven af livscyklusmodellen er udført i regnearksprogrammet Quattro Pro, version 4.0. Regnearksudgaven af livscyklusmodellen (herefter regnearksmodellen) er opbygget på helt samme måde som den manuelle udgave. Den består således også af 24 beregningskemaer. De 24 skemaer er opdelt i tre hovedgrupper. I skema 1-5 indtastes de i bygningen indgående byggevare-mængder, de byggevare-mængder der anvendes til udskiftning og de byggevare-mængder der genanvendes efter udskiftning eller nedrivning. I skema 6-17 beregnes energiforbruget til produktion af de indtastede byggevare-mængder, energiforbruget i forbindelse med bygge- og nedrivningsprocesser samt energiforbruget til transport. Efter indtastning af nettoenergiforbruget til rumopvarmning, ventilation, varmt vand og elektricitet beregnes i skema 17 den aktuelle bygning totalenergiforbrug. I skema 18-24 beregnes energirelaterede emissioner af SO₂ og CO₂. Dette sker på baggrund af de i skema 6-17 beregnede energiforbrug. På figur 1 er livscyklusmodellen vist skematisk.



Figur 1. Skematisk illustration af livscyklusmodellen.

En edb-version af livscyklusmodellen skal opbygges omkring en database bestående af et bygningsdelsbibliotek indeholdende de mest anvendte løsninger, samt eksempler på bygninger repræsenterende forskellige bygningskategorier, fx boligbyggeri, industribyggeri og kontorbyggeri. På figur 2 er edb-udgaven vist skematisk.



Figur 2. Skematisk illustration af en kommende edb-udgave af livscyklusmodellen.

Modsat de to hidtidige udgaver af livscyklusmodellen skal brugeren her udelukkende koncentrere sig om den konstruktive og visuelle udformning af bygningen. Alle beregninger og summeringer udføres af programmet. Endelig vil det være muligt at udvide resultatdelen med vilkårligt mange miljøparametre tilknyttet byggevarerne, idet edb-

udgaven er planlagt udført på basis af et bygningsdelsbibliotek indeholdende mængder af byggevarer. Efterfølgende beskrives nogle af de vigtigste dele af den kommende edb-udgave af livscyklusmodellen.

Database

Edb-programmet opbygges over en database, som er opdelt i fire delsystemer: "Byggematerialer", "Byggevarer", "Bygningsdele" og "Bygninger".

Delsystemet "Byggematerialer"

Delsystemet "Byggematerialer" skal indeholde data for byggematerialer fra udvinding af råmaterialer til fabrikation af byggematerialer. Desuden vil det også være nødvendigt, at databasen indeholder data vedrørende bortskaffelse af byggematerialer, da nedrivningsprodukterne (fx et vindue) oftest vil blive adskilt i sine grundlæggende bestanddele (det vil sige byggematerialer, her fx træ, glas, plast og metal).

Udgangspunkt for delsystemet "Byggematerialer" bliver materialelisten fra Axel Nielsen/SBI projektet: "Byggeriets materialeforbrug" (se kapitlet "Bygningsdelsbibliotek" side 14 for nærmere oplysning om projektet), samt livscyklusmodellens energiliste, der indeholder oplysninger om energiforbruget til produktion af en række byggematerialer. Det er således nødvendigt, at de to lister korresponderer. Af de materialer, der er med på Axel Nielsen/SBI projektets materialeliste, er det kun SfB-gruppen organiske materialer (pap og papir, vegetabiliske fibre og linoleum) samt spartelmasse, som ikke findes på livscyklusmodellens energiliste. Gruppen organiske materialer udgør imidlertid kun 0,14%, og spartelmasse kun 0,15% af de totale byggemateriale-mængder der anvendes årligt til anlæg og vedligehold (Axel Nielsen et al. 1993). Det er altså kun data vedrørende energiforbruget til produktion af < 0,3% af de i Danmark årligt anvendte byggemateriale-mængder til anlæg og vedligehold, der mangler energidata for. Tabel 1 viser de data delsystemet "Byggematerialer" skal indeholde for det enkelte materiale.

Tabel 1. Data for det enkelte materiale i delsystemet "Byggematerialer".

Energidata	Andre data
Energiforbrug til produktion	Råstofforbrug
El-forbrug	Genanvendelsesmuligheder ved nedrivning
Kulforbrug	Genanvendelsesprocent ved nedrivning
Fuelolieforbrug	Rumvægt
Dieselolieforbrug	Varmefylde
Naturgasforbrug	Sundhedseffekter
SO ₂ -emission	Miljøfarlige stoffer
CO ₂ -emission	
NO _x -emission	
Transportmængde/afstand/middel	
Øvre og nedre brændværdi	

Grundlaget for tabel 1 er en række baggrundsdata vedrørende virkningsgrader, allokeringer, transport, processer mv. Disse data og beregninger lagres i første omgang i en særskilt database. Til hvert

byggemateriale knyttes dog en beskrivelse af baggrundsdata og beregninger.

Delsystemet "Byggevarer"

Delsystemet "Byggevarer" skal indeholde data for byggevarer fra modtagelse af materialer til levering af byggevarer, dvs. primært fremstillingsprocesser. Desuden vil det være ønskeligt, at databasen indeholder data vedrørende bortskaffelse og mulig genanvendelse af byggevarer. Delsystemet "Byggevarer" vil indtil videre være identisk med delsystemet "Byggematerialer", da der ikke på nuværende tidspunkt findes data for byggevarer. Da der imidlertid kan ligge store energiforbrug gemt i processerne i forbindelse med samling af byggematerialer til byggevarer (fx svejsning af metaller), er delsystemet "Byggevarer" et område, som der i fremtiden skal indsamles data for.

Delsystemet "Bygningsdele"

Delsystemet "Bygningsdele" skal indeholde data for bygningsdele fra modtagelse af byggevarer til samling af disse til bygningsdele, dvs. primært fremstillingsprocesser.

Som grundlag for delsystemet "Bygningsdele" anvendes bygningsdelsbiblioteket fra Axel Nielsen/SBI-projektet, der indeholder oplysninger om typiske udførelser af bygningsdele i Danmark. Det skal endvidere være muligt for brugeren af edb-programmet selv at konstruere bygningsdele på baggrund af de byggematerialer/byggevarer der findes i databasen. Endelig skal brugeren af edb-programmet også have mulighed for at redigere på databasens bygningsdele.

Data for delsystemet "Bygningsdele" er de mængder af byggematerialer den enkelte bygningsdel består af, samt summen af de i bygningsdelen indgående byggematerialers forbrug af forskellig art (fx energiforbrug, råstofforbrug m.m.). I tabel 2 er data for den enkelte bygningsdel vist.

Tabel 2. Data for den enkelte bygningsdel i delsystemet "Bygningsdele".

Energidata	Andre data
Samlet energiforbrug ^{?)}	Samlet byggematerialeforbrug ^{?)}
Samlet el-forbrug ^{?)}	Samlet byggevarerforbrug ^{?)}
Samlet kulforbrug ^{?)}	Samlede genanvendelsesmuligheder ved udskiftning og nedrivning ^{?)}
Samlet fuelolieforbrug ^{?)}	Samlet genanvendelsesprocent ved udskiftning og nedrivning ^{?)}
Samlet dieselolieforbrug ^{?)}	Levetid ^{?)}
Samlet naturgasforbrug ^{?)}	U-værdi ^{?)}
Samlet SO ₂ -emission ^{?)}	Sundhedseffekter ^{?)}
Samlet CO ₂ -emission ^{?)}	Miljøfarlige stoffer ^{?)}
Samlet NO _x -emission ^{?)}	
Transportmængde/afstand/middel	

^{?)} Ved samlet forbrug forstås summen af de i byggevarer indgående byggematerialers forbrug, samt de forbrug der udelukkende vedrører selve bygningsdelen.

^{?)} Sundhedseffekter og miljøfarlige stoffer indgår ikke i dette projekt, men programmet kan evt. senere udbygges med disse parametre.

Tilsvarende delsystemet "Byggematerialer", er grundlaget for dataene i tabel 2 en lang række baggrundsdata vedrørende virkningsgrader,

allokeringer, transport, processer mv. Til hver bygningsdel knyttes en tekstfil med beskrivelse af baggrundsdata og beregninger. Beskrivelsen kan kaldes frem, hvis det ønskes.

Delsystemet "Bygninger"

Databasen for delsystemet "Bygninger" skal indeholde data for et antal referencebygninger af forskellig type (bolig-, landbrugs-, industri-, institutions-, kontor- og administrationsbyggeri).

Det skal endvidere være muligt for brugeren af edb-programmet, selv at konstruere bygninger på baggrund af de bygningsdele der findes i databasen. Endelig skal brugeren også have mulighed for at redigere på databasens bygninger.

Data for delsystemet "Bygninger" er de mængder af bygningsdele den enkelte bygning består af, samt summen af de i bygningen indgående byggematerialers og bygningsdeles forbrug af forskellig art (fx energiforbrug, råstofforbrug m.m.). I tabel 3 er data for en enkelt bygning vist.

Tabel 3. Data for en enkelt bygning i delsystemet "Bygninger".

Energidata	Andre data
Samlet energiforbrug ^{?)}	Samlet råstofforbrug ^{?)}
Samlet el-forbrug ^{?)}	Samlet byggematerialeforbrug ^{?)}
Samlet kulforbrug ^{?)}	Byggeprocesser
Samlet fuelolieforbrug ^{?)}	Nedrivningsprocesser
Samlet dieselolieforbrug ^{?)}	Samlede genanvendelsesmuligheder ved udskiftning og nedrivning ^{?)}
Nettoenergiforbrug til rumopvarmning og ventilation	Samlet genanvendelsesprocent ved udskiftning og nedrivning ^{?)}
Nettoenergiforbrug til elektricitet	Levetid
Samlet naturgasforbrug ^{?)}	
Samlet SO ₂ -emission ^{?)}	
Samlet CO ₂ -emission ^{?)}	
Samlet NO _x -emission ^{?)}	
Transportmængde/afstand/middel	

^{?)} Ved samlet forbrug forstås summen af de i bygningen indgående byggematerialers og bygningsdeles forbrug samt de forbrug, der vedrører hele bygningen.

Resultatdel

I de hidtidige udgaver af livscyklusmodellen vises resultaterne af en totalenergiberegning i tre skemaer (se Andersen et al. 1993). I skema 17 vises bygningens totalenergiforbrug i MJ og % fordelt på anlægs-, drifts- og fjernelsesfasen, samt det samlede energiforbrug i bygningens livscyklus. Desuden er energiforbruget i de tre faser yderligere fordelt på bl.a. produktion af byggevarer, opførelse af bygningen, forsyning, energibesparelse ved genanvendelse af byggevarer, nedrivningsprocesser mv.

I skema 23 og skema 24 vises de energirelaterede emissioner af henholdsvis SO₂ og CO₂ som bygningen giver anledning til fordelt på anlægs-, drifts- og fjernelsesfasen, samt de samlede emissioner i bygningens livscyklus. Emissionerne i de tre faser er fordelt yderligere på bl.a.

anlægs-, drifts- og fjernelsesfasen, samt de samlede emissioner i bygningens livscyklus. Emissionerne i de tre faser er fordelt yderligere på bl.a. produktion af byggevarer, opførelse af bygningen, forsyning, nedrivningsprocesser mv.

Denne udformning af resultatskemaerne gør det svært at sammenligne forskellige bygninger. Det er heller ikke muligt med den nuværende udformning af resultatskemaerne at sammenligne fx forskellige bygningsdele med hensyn til bl.a. energiforbrug. Endelig er det heller ikke muligt, at se hvilke data der er tilknyttet de enkelte byggevarer.

Med etableringen af den tidligere omtalte database, der som nævnt er opdelt i fire delsystemer, vil det være muligt at få en meget fleksibel resultatformidling fra en kommende edb-version af livscyklusmodellen. Resultatdelen vil tilsvarende databasen være opdelt i fire dele - byggematerialer, byggevarer, bygningsdele og bygninger. En resultatdel for hvert delsystem. Efterfølgende beskrives resultatdelen af en kommende edb-version af livscyklusmodellen for de fire delsystemer.

Opgørelse for byggematerialer

En opgørelse på byggematerialeniveau består i at vise de data, der ligger i databasen for et bestemt byggemateriale. Det er imidlertid ikke nødvendigvis alle data, som vil fremgå af resultatskemaet for et materiale, da der, fra de forskellige tænkte brugere af edb-programmet (rådgivere, bygherrer, forskere m.m.), er stor forskel på ønskerne til detaljeringsniveau af resultaterne. Det vil som tidligere nævnt være muligt at hente en til materialet tilknyttet tekstfil frem indeholdende samtlige data inkl. baggrundsdata og beregninger.

For at kunne sammenligne to byggematerialer, bør det endvidere være muligt at trække resultatskemaer for dem begge frem på skærmen samtidig. Figur 3 viser et resultatskema for et byggemateriale.

Data for byggematerialer:

Byggemateriale A:	
Energiforbrug (MJ/ton)	E
El-forbrug (MJ/ton)	EI
Kulforbrug (kg/ton)	K
Olieforbrug (l/ton)	O
Gasforbrug (m ³ /ton)	G
SO ₂ -emission (ton)	S
CO ₂ -emission (ton)	C
NO _x -emission (ton)	N
Miljøfarlige stoffer (kg)	F
Rumvægt (kg/m ³)	ρ
Udnyttelig brændværdi (MJ/ton)	B

Figur 3. Resultatskema for et byggemateriale.

Som det ses af resultatskemaet vil det for hvert byggemateriale fremgå, hvor stort energiforbruget til produktion af dette er, og hvilke brændsels-

stoffer (fx tungmetaller), dets rumvægt og udnyttelige brændværdi (både øvre- og nedre brændværdi) fremgå af resultatskemaet.

Opgørelse for byggevarer

Som tidligere nævnt eksisterer der ikke på nuværende tidspunkt data for byggevarer, og resultatopgørelsen for byggevarer vil indtil videre være enslydende med resultatopgørelsen for byggematerialer.

Opgørelse for bygningsdele

En opgørelse på bygningsdelsniveau består i at vise de data, der ligger i databasen for en bestemt bygningsdel. Disse data vedrører bygningsdelen fra modtagelse af materialer til levering af den færdige bygningsdel på byggepladsen. Det vil også for bygningsdelen være hensigtsmæssigt, at der foreligger data vedrørende bortskaffelse og evt. genanvendelse, fx genanvendelsesmulighederne for byggematerialerne som bygningsdelen består af. Desuden oplyses om udskiftningsforbruget beregnet på grundlag af bygningsdelens levetid og en fastlagt bygningslevetid. Udskiftningsforbruget beregnes ved at gange bygningsdelens fremstillingsforbrug med antallet af udskiftninger. Endelig bør vedligeholdelsesforbruget (fx i form af maling) også fremgå af resultatskemaet for en bygningsdel.

For at kunne sammenligne to byggematerialer, bør det være muligt at trække resultatskemaer for dem begge frem på skærmen samtidig. Figur 4 viser et resultatskema for en bygningsdel.

Data for bygningsdele:

Bygningsdel A:	M	E	EI	K	O	G	S	C	N	F
Byggemateriale 1	m ₁	e ₁	el ₁	k ₁	o ₁	g ₁	s ₁	c ₁	n ₁	f ₁
Byggemateriale 2	m ₂	e ₂	el ₂	k ₂	o ₂	g ₂	s ₂	c ₂	n ₂	f ₂
Byggemateriale 3	m ₃	e ₃	el ₃	k ₃	o ₃	g ₃	s ₃	c ₃	n ₃	f ₃
Byggemateriale 4	m ₄	e ₄	el ₄	k ₄	o ₄	g ₄	s ₄	c ₄	n ₄	f ₄
Vedligeholdelsesforbrug x	m _x	e _x	el _x	k _x	o _x	g _x	s _x	c _x	n _x	f _x
Vedligeholdelsesforbrug y	m _y	e _y	el _y	k _y	o _y	g _y	s _y	c _y	n _y	f _y
Processer ifm. samling af bygningsdel	e _p	el _p	k _p	o _p	g _p	s _p	c _p	n _p		
Transport ifm. samling og distribution af bygningsdel	e _t	el _t	k _t	o _t	g _t	s _t	c _t	n _t		
Besparelse ved genanvendelse	e _g	el _g	k _g	o _g	g _g	s _g	c _g	n _g		
Samlet for bygningsdelen pr. m ²	EM	EE	EEl	EK	EO	EG	ES	EC	EN	EF
Udskiftningsforbrug for bygningsdelen pr. m ²	UM	UE	UEI	UK	UO	UG	US	UC	UN	UF
Levetid for bygningsdelen (år)	L									
U-værdi for bygningsdelen	U									

hvor M = mængden af byggematerialer, E = energiforbrug, EI = el-forbrug, K = kulforbrug, O = olieforbrug, G = gasforbrug, S = SO₂-emission, C = CO₂-emission, N = NO_x-emission og F = indhold af miljøfarlige stoffer.

Figur 4. Resultatskema for en bygningsdel.

En given bygningsdel i databasen består af en række forskellige byggematerialer. Resultatskemaet for en bygningsdel vil derfor bestå af en opgørelse af mængden af de i bygningsdelen indgående byggematerialer, samt energiforbruget til produktion af disse, og hvilke brændsels-

per der er anvendt. Den energirelaterede emission af SO₂, CO₂ og NO_x, som byggematerialet giver anledning til og byggematerialets indhold af miljøfarlige stoffer (fx tungmetaller) vil også fremgå af resultatskemaet.

Endvidere vil procesenergiforbruget og transportenergiforbruget i forbindelse med samling og distribution af bygningsdelen, begge fordelt på brændsler fremgå af resultatskemaet. Alle de enkelte byggematerialers energiforbrug, emissioner og mængder af miljøfarlige stoffer summeres for hele bygningsdelen.

Endelig vil udskiftningsforbruget af mængdemængde, energiforbrug fordelt på brændsler, emissioner og indhold af miljøfarlige stoffer sammen med en anslået levetid og en beregnet U-værdi for bygningsdelen fremgå af resultatskemaet.

Opgørelse for en bygning

Opgørelse på bygningsniveau skal omfatte data fra alle faser i bygningens livscyklus. Fremstillings- og produktionsfaserne beregnes via data fra delsystemerne: byggematerialer og bygningsdele. Desuden skal mængderne af bygningsdele for den aktuelle bygning opmåles og indgå. I den første udgave af livscyklusmodellen er desuden medtaget nogle generelle opførelsesprocesser vedrørende udtørring, vinterforanstaltninger og byggepladsarbejder og -indretninger. Disse generelle opførelsesprocesser forsøges knyttet til bygningsdelene og mængderne af disse, så brugeren ikke selv skal beregne mængder vedrørende disse processer.

Driftsfasen omfatter foruden forbruget til udskiftning og vedligehold (beskrevet under bygningsdele) forbruget til rumopvarmning, ventilation, varmt vand og elektricitet. Opgørelsen af disse forbrug gennemføres ved hjælp af en beregningsmodel, der er udviklet i tilknytning til det nye bygningsreglement. Denne beregningsmodel integreres i edb-modellen. De data, der er nødvendige for beregningen, tilknyttes bygningsdele (fx U-værdi) og bygning (orientering m.m.).

Fjernelsesfasen er i den første udgave af livscyklusmodellen medregnet med nogle generelle nedrivningsprocesser. Disse forsøges tilknyttet bygningsdelene og mængderne af disse, så brugeren ikke selv skal beregne mængder vedrørende disse processer. Figur 5 viser et resultatskema for en bygning.

En given bygning i databasen består af en række forskellige bygningsdele. Resultatskemaet for en bygning vil derfor svarende til resultatskemaet for en bygningsdel bestå af en opgørelse af blandt andet energiforbrug og emissioner for de i bygningen indgående bygningsdele, samt opsummeret for hele bygningsdelen.

Endvidere kan der være oplysninger om nettoenergiforbruget til henholdsvis rumopvarmning, ventilation, varmt vand og elektricitet fordelt på brændselstyper.

Endelig vil energiforbruget til byggeprocesser, nedrivningsprocesser samt transport i forbindelse med disse sammen med en anslået levetid for bygningsdelen fremgå af resultatskemaet.

Data for bygninger:

Bygning A:	M	E	El	K	O	G	S	C	N	F
Bygningsdel 1	m ₁	e ₁	el ₁	k ₁	o ₁	g ₁	s ₁	c ₁	n ₁	f ₁
Bygningsdel 2	m ₂	e ₂	el ₂	k ₂	o ₂	g ₂	s ₂	c ₂	n ₂	f ₂
Bygningsdel 3	m ₃	e ₃	el ₃	k ₃	o ₃	g ₃	s ₃	c ₃	n ₃	f ₃
Bygningsdel 4	m ₄	e ₄	el ₄	k ₄	o ₄	g ₄	s ₄	c ₄	n ₄	f ₄
do	m _x	e _x	el _x	k _x	o _x	g _x	s _x	c _x	n _x	f _x
do	m _y	e _y	el _y	k _y	o _y	g _y	s _y	c _y	n _y	f _y
Nettoenergiforbrug til rumopvarmning og ventilation		e _R	el _R	k _R	o _R	g _R	s _R	c _R	n _R	f _R
Nettoenergiforbrug til elektricitet		e _E	el _E	k _E	o _E	g _E	s _E	c _E	n _E	f _E
Byggeprocesser		e _B	el _B	k _B	o _B	g _B	s _B	c _B	n _B	f _B
Transport ifm. opførelse af bygningen		e _T	el _T	k _T	o _T	g _T	s _T	c _T	n _T	f _T
Nedrivningsprocesser		e _N	el _N	k _N	o _N	g _N	s _N	c _N	n _N	f _N
Transport ifm. udskiftning og nedrivning af bygningen		e _T	el _T	k _T	o _T	g _T	s _T	c _T	n _T	f _T
Samlet for bygningen pr. m ²	ΣM	ΣE	ΣEl	ΣK	ΣO	ΣG	ΣS	ΣC	ΣN	ΣF
Levetid for bygningen (år)	L									

hvor M = mængden af bygningsdele, E = energiforbrug, El = el-forbrug, K = kulforbrug, O = olieforbrug, G = gasforbrug, S = SO₂-emission, C = CO₂-emission, N = NO_x-emission og F = indhold af miljøfarlige stoffer

Figur 5. Resultatskema for en bygning.

Bygningsdelsbibliotek

Hovedneren i den kommende edb-udgave af livscyklusmodellen bliver bygningsdelsbiblioteket. Ved hjælp af dette vil brugeren af programmet kunne konstruere sin bygning, og alle beregninger af totalenergiforbrug, totale energirelaterede emissioner og materialeforbrug vil foregå på baggrund af de bygningsdele brugeren vælger i bygningsdelsbiblioteket.

Axel Nielsen/SBI bygningsdelsbiblioteket

I 1992 gennemførte Axel Nielsen · Carl Bro og Statens Byggeforskningsinstitut (Axel Nielsen et al. 1993) et projekt omhandlende byggeriets materialeforbrug i Danmark. En del af projektarbejdet bestod i, at opstille et bygningsdelsbibliotek indeholdende typiske eksempler på udførelser af bygningsdele, som forekommer i dansk byggeri.

Det opstillede bygningsdelsbiblioteket anvender SfB-systemets principper med opdeling af bygninger i delsystemer (bygningbasis, primære bygningsdele osv.) og videre i bygningsdele, jfr. SfB-bygningsdelstavle (BC/SfB-Bygningsdeltavle, Byggecentrum 1988).

Til hver bygningsdel er angivet en skønnet levetid, ud fra skalaen 2, 5, 10, 20, 50, 100 år. På figur 6 er vist en udskrift fra den del af bygningsdelsbiblioteket, under primære bygningsdele, der omhandler ydervægge.

Bygningsdelsbiblioteket udgør med sit nuværende indhold og i sin nuværende form en god basis for implementering i livscyklusmodellen. Bygningsdelsbiblioteket kan dels lette beskrivelsen af bygningen, dels give oplysninger om bl.a. mængder og levetider, til brug for beregning af bygningers totalenergiforbrug og miljøbelastning, fx de energirelaterede emissioner af CO₂ og SO₂. Det er imidlertid også klart, at en del bearbejdning og viderudvikling af bygningsdelsbiblioteket er nødvendig for at det kan indpasses i den edb-mæssige sammenhæng.

Edb-udgaven af livscyklusmodellens bygningsdelsbibliotek

Basis i det kommende bygningsdelsbibliotek bliver som tidligere nævnt databasen fra Axel Nielsen/SBI projektet (Axel Nielsen et al. 1993). Det er imidlertid nødvendigt med en vis modificering af databasens struktur og interne koder således, at der sker en tilpasning til livscyklusmodellen.

Det kommende bygningsdelsbibliotek skal opbygges efter principperne i BPS's "fælles tegningsprincipper" (FTP). Som basis anvendes FTP's bygningsdelstavle, der ligger inden for rammerne af SfB-bygningsdelstavlen, men som beskriver en mere detaljeret opdeling i bygningsdele (BPS-fælles tegningsprincipper, 1989). FTP opdeler en bygning i selve huset og i husets indhold. Huset opdeles herefter i underbygning og overbygning, husets indhold opdeles i installationer og indretning.

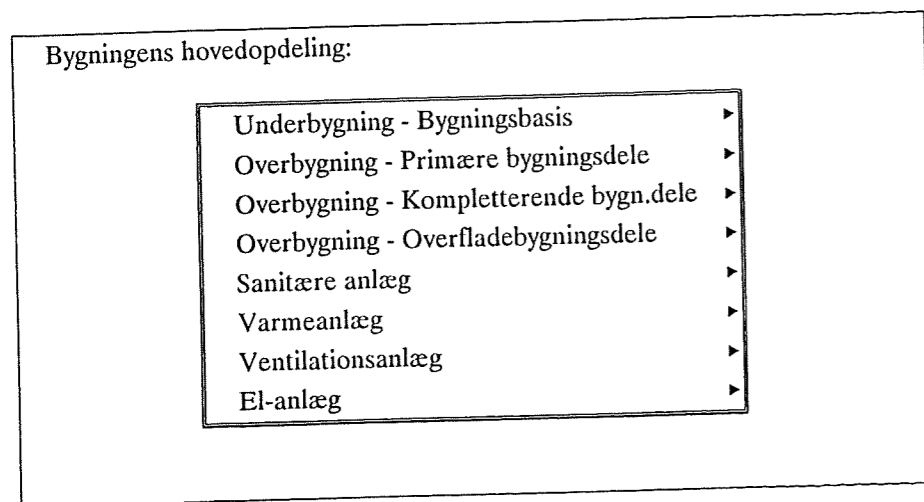
PRIMÆRE BYGNINGSDELE			side 27
21.3-... Ydervægge			Levetid
21.38.69	300 mm hulmur af betonelementer sandwichkonstruktion	Enh.: m2	50 år
	f2 beton	0,203 m3	50 år
	m1 mineraluld	0,075 m3	50 år
	h2 armering	12,000 kg	50 år
	f1 mørtel	0,001 m3	50 år
	s6 asfaltpap	0,350 kg	50 år
21.38.70	330 mm hulmur af betonelementer jf. V&S, sandwichkonstruktion	Enh.: m2	50 år
	f2 beton	0,210 m3	50 år
	m1 mineraluld	0,120 m3	50 år
	h2 armering	16,000 kg	50 år
	f1 mørtel	0,020 m3	50 år
	s6 asfaltpap	0,350 kg	50 år
21.38.75	390 mm hulmur af betonelementer sandwichkonstruktion	Enh.: m2	50 år
	f2 beton	0,270 m3	50 år
	m1 mineraluld	0,120 m3	50 år
	h2 armering	32,000 kg	50 år
	f1 mørtel	0,020 m3	50 år
	s6 asfaltpap	0,350 kg	50 år
21.38.80	390 mm hulmur af klinkebetonelement sandwichkonstruktion	Enh.: m2	50 år
	f5 klinkebeton	0,270 m3	50 år
	m1 mineraluld	0,120 m3	50 år
	h2 armering	32,000 kg	50 år
	f1 mørtel	0,020 m3	50 år
	s6 asfaltpap	0,350 kg	50 år
21.38.85	260 mm ydervægselementer beton/klinkerbeton	Enh.: m2	50 år
	f2 beton	0,065 m3	50 år
	m1 mineraluld	0,100 m3	50 år
	f5 klinkebeton	0,095 m3	50 år
	h2 armering	15,000 kg	50 år
	f1 mørtel	0,001 m3	50 år
	s6 asfaltpap	0,150 kg	50 år
	n3 fugemasse	0,140 kg	10 år
21.38.90	290 mm ydermur af klinkebeton med udvendig træbeklædning	Enh.: m2	100 år
	f5 klinkerbeton	0,100 m3	100 år
	t3 klæbemiddel	0,010 kg	20 år
	s6 asfaltpap	0,200 kg	20 år
	m1 mineraluld	0,140 m3	50 år
	i1 træskelet og beklædning	0,039 m3	20 år
	h2 befæstigelse	0,500 kg	50 år
	f7 gipsplade	0,009 m3	20 år
	v1 udv. overfladebehandling	0,200 kg	5 år

Figur 6. Udskrift fra bygningsdelsbibliotekets primære bygningsdele (Axel Nielsen et al. 1993).

Det er hensigten, at et kommende bygningsdelsbibliotek skal være menustyret (som fx Quattro Pro). Programmet skal primært være baseret på, at brugeren har en "mus" tilsluttet sin pc, brugeren foretager sine valg ved at "klikke" på den ønskede funktion, men det skal selvfølgelig være muligt at operere i menuerne udelukkende ved hjælp af tastaturet. Ud over en rullegardinmenu vil der på hvert niveau også være en skematisk tegning, som brugeren vil kunne "klikke" sine valg ind på. Endelig vil det også være muligt at indtaste de anvendte mængder direkte i modellen som i dag.

I den første menu i bygningsdelsbiblioteket skal brugeren vælge hoveddel af bygningen (se figur 7). Menupunktet <Underbygning - Byg-

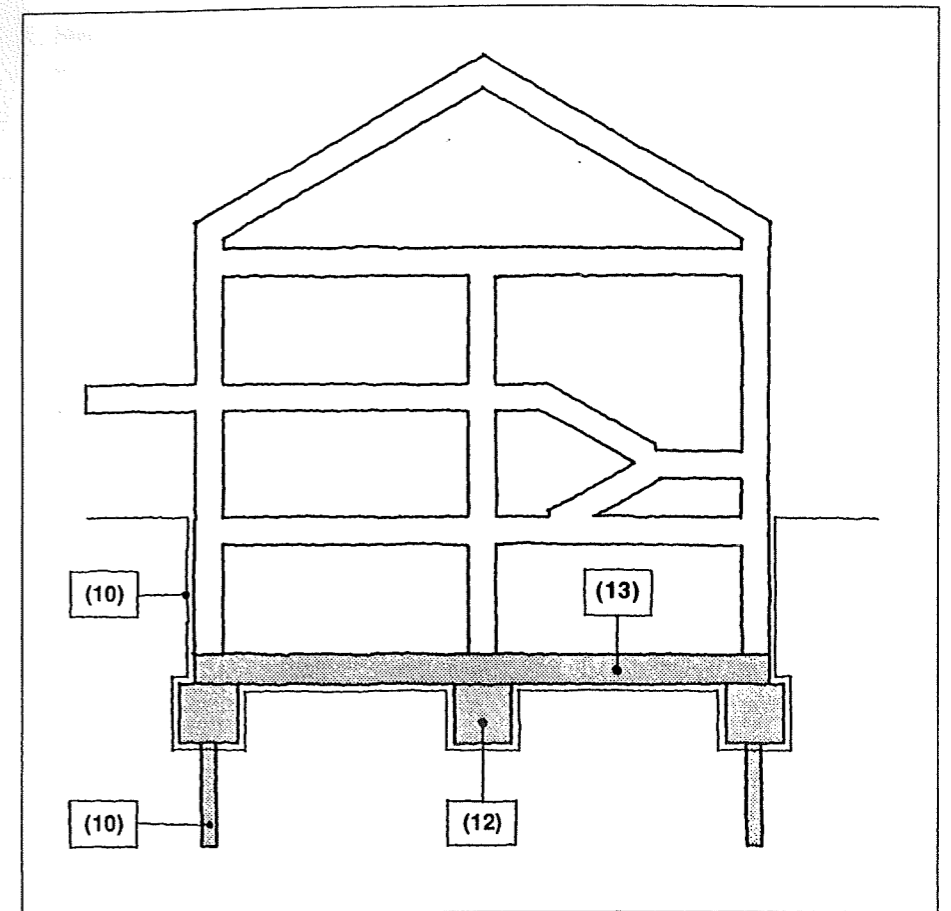
ningsbasis > omhandler bygningens fundamenter og terrændæk. Menu-punktet <Overbygning - Primære bygningsdele> omhandler bygningsdelene tage, yder- og indervægge, dæk, altaner, trapper og ramper. Menu-punktet <Overbygning - Kompletterende bygningsdele> indeholder bygningsdelene: vinduer, døre, lemme, gulve, lofter m.m. Menu-punktet <Overbygning - Overfladebygningsdele> omhandler primært gulv-, loft- og vægbeklædninger. Menu-punktet <Sanitære anlæg> omhandler bygningens sanitære forsynings-, distributions- og forbrugsanlæg, dvs. varmtvandsbeholdere, pumpeanlæg, røranlæg, sanitære installationsgenstande m.m. Menu-punktet <Varmeanlæg> omhandler bygningens forsynings-, distributions- og forbrugsanlæg for bygningens varmeinstallationer, dvs. kedler, varmevekslere, solfangere, rør, radiatorer m.m. Menu-punktet <Ventilationsanlæg> omhandler indblæsnings- og udsugningsaggregater, køleanlæg rør m.m. Endelig omhandler menu-punktet <El-anlæg> bygningens elektriske installationer. Menuen ledsages af en skematisk figur svarende til figur 8.



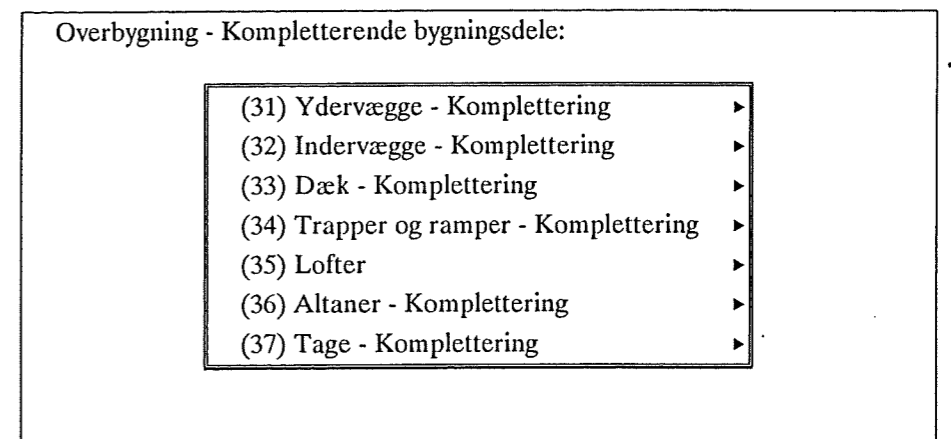
Figur 7. Menu til valg af hoveddel af bygningen.

Efter at have valgt hvilken overordnet del af bygningen, der skal arbejdes med, fx <Overbygning - Kompletterende bygningsdele>, fremkommer der en ny menu (se figur 9). På denne menu skal brugeren vælge hvilken kompletterende bygningsdel, der herefter skal arbejdes med, fx ydervæg, indervæg eller loft. Numrene foran de enkelte bygningsdele henviser til bygningsdelens placering i FTP bygningsdelstavlen. Denne menu vil også ledsages af en skematisk figur, hvor brugeren kan "klikke" sit valg ind på.

Når den ønskede bygningsdel er valgt, fx <Ydervægge - Komplettering>, fremkommer en menu (se figur 10), hvor der er listet forskellige udførelsestyper af bygningsdele. Brugeren vælger her den ønskede udførelse og indtaster herefter arealet af bygningsdelen (for en stor del af bygningsdelene under hovedgruppen installationer er det antal stk. af den givne bygningsdel, der skal oplyses).



Figur 8. Skematisk figur til valg af bygningsdele for bygningsbasis.



Figur 9. Menu til valg af kompletterende bygningsdele.

Endelig er det muligt for brugeren at gå et niveau længere ned i bygningsdelsbiblioteket, således at det er muligt at se materialesammensætningen af en given bygningsdel fx <Vindue af fyrretræ> (se figur 11). I Bilag A er alle bygningsdelsbibliotekets menuer listet undtagen det sidste niveau (opdelingen af bygningsdele i byggematerialer).

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (31) Ydervægge - Komplettering

Kældervindue af fyrretræ	▶
Kælderyderdør af fyrretræ	▶
Kældervindue af pvc	▶
Kældervindue af aluminium	▶
Yderdør af aluminium	▶
Yderdør af pvc	▶
Yderdør af træ, isoleret	▶
Yderdør af fyrretræ, 10 fyldninger	▶
Branddør BS60 af stål	▶
Vindues/dørparti af træ (3,60 · 2,10 m)	▶
Vindues/dørparti af pvc (3,60 · 2,10 m)	▶
Vindues/dørparti af aluminium (3,60 · 2,10 m)	▶
Skydeport af stål, uisoleret	▶
Vippeport af fyrretræ	▶
Hejseport af aluminium	▶
Hejseport af stål	▶
Lamel rulleport af stål	▶
Lamel rulleport af aluminium	▶
Glasfacade	▶
Vindue af fyrretræ (1,20 · 1,20 m)	▶
Vindue af pvc (1,20 · 1,20 m)	▶
Vindue af polyurethan (1,20 · 1,20 m)	▶
Vindue af aluminium (1,20 · 1,20 m)	▶
Vinduesparti af træ (2,40 · 2,40 m)	▶
Vinduesparti af pvc (2,40 · 2,40 m)	▶
Vinduesparti af aluminium (2,40 · 2,40 m)	▶
Vinduesparti med brystning af træ (2,40 · 2,40 m)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Figur 10. Menu til valg af udførelsestype.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (31) Ydervægge - Komplettering / (31.10.10) Vindue af fyrretræ

Levetid 50 år

i12	Karm + ramme	(0,050 m ³)
o1	Termorude	(17,00 kg)
g3	Klinker	(0,003 m ³)
m1	Mineraluld	(0,001 m ³)
n3	Fugemasse	(1,500 kg)
h2	Befæstigelse	(0,200 kg)
h2	Hængsler + lukkegreb	(0,500 kg)
h71	Zink til galvanisering	(0,050 kg)
v1	Overfladebehandling	(0,150 kg)

Tallet i () er de mængder, der indgår pr. m² bygningsdel.

Figur 11. Materialesammensætning af en bygningsdel.

Driftsenergiforbrug

Driftsenergiforbruget består af energiforbruget til rumopvarmning, varmt vand og elektricitet, samt energiforbruget til produktion af de bygningsdele, som udskiftes.

Brugeren af de tidligere versioner af livscyklusmodellen har selv skullet beregne driftsenergiforbruget. Der findes forskellige metoder til beregning af energiforbruget til rumopvarmning, varmt vand og el. Det er hidtil foreslået at beregningerne tager udgangspunkt i metoden beskrevet i SBI-rapport 148: Beregning af energiforbrug i småhuse. Denne metode er imidlertid blevet revideret i forbindelse med arbejdet med det nye bygningsreglement, således at metoden også kan benyttes på etageejendomme og andre bygningstyper.

Dette kapitel beskriver et beregningsprogram udviklet på SBI baseret på ovenstående metode til beregning af nettovarmebehovet for boliger og andre bygninger. Beregningsprogrammet som er implementeret i regnearket Quattro Pro version 4.0, har været benyttet til eksempel-beregninger. Det er endvidere hensigten, at programmet skal danne baggrund for den del af den kommende edb-version af livscyklusmodellen, der beregner en bygnings driftsenergiforbrug.

Programmet er tilføjet et skema til beregning af energiforbruget til varmt brugsvand og elektricitet. Selve beregningen gennemføres ved at udfylde 6 skemaer. I det følgende beskrives de 6 skemaer.

Skema 1 - Specifikt varmetab ved transmission og ventilation

Det specifikke varmetab w beregnes af formel (1):

$$w = w_t + w_v \quad (\text{W/K}) \quad (1)$$

hvor w_t = varmetabet ved transmission (W/K), og w_v = varmetabet ved ventilation (W/K). På figur 12 er skemaet til beregning af det specifikke varmetab ved transmission og ventilation vist.

Transmission

De enkelte bygningsdeles arealer og U-værdier, beregnet efter DS 418, indtastes sammen med faktoren f_i . Det specifikke varmetab ved transmission w_t udregnes herefter af formel (2):

$$w_t = A \cdot U \cdot f_i \quad (\text{W/K}) \quad (2)$$

hvor A = transmissionsareal (m^2) og U = U-værdi ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$). Faktoren f_i er for terrændæk, gulv over krybekælder og over uopvarmet kælder

Bygning		Dato:		In:	
TRANSMISSION					
Opvarmet areal	100,5 m ²	A	U	f _i	A*U*f _i
		m ²	W/m ² K	-	W/K
Ydervægge					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Vinduer og døre					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Loft					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Gulv					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
					0,0
Specifikt varmetab ved transmission					$w_t = \sum A \cdot U \cdot f_i$
					0,0
Ventilation					
Bygningens nettovolumen		V	Luftsk.	Tid	Be.luftsk.
$V_n =$	m ³	m ³	h ⁻¹	h/uge	h ⁻¹
Infiltration					ERR
					ERR
		Vol.strom	GVG	Drifttid	Be.luftsk.
		q_{vm}	m^3/h	T_d	h
		m ³ /h	-	h/uge	h ⁻¹
Mekanisk ventilation					ERR
					ERR
					ERR
					ERR
Beregningsmæssigt luftskifte					$\bar{n}_b = \bar{n}_i$
					ERR
Specifikt varmetab ved ventilation					$w_v = 0,34 \cdot V_n \cdot \bar{n}_b$
					ERR
Specifikt varmetab i alt					$w = w_t + w_v$
					ERR

Figur 12. Skema til beregning af specifikt varmetab.

samt for gulve i opvarmet kælder og vægge mod jord lig 0,8. For bygningsdele, som vender mod udeluften, er $f_i = 1,0$.

Ventilation

Det specifikke varmetab ved ventilation w_v beregnes efter formel (3):

$$w_v = \frac{\rho_{luft} \cdot c_{luft}}{3600} \cdot V_n \cdot \bar{n}_b \quad (\text{W/K}) \quad (3)$$

hvor ρ_{luft} = luftens massefylde (kg/m^3), c_{luft} = luftens varmekapacitet ($\text{J}/\text{kg K}$), V_n = bygningens nettovolumen og \bar{n}_b = et beregningsmæssigt middeludluftskifte. Produktet af de to første faktorer sættes til $0,34 \text{ Wh}/\text{m}^3 \text{ K}$, formel (4) kan derfor omskrives til:

$$w_v = 0,34 \cdot V_n \cdot \bar{n}_b \quad (\text{W/K}) \quad (4)$$

Det beregningsmæssige middeludluftskifte beregnes som summen af alle bidrag til bygningens samlede middeludluftskifte dvs. både bidrag fra infiltration og mekanisk ventilation. Til beregning af bidraget fra

infiltration indtastes bygningens nettovolumen, afsnittets volumen, udeluftskiftet i afsnittet og tidsrummet hvor udeluftskiftet er til stede. Bygningens nettovolumen beregnes som summen af indvendigt nettoareal gange rumhøjden.

Bidraget fra infiltrationen \bar{n} i et afsnit af bygningen til det samlede middeludeluftskifte beregnes herefter af formel (5):

$$\bar{n} = n_i \cdot \frac{V \cdot T}{V_n \cdot 168} \quad (\text{h}^{-1}) \quad (5)$$

hvor n_i = udeluftskiftet i afsnittet (h^{-1}), V = afsnittets nettovolumen (m^3), T = tidsrummet hvor udeluftskiftet er til stede (h/uge), V_n = bygningens samlede nettovolumen (m^3) og 168 = ugens timeantal.

For boliger uden mekanisk ventilation regnes udeluftskiftet ved infiltration n_i normalt at være mindst $0,5 \text{ h}^{-1}$ i hele boligen, dvs. $V=V_n$ og $T=168 \text{ h/uge}$. For boliger med balanceret mekanisk ventilation sættes infiltrationen n_i til mindst $0,2 \text{ h}^{-1}$ i hele boligen. For boliger med mekanisk udsugning, hvor udeluftskiftet overstiger $0,5 \text{ h}^{-1}$, regnes der ikke med yderligere udeluftskifte ved infiltration.

For andre bygninger end boliger sættes udeluftskiftet ved infiltration til $0,2 \text{ h}^{-1}$ uden for brugstiden og til $0,8 \text{ h}^{-1}$ i brugstiden i de dele af bygningen, hvor der ikke er mekanisk ventilation. I de dele af bygningen, hvor der er mekanisk ventilation, sættes udeluftskiftet ved infiltration til $0,2 \text{ h}^{-1}$ når ventilationen er i drift. I dele af bygningen, hvor der er mekanisk ventilation med et udeluftskifte under $0,8 \text{ h}^{-1}$, regnes den mekaniske ventilation suppleret med infiltration, således at det samlede udeluftskifte bliver mindst $1,0 \text{ h}^{-1}$.

Til beregning af bidraget fra mekanisk ventilation indtastes volumenstrømmen, temperaturvirkningsgrad for en eventuel varmegenvinding samt drifttiden.

Bidraget fra mekanisk ventilation \bar{n} til det samlede middeludeluftskifte beregnes herefter af formel (6):

$$\bar{n} = \frac{q_{vm} \cdot (1 - \eta_{vgv}) \cdot T_d}{V_n \cdot 168} \quad (\text{h}^{-1}) \quad (6)$$

hvor q_{vm} = volumenstrømmen (m^3/h), η_{vgv} = temperaturvirkningsgraden for en eventuel varmegenvinding, T_d = drifttiden (h), V_n = bygningens samlede nettovolumen (m^3) og 168 = ugens timeantal. Ved bestemmelse af varmegenvindingssystemer med varmepumper sættes temperaturvirkningsgraden til 0,6, selv om udeluften opvarmes mere end svarende dertil. Temperaturvirkningsgrader højere end 0,6 bør normalt dokumenteres.

Skema 2 - Bygningens tidskonstant

De enkelte bygningsdele indtastes med tilhørende arealer, tykkelse, massefylde og varmfylde. Massefylde og varmfylde for 12 udvalgte materialer findes i en tabel under beregningskemaet i regnearket. Den

samlede varmekapacitet i bygningen C beregnes herefter i følge formel (7):

$$C = \sum A \cdot d \cdot \rho \cdot c \quad (\text{kJ/K}) \quad (7)$$

hvor A = fladeareal (m^2), d = aktiv varmeakkumulerende tykkelse for materialet (m), ρ = materialets massefylde og c = materialets varmfylde. De materialer, som normalt har betydning, er materialer i vægge, gulv og loft, mens vinduer, døre og inventar ikke regnes med. Ved bestemmelse af den aktivt varmeakkumulerende tykkelse for materialer medregnes kun materialer: i lag inden for isoleringen, i lag mindre end 0,10 m fra overfladen og i lag indtil midten af konstruktioner mellem to rum.

Bygningens tidskonstant τ beregnes af formel (8):

$$\tau = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{C}{w} \quad (\text{h}) \quad (8)$$

hvor C = samlede varmekapacitet (kJ/K) og w = specifikke varmetab (W/K). På figur 13 er skemaet til beregning af bygningens tidskonstant vist.

Bygning	Dato:		In:		
	Areal	Tykkelse	Massefylde	Varmefylde	Kapacitet
	A	d	ρ	c	$A \cdot d \cdot \rho \cdot c$
	m^2	m	kg/m^3	kJ/kg K	kJ/K
Vægge					0
					0
					0
					0
					0
					0
Loft					0
					0
					0
					0
					0
Gulv					0
					0
					0
					0
Samlet varmekapacitet i bygning					$C = \sum A \cdot d \cdot \rho \cdot c$
Bygningens tidskonstant					$\tau = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{C}{w}$

Materiale	Massefylde ρ	Varmefylde c
	kg/m^3	kJ/kg K
Beton	2300	0,9
Gips	900	1,1
Kalksandsten	1800	0,9
Klinker	2000	0,9
Løbeton	600	1,0
Løsklinkerbeton	900	1,0
Mørtel	1900	0,9
Sand (tør)	1700	0,8
Spånplade	700	1,7
Teglsten (hulsten)	1400	0,9
Teglsten (massiv)	1700	0,9
Træ (fyr og gran)	450	2,5

Figur 13. Skema til beregning af bygningens tidskonstant.

Skema 3 - Solindfald gennem vinduer

Bygningens vinduer og døres orientering (N, S, Ø, V), hældning og areal samt reduktionsfaktorer indtastes. Solindfaldet gennem vinduer og døres glaspartier Q_s beregnes herefter udfra solindfaldet I_s gennem en fritsiddende, uafskærmet referencerude med to lag klart glas, fri horisont og samme orientering som de aktuelle vinduer og døre, se formel (9):

$$Q_s = A_v \cdot I_s \cdot f_{res} \quad (\text{MJ/måned}) \quad (9)$$

hvor A_v = vinduets eller dørens glasareal (m^2), I_s = solindfald gennem en referencerude (MJ/måned) og f_{res} = den resulterende reduktionsfaktor. Ved at gange solindfaldet gennem referenceruden med en resulterende reduktionsfaktor tages der højde for, at solindfaldet gennem de aktuelle vinduer og døres glaspartier normalt er en del mindre end gennem referenceruden. Den resulterende reduktionsfaktor beregnes efter formel (10):

$$f_{res} = 0,9 \cdot f_a \cdot f_r \cdot f_h \cdot f_u \cdot f_f \quad (10)$$

hvor f_a = arealfaktor, dvs. rudens andel af det samlede vinduesareal (murhullet), arealfaktoren er normalt 0,7-0,8, f_r = rundefaktor, dvs. rudens solvarmetransmission i forhold til en almindelig tolagsrude med klart glas, f_h = horisontfaktor, dvs. skyggende omgivelser, fx terræn, bygninger og beplantning, f_u = udhængsfaktor, dvs. skyggende udhæng over vindue, f_f = finnefaktor, dvs. skyggende finner på siden af vinduet. Faktoren 0,9 er en reduktionsfaktor, der tager hensyn til skygger pga. vinduets placering i ydervæggen, skygger fra sprosser, gardiner og andre hindringer i vinduet samt smuds på ruden. Rundefaktor, horisontfaktor, udhængsfaktor og finnefaktor findes i 4 tabeller under beregnings-skemaet i regnearket. På figur 14 er skema til beregningen af solindfald gennem vinduer vist og på figur 15 er skema med reduktionsfaktorerne vist.

Bygning		Dato:		In:			
Vinduesdata		Vinduer:					
Orientering (Retning)	N,S,Ø,V	Dør	Dør	Vind	Vind	Vind	Vind
Hældning f. vandret	o						
Vind. areal A_v	m ²						
Reduktionsfaktorer:							
Rudeandel f_a	-						
Rudetype f_r	-						
Horisont f_h	-						
Udhæng f_u	-						
Finne f_f	-						
Res. red. f f_{res}	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solindfald fra vinduer i uopvarmede rum							
f_t							
f_{res}							
Solindfald $Q_s = A_v \cdot I_s \cdot f_{res}$ MJ/mnd							I alt
September		0	0	0	0	0	0
Oktober		0	0	0	0	0	0
November		0	0	0	0	0	0
December		0	0	0	0	0	0
Januar		0	0	0	0	0	0
Februar		0	0	0	0	0	0
Marts		0	0	0	0	0	0
April		0	0	0	0	0	0
Maj		0	0	0	0	0	0

Tabel 2. Solindfald gennem referencerude I_s i MJ/mnd.

Måned	Lodret vindue mod:				
	S	SV	V	NV	N
		SØ	Ø	NØ	
September	245	220	155	95	75
Oktober	185	145	85	45	40
November	110	80	30	20	20
December	90	60	20	10	10
Januar	105	70	30	15	15
Februar	145	110	60	30	30
Marts	225	195	125	70	60
April	235	240	195	125	90
Maj	250	275	260	185	135

Figur 14. Skema til beregning af solindfald gennem vinduer.

	Ruderfaktor
2-lag klart glas	1,0
3-lag klart glas	0,9
2-lag med lavemissionsglas	0,8-0,9
3-lag med lavemissionsglas	0,7-0,8
solalskærmende glas	0,2-0,6

	Horisontvinkel, α			
	5°	10°	15°	20°
O, S og V	0,97	0,88	0,76	0,67
NO, N og NV	0,99	0,96	0,94	0,91

Udhæng	Afstand over vinduer, a/h			
	0,0	0,2	0,4	0,6
u/h	0,89	0,97	0,98	0,99
0,25	0,77	0,89	0,94	0,96
0,50	0,65	0,80	0,87	0,92
0,75	0,56	0,70	0,80	0,86

Fremspring	Afstand til fremspring, a/b			
	0,0	0,2	0,5	
u/b	0,89	0,96	0,98	
0,25	0,81	0,89	0,95	
0,50	0,74	0,82	0,90	
0,75	0,69	0,77	0,86	

Figur 15. Skema med reduktionsfaktorer.

Skema 4 - Interne varmetilskud

Beregningen af de interne varmetilskud er opdelt i to dele henholdsvis for boliger og andre bygninger. For boliger indtastes antallet og boliger b og antallet af personer p . Det interne varmetilskud fra personer Q_p og fra belysning og el-udstyr Q_{el} beregnes herefter ifølge formel (11):

$$Q_p = p \cdot 150 \quad (\text{MJ/måned}) \quad (11)$$

$$Q_{el} = (b + p) \cdot 250 \quad (\text{MJ/måned})$$

Herefter beregnes det samlede interne varmetilskud af formel (12):

$$Q_i = Q_p + Q_{el} \quad (\text{MJ/måned}) \quad (12)$$

Antallet af personer i en bolig sættes til en person pr. 50 m² opvarmet bruttoetageareal, dog mindst en person og maksimalt tre personer pr. bolig.

For andre bygninger end boliger indtastes lokalernes type og areal, brugstid, samtidighedsfaktor, persontætheden, nominelt varmetilskud fra

personer, nominelt varmetilskud fra belysning, nominelt varmetilskud fra udstyr. Det interne varmetilskud beregnes da af formel (13):

$$Q_i = \sum 0,0156 \cdot A \cdot T_b \cdot f_s \cdot (P_p + P_b + P_u) \quad (\text{MJ/måned}) \quad (13)$$

hvor A = arealet af lokalet (m²), T_b = brugstid (h/uge), P_p = nominelt varmetilskud fra personer (W/m²), P_b = nominelt varmetilskud fra belysning (W/m²), P_u = nominelt varmetilskud fra udstyr (W/m²), samt samtidighedsfaktoren f_s . Samtidighedsfaktoren tager højde for at varmetilskuddene ikke er til stede samtidigt og i hele brugstiden. Der regnes ikke med interne varmetilskud uden for brugstiden. Faktoren 0,0156 tager højde for antallet af uger pr. måned samt omsætter Wh til MJ. Det nominelt varmetilskud fra personer beregnes af formel (14):

$$P_p = 100 \cdot Q_p \quad (\text{W/m}^2) \quad (14)$$

hvor Q_p = persontætheden (pers./m²). Brugstid, samtidighedsfaktor, persontætheden, nominelt varmetilskud fra personer, nominelt varmetilskud fra belysning og nominelt varmetilskud fra udstyr findes i en tabel under beregningsskemaet i regnearket. På figur 16 er et skema til beregning af interne varmetilskud vist.

Bygning		Dato:	In:
Boliger			
Antal boliger	$b =$	Personer	$Q_p = p \cdot 150$
Antal personer	$p =$	Belysning og el-udstyr	$Q_{el} = (b + p) \cdot 250$
			I alt
			$Q_i = Q_p + Q_{el}$
Andre bygninger			
Lokaler	Areal	Brugstid	Sam.fak.
	A	T_b	f_s
	m ²	h/uge	-
			Person.
			Q_p
			$P_p = 100Q_p$
			Lys
			P_b
			Udstyr
			P_u
			Tilskud
			0,0156 ·
			0
			0
			0
			0
I alt	$Q_i = 0,0156 \cdot A \cdot T_b \cdot f_s \cdot (P_p + P_b + P_u)$		

Lokalitet	Brugstid	Sam.faktor	Personer	Personer	Belysning	Udstyr
	T_b	f_s	Q_p	$P_p = 100Q_p$	P_b	P_u
	h/uge	-	Pers/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
Kontorer	40	0,75	0,1	10	9	10
Modelokaler	20	0,75	0,3	30	9	0
Foredragsale	10	0,75	0,4	40	9	0
Undervisning	30	0,75	0,3	30	9	0
Gymnastiksale	30	0,75	0,1	10	9	0
Kantiner	5	0,75	0,3	30	9	0
Gange mv	50	0,75	0	0	6	0

Figur 16. Skema til beregning af interne varmetilskud.

Skema 5 - Varmebehov til rumopvarmning og ventilation

Rumtemperatur θ_r og natsænkningfaktor f_n vælges. I boliger med central natsænkning af fremløbstemperaturen kan der normalt regnes med $f_n = 0,98$ og i boliger med individuel natsænkning med $f_n = 0,95$. I bygninger med begrænset brugstid og sænkning af temperaturen også i week-enden kan der regnes med $f_n = 0,92$. Rumtemperaturen sættes mindst til 20 °C. Nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation Q_{net} beregnes af formel (15):

$$Q_{net} = Q_{tab} - (\eta_{vt} \cdot Q_{vt}) \quad (\text{MJ/måned}) \quad (15)$$

hvor Q_{tab} = det samlede varmetab (MJ/måned), η_{vt} = udnyttelsesfaktor og Q_{vt} = varmetilskudet. Det samlede varmetab Q_{tab} findes af formel (16):

$$Q_{tab} = 2,6 \cdot \Delta\theta_i \cdot w \quad (\text{MJ/måned}) \quad (16)$$

hvor $\Delta\theta_i$ = temperaturdifferensen i K og w = det specifikke varmetab (W/K). Faktoren 2,6 tager højde for antallet af uger pr. måned samt omsætter W til MJ. Temperaturdifferensen $\Delta\theta_i$ udregnes af formel (17):

$$\Delta\theta_i = (\theta_r - \theta_u) \cdot f_n \quad (\text{K}) \quad (17)$$

hvor θ_r = rumtemperaturen (K), θ_u = udetemperaturen (K), og f_n = natsænkningfaktoren. Varmetilskudet Q_{vt} findes af formel (18):

$$Q_{vt} = Q_s + Q_i \quad (\text{MJ/måned}) \quad (18)$$

hvor Q_s = solindfaldet gennem vinduer og døres glaspartier (MJ/måned) og Q_i = det samlede interne varmetilskud (MJ/måned). På figur 17 er et skema til beregning af varmebehov til rumopvarmning og ventilation vist.

Bygning	Dato:		In:		
	Rumtemperatur	C	Natsænkningfaktor	$f_n =$	
	Temperatu	Samlet-	Varme-	Udnyttelse	Netto-
	differens	varmetab	tilskud	faktor	varmebeh
	Q_{tab}	Q_{vt}	Q_{vt}	η_{vt}	Q_{net}
	K	MJ/mnd	MJ/mnd	-	MJ/mnd
September	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Oktober	0,0	ERR	0	ERR	ERR
November	0,0	ERR	0	ERR	ERR
December	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Januar	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Februar	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Marts	0,0	ERR	0	ERR	ERR
April	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Maj	0,0	ERR	0	ERR	ERR
Nettovarmebehov pr. år		Samlet		MJ	ERR
		Pr. m2		MJ/m2	ERR

Tab. 8. Månedssniddelværdier for udetemperatur

Måned	Udetemp.
	C
September	12,9
Oktober	8,9
November	4,5
December	0,8
Januar	-1,0
Februar	-0,5
Marts	1,9
April	5,9
Maj	10,9

Figur 17. Skema til beregning af varmebehov til rumopvarmning og ventilation.

Skema 6 - Personafhængigt el- og varmtvandsforbrug

Beregningen af det personafhængige el- og varmtvandsforbrug er opdelt i to dele henholdsvis for boliger og andre bygninger. For boliger indtastes antallet af boliger b og antallet af personer pr. bolig p . Det samlede personafhængige el-forbrug EL og det samlede personafhængige varmtvandsforbrug VV beregnes herefter ifølge SBI-rapport 148 af formel (19):

$$\begin{aligned} EL &= (3000 + p \cdot 400) \cdot b \cdot 3,6 & (\text{MJ/år}) \\ VV &= (750 + p \cdot 900) \cdot b \cdot 3,6 & (\text{MJ/år}) \end{aligned} \quad (19)$$

hvor faktoren 3000 er det gennemsnitlige el-forbrug (kWh/år) pr. bolig skønnet ud fra de danske el-værkers statistiske materiale om boligsektorens el-forbrug, faktoren 400 er det personafhængige el-forbrug (kWh/år) pr. person, faktoren 750 er grundforbruget af varmt brugsvand (kWh/år) pr. bolig, faktoren 900 er det personafhængige varme brugsvandsforbrug (kWh/år) pr. person og endelig omsætter faktoren 3,6 kWh til MJ.

Antallet af personer i en bolig sættes til én person pr. 50 m² opvarmet bruttoetageareal, dog mindst én person og maksimalt tre personer pr. bolig.

For andre bygninger end boliger indtastes lokalernes areal, og brugstid samt energiforbruget til belysning og udstyr pr. m². El-forbruget beregnes da af formel (20):

$$EL = \sum 0,0187 \cdot A \cdot T_b \cdot (P_b + P_u) \quad (\text{MJ}/\text{år}) \quad (20)$$

hvor A = arealet af lokalet (m^2), T_b = brugstid (h/uge), P_b = nominelt varmetilskud fra belysning (W/m^2), P_u = nominelt varmetilskud fra udstyr (W/m^2). Faktoren 0,0187 tager højde for antallet af uger pr. år samt omsætter Wh til MJ.

For varmtvandsforbruget indtastes etageareal, koldt vandstemperatur, varmt vandstemperatur, årsforbrug af varmt brugsvand samt energitabet fra anlægget til omgivelserne. Varmtvandsforbruget beregnes herefter ifølge SBI-rapport 117 af formel (21):

$$VV = [(1,163 \cdot (T_v - T_k) \cdot v \cdot \frac{A}{100}) + VV_{tab}] \cdot 3,6 \quad (\text{MJ}/\text{år}) \quad (21)$$

hvor A = etageareal (m^2), T_v = varmt vandstemperatur, T_k = koldt vandstemperatur og v = årsforbruget af varmt brugsvand ($\text{m}^3/100$ pr. m^2 etageareal) og VV_{tab} = energiforbruget til dækning af tab fra anlægget til omgivelserne. Størrelsen af dette tab kan fastsættes til 4-8 kWh/år pr. m^2 etageareal. Varmt- og koldt vandstemperatur kan typisk sættes til henholdsvis 45 °C og 10 °C. Faktoren 1,163 omsætter kelvingrader (K) og kubikmeter (m^3) til kilowatttimer (kWh). Faktoren 3,6 omsætter kWh til MJ. Brugstid, energiforbrug til belysning og udstyr samt årsforbrug af varmt brugsvand findes i to tabeller under beregningsskemaet i regnearket. På figur 18 er et skema til beregningen af personafhængigt el- og varmtvandsforbrug vist.

Bygning		Dato:	In:
Boliger			
Antal boliger	$b =$		
Antal personer	$p =$		Forbrug MJ/år
El-forbrug		$El = (3000 + p \cdot 400) \cdot b \cdot 3,6$	0
Varmt vandsforbrug		$VV = (750 + p \cdot 900) \cdot b \cdot 3,6$	0
Andre bygninger			
Lokaler	Areal	Brugstid	Belysning
	A	T_b	P_b
	m^2	h/uge	W/m^2
			Udstyr
			P_u
			El-forbrug
			$El = 0,187 \cdot$
			0
			0
			0
			0
El-forbrug totalt		$El = 0,187 \cdot A \cdot T_b \cdot (P_b + P_u)$	
			0
Etageareal			
	$A =$		
Koldt vandstemperatur	$T_k =$		
Varmt vandstemperatur	$T_v =$		
Årsforbrug af varmt brugsvand	$v =$		
Energilab varmt vand	$v_{tab} =$		Forbrug MJ/år
Varmt vandsforbrug		$VV = 1,163 \cdot (T_v - T_k) \cdot v \cdot A / 100 \cdot 3,6$	0,00
Energilab varmt vand		$VV_{tab} = v_{tab} \cdot A / 100 \cdot 3,6$	0,00
Varmt vandsforbrug totalt			0,00

Lokaltype	Brugstid	Belysning	Udstyr
	T_b	P_b	P_u
	h/uge	W/m^2	W/m^2
Kontorer	40	9	10
Modelokaler	20	9	0
Foredragsale	10	9	0
Undervisning	30	9	0
Gymnastiksale	30	9	0
Kantiner	5	9	0
Gange mv	50	6	0

Bygningskategori	Forbrug
	v
	$\text{m}^3/100\text{m}^2$
Administrationsbygninger	3-5
Skoler	5-8
Daginstitutioner	50-70
Daginstitutioner	20-40

Figur 18. Skema til beregning af personafhængigt el- og varmtvandsforbrug.

Levetider

Viden om bygningers, bygningsdeles og byggematerialers levetider og ældningsforløb ligger til grund for mange af de vigtigste beslutninger ved valg af materialer og konstruktioner, samt ved bedømmelser af bygningsdeles og byggematerialers vedligeholdelsesbehov i forbindelse med planlægning, opførelse og drift af byggerier.

Der vil i fremtiden med den øgede genanvendelse af byggematerialer og bygningsdele være et stigende behov for kendskab til og standardisering af levetider, således at man kan bestemme den aktuelle tilstand og restlevetid for bygningsdelen og byggematerialet i alle byggeriets faser. I første udgave af SBI's energi- og miljøanalysemodel (Andersen et al. 1993) opereres der ved totalenergiberegninger ikke med levetider for de enkelte bygningsdele, men for fire grupper af bygningsdele. I en kommende udgave af livscyklusmodellen vil det være muligt at angive de enkelte bygningsdeles levetid.

Det af Axel Nielsen og Statens Byggeforskningsinstitut udarbejdede bygningsdelsbibliotek indeholder også skønnede levetider for de listede bygningsdele (se figur 6). Angiver brugeren af programmet ikke nogen levetid, anvender programmet en standardlevetid for den givne bygningsdel.

Fastsættelse af levetider for bygningsdele beror i en vis grad på et skøn samt erfaringsmæssige tal fra bl.a. SKAFOR (1990), PROBA og DTI (1990). Den faktiske levetid afhænger i høj grad af den belastning, bygningen og bygningsdelen udsættes for; her tænkes på slitage og påvirkninger fra klima og miljø. Endvidere kan bygningsdelens eller byggematerialets levetid forkortes ved mangelfuld vedligeholdelse; modsat vil god vedligeholdelse kunne forlænge levetiden. Desuden afhænger levetiden af, hvor stor grad af nedslidning, der kan accepteres, og hvor længe man vil fortsætte med at vedligeholde. Generelt kan man sige at levetiden påvirkes af:

1. Den konstruktive kvalitet
2. Materialernes egnethed for vedligehold
3. Vedligeholdsmetode
4. Brugsbelastning
5. Klimabelastning
6. Faktisk vedligeholdelsesinterval og art
7. Valg af driftskvalitet
8. Særlige økonomiske, politiske, sociale eller administrative forhold.
9. "Image"-mæssige forhold.

Disse 9 punkter er imidlertid ikke på nuværende tidspunkt inkorporeret i edb-udgaven af livscyklusmodellen. Levetiden for bygninger vil som hidtil skulle anslås af brugeren, mens levetiden for bygningsdele også i edb-udgaven af livscyklusmodellen vil baseres på en udskiftningsfaktor. Udskiftningsfaktorerne anvendes som tidligere til at angive hvor mange gange i bygningens levetid den givne bygningsdel udskiftes. I Bilag

Er listet tabeller med de foreslåede værdier for levetider for de enkelte bygningsdele. Tabellerne er grupperet efter den hovedopdeling af bygningen, som bygningsdelsbiblioteket anvender (se side 14).

Litteratur

Andersen, Sigurd Østergaard. Det akkumulerede energiforbrug til fremstilling af byggematerialer. Institutet for Husbygning, DTH. Lyngby, 1979. (Rapport nr. 134).

Andersen, Sigurd Østergaard. Det akkumulerede energiforbrug til fremstilling af boliger. Institutet for Husbygning, DTH. Lyngby, 1979. (Rapport nr. 137).

Andersen, Sigurd Østergaard. Energiforbruget på byggepladsen. Institutet for Husbygning. Lyngby, DTH. 1979. (Rapport nr. 135).

Andersen, Sigurd Østergaard; Dinesen, Jørn; Knudsen, Helene Hjort og Willendrup, Annelise. Livscyklus-baseret bygningsprojektering. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1993. (SBI-rapport 224).

Axel Nielsen, Carl Bro A/S og Statens Byggeforskningsinstitut. Byggeriets Materialeforbrug. Miljøstyrelsen, Miljøministeriet. København, 1993. (Miljøprojekt nr. 221).

BC/SfB-Bygningsdeltavle. Byggecentrum. Hørsholm, 1988.

BPS - fælles tegningsprincipper - med eksempelsamling. 3. udgave BPS-Centret. Hørsholm, 1989. (BPS-publikation 21).

Christensen, Georg. Driftvenligt byggeri. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1982. (Arbejdsnotat vedrørende levetider).

Dansk Teknologisk Institut. Levetider. Dansk Teknologisk Institut. Taastrup, 1990. (Arbejdsrapport fra seminar om VVS-komponenters levetider afholdt d. 26/10-89 på Teknologisk Institut).

Dinesen, Jørn og Mørk, Preben. Et system for energiøkonomisk drift i større bygninger. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1982. (SBI-rapport 117).

Institut for Veje, Trafik og Byplan (IVTB) & COWIconsult. Nedrivningsøkonomi ved byfornyelse i København. Miljøstyrelsen og Bygge- og Boligstyrelsen. Lyngby, 1993.

Johnsen Kjeld og Nielsen, Anker. Beregning af energiforbrug i småhuse. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1984. (SBI-rapport 148).

Johnsen, Kjeld; Grau, Karl og Christensen, Jørgen E. tsbi3 - Brugervejledning. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1993.

Krogh, Hanne; Hansen, Klaus; Knudsen, Helene H. Miljødata for udvalgte byggematerialer. Forbrug af fossile brændsler og emission af CO₂ og SO₂. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1995. (SBI-meddelelse 113).

Lauritzen, Erik K. og Jakobsen, Jens Bjørn. Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1991. (SBI-anvisning 171).

Nielsen, Peter. Energi- og miljøanalyser af bygninger. Eksempelberegninger. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1995. (SBI-meddelelse 108).

Sigfrid, Lotta. Bygg- og rivningsaffald i Holland, Tyskland og Danmark. Institutionen för Byggnadsekonomi, Tekniska Högskolan i Lund, Lunds Universitet. Lund, Sverige, 1993. (LUTVDG/(TVBP-3036)/1-64).

SKAFOR. Levetidstabeller. Bygningsforsikring for 1- og 2-familiehuse samt fritidshuse. Dansk Forening for Skadesforsikring. København, 1990. (Vejledning 318.1 levetidstabeller).

Tillman, Anne-Marie; Baumann, Henrikke; Eriksson, Elin og Rydberg, Tomas. Life-cycle analyses of selected packaging materials. Chalmers Industriteknik. Göteborg, Sweden, 1991. (SOU 1991:77).

Traberg-Borup, Steen. Livscyklus-baseret bygningsprojektering. Edb-værktøj til energi- og emissionsberegning. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1995. (SBI-meddelelse 110).

Bilag A - Bygningsdelsbibliotekets opbygning

Bygningens hovedopdeling

Bygningens hovedopdeling:	
Underbygning - Bygningsbasis	▶
Overbygning - Primære bygningsdele	▶
Overbygning - Kompletterende bygn.dele	▶
Overbygning - Overfladebygningsdele	▶
Sanitære anlæg	▶
Varmeanlæg	▶
Ventilationsanlæg	▶
El-anlæg	▶

Underbygning

Underbygning - Bygningsbasis:	
(10) Bygningsbasis - terræn	▶
(12) Fundamenter	▶
(13) Terrændæk	▶
(18) Øvrige bygningsbasis	▶

Underbygning - Bygningsbasis / (10) Bygningsbasis - terræn:	
Betonpæle (250 x 250 mm)	▶
Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.	

Underbygning - Bygningsbasis / (12) Fundamenter

Randfundament, uarmeret (300 mm)	▶
Randfundament, uarm. med isol. (300 mm)	▶
Randfundament, uarmeret m. isol. lecablokke og kantisol. (300 mm)	▶
Randfundament, uarmeret med kuldebroisolering (350 mm)	▶
Kælderfundament/kældervæg, uarmeret med kuldebroisolering (300 mm)	▶
Krybekælderfundament af leca (300 mm)	▶
Randfundament, armeret (300 mm)	▶
Randfundament, armeret med kuldebroisolering (350 mm)	▶
Fundamentsklods, armeret (0,8x0,8x0,8 m)	▶
Søjlefundament, armeret (2,0x1,8x0,8 m)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Underbygning - Bygningsbasis / (13) Terrændæk

Massivgulv på terræn uden isolering, sten, kap.brydende lag	▶
Massivgulv på terræn med isolering, leca, kap.brydende lag	▶
Massivgulv på terræn med isolering, sten, kap.brydende lag	▶
Massivgulv på terræn med singels, trykfast isolering, beton	▶
Massivgulv på terræn med letklinker, trykfast isolering, beton	▶
Massivgulv på terræn armeret med isolering, sten, kap.brydende lag	▶
Massivgulv på terræn sten, kapilarbrydende lag	▶
Massivgulv på terræn	▶
Flisegulv på terræn	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

(18) Øvrige bygningsbasis

- Betonkanal armeret (800 x 400 mm) ▶
- Betongrube armeret (800 x 800 x 800 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele

Overbygning - Primære bygningsdele:

- (21) Ydervægge ▶
- (22) Indervægge ▶
- (23) Dæk ▶
- (24) Trapper og ramper ▶
- (26) Altaner ▶
- (27) Tage ▶

Overbygning - Primære bygningsdele / (21) Ydervægge

- Betonkælderydervæg, armeret (250 mm) ▶
- Betonkælderydervæg, uarmeret (350 mm) ▶
- Lecabetonkælderydervæg (330 mm) ▶
- Betonkælderydervæg, fund.blokke (300 mm) ▶
- Betonlyskasse, præfabrikeret (1400 x 1200 x 800 mm) ▶
- Betonlyskasse støbt på stedet (1400 x 1200 x 800 mm) ▶
- ½ stens ydervæg ▶
- Hulmur af tegl (350 mm) ▶
- Hulmur af tegl/klinkebeton (350 mm) ▶
- Hulmur af tegl/porebeton (350 mm) ▶
- Hulmur af tegl, isol., beton (380 mm) ▶
- Hulmur af betonelementer, sandwichkonstruktion (330 mm) ▶
- Hulmur af klinketonelementer, sandwichkonstruktion (330 mm) ▶
- Ydervægselement beton/klinkerbeton (260 mm) ▶
- Ydermur af klinkerbeton med udvendig træbeklædning (290 mm) ▶
- Ydermur af klinkerbeton med udvendig træbeklædning (290 mm) ▶
- Ydermur af klinkerbeton med udvendig stålpladebeklædning (290 mm) ▶
- Bindingsværk, brædder/gips (210 mm) ▶
- Bindingsværk, eternit/gips (210 mm) ▶
- Bindingsværk, med stålplade (210 mm) ▶
- Stålpladevæg på bindingsværk, uisoleret ▶
- Stålpladevæg på løsholter, uisoleret (125 x 125 mm) ▶
- Stålpladevæg på galv. stål, løsholter, uisoleret ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele / (22) Indervægge

- Porebetonindervæg (150 mm) ▶
- Porebeton sandwichindervæg (300 mm) ▶
- Teglindervæg (110 mm) ▶
- Teglhulindervæg (300 mm) ▶
- Betonindervæg (150 mm) ▶
- Klinkebetonindervæg (100 mm) ▶
- Klinkebeton sandwichindervæg (300 mm) ▶
- Gipspladevæg (105 mm) ▶
- Gipspladevæg, dobbelt stålskelet (145 mm) ▶
- Gipspladevæg, dobbelt træskelet (145 mm) ▶
- Depotvægge ▶
- Betonvæg, armeret, skaktvæg (150 mm) ▶
- Betonvæg, armeret, elevatorvæg (200 mm) ▶
- Elevatorstandardskakt (1600 x 1900 mm) ▶
- Sengeelevator (2300 x 2875 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele / (23) Dæk

- Præfab. dobbelt ribbepladedæk (600 mm) ▶
- Betondæk, armeret (200 mm) ▶
- Klinkebetondæk (200 mm) ▶
- Beton hulelementdæk, armeret (180 mm) ▶
- Filigrandæk (150 mm) ▶
- Krybekælderdek af træ (250 mm) ▶
- Etagedæk af træ (250 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele / (24) Trapper og ramper

- Kældertrappe udvendig (5900 x 1400 x 2400 mm) ▶
- Spindeltrappe af stål (r=900 mm) ▶
- Spindeltrappe af beton (r=1200 mm) ▶
- Ligeløbstrappe af stål med repose ▶
- Ligeløbstrappe, præfab. med repose (5400 x 1000 mm) ▶
- Ligeløbstrappe af træ med repose ▶
- Ligeløbstrappe af beton, præfab. med repose indvendig (4400 x 2200 mm) ▶
- Betontrappetrin (b=1200 mm) ▶
- ¼ svingtrappe af træ ▶
- Facadestige af stål (450 mm) ▶
- Facadestige af aluminium (450 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele / (26) Altaner

- Betonaltan, udkraget (1200 mm) ▶
- Betonaltanplader (t=220 mm) ▶
- Ståltan, udkraget (1200 mm) ▶
- Træaltan, udkraget (1200 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Primære bygningsdele / (27) Tage

20° gitterspær, let tag med isolering	▶
27° gitterspær, tungt tag med isolering	▶
40° hanebåndsspær, let/tungt tag med isol.	▶
20° bjælkespær, let tag med isolering	▶
I-spær af træ/finer 1:40, spændvidde 5,40 m, afstand 1,00 m	▶
180 mm trækassetter med overlig. isol.	▶
Åse + bølgeeternit, uisolert 20°	▶
Åse + bølgeeternit, isoleret 20°	▶
Stållåse + profilerede stålplader	▶
Leca tagplader, 240 mm isolering, tagpap	▶
Varmt tag, 350 mm, på armeret beton	▶
Beton hulelementer, armeret (220 mm)	▶
Præfab. dobb. ribbeplader, 600 mm (15600 x 2400 mm)	▶
Præfab. ribbeplade/vaffelplade 600 mm (15600 x 2400 mm/2400 x 2400 mm)	▶
Let tag, gitterspær, eternit 20°	▶
B=8100 mm	▶
Let tag, bølgeeternit, 20°, opbygget på vandret etagedæk	▶
Let tag, hanebåndsspær, eternit 45°	▶
B=8100 mm	▶
Tungt tag, gitterspær, tagsten 40°	▶
B=7200 mm	▶
Stålpladetag, isoleret	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele

Overbygning - Kompletterende bygningsdele:

(31) Ydervægge - Komplettering	▶
(32) Indervægge - Komplettering	▶
(33) Dæk - Komplettering	▶
(34) Trapper og ramper - Komplettering	▶
(35) Lofter	▶
(36) Altaner - Komplettering	▶
(37) Tage - Komplettering	▶

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (31) Ydervægge - Komplettering

Kældervindue af fyrretræ	▶
Kælderyderdør af fyrretræ	▶
Kældervindue af pvc	▶
Kældervindue af aluminium	▶
Yderdør af aluminium	▶
Yderdør af pvc	▶
Yderdør af træ, isoleret	▶
Yderdør af fyrretræ, 10 fyldninger	▶
Branddør BS60 af stål	▶
Vindues/dørparti af træ (3,60 x 2,10 m)	▶
Vindues/dørparti af pvc (3,60 x 2,10 m)	▶
Vindues/dørparti af aluminium (3,60 x 2,10 m)	▶
Skydeport stål, uisoleret	▶
Vippeport af fyrretræ	▶
Hejseport af aluminium	▶
Hejseport af stål	▶
Lammel rulleport af stål	▶
Lammel rulleport af aluminium	▶
Glasfacade	▶
Vindue af fyrretræ (1,20 x 1,20 m)	▶
Vindue af pvc (1,20 x 1,20 m)	▶
Vindue af polyurethan (1,20 x 1,20 m)	▶
Vindue af aluminium (1,20 x 1,20 m)	▶
Vinduesparti af træ (2,40 x 2,40 m)	▶
Vinduesparti af pvc (2,40 x 2,40 m)	▶
Vinduesparti af aluminium (2,40 x 2,40 m)	▶
Vinduesparti med brystning af træ (2,40 x 2,40 m)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (32) Indervægge - Komplettering

Indvendig dør af aluminium	▶
Indvendig dør af pvc	▶
Indvendig kanaldør/celledør	▶
Indvendig massivdør	▶
Indvendig dør af træ med glasrude	▶
Branddør BS60 af stål	▶
Spanske vægge/skærmvægge inkl. døre, h=2,02 m	▶
Glasbeklædning	▶
Flytbar tæt skillevæg (95 mm)	▶
Foldevæg hængslede paneler 70 mm	▶
Indfatninger (16 x 68 mm)	▶
Fodpaneler (16 x 68 mm)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (33) Dæk - Komplettering

Bræddegulv af fyr	▶
Bræddegulv, bøgeparket på strøer	▶
Spånpladegulv på strøer	▶
Bræddegulv, svømmende, på polystyren	▶
Bræddegulv, svømmende, på spånplade	▶
Bræddegulv, svømmende, på mineraluld	▶
Betongulv, svømmende	▶
Måtterammer af stål	▶
Skrabe-gitterriste af stål	▶
Gitterriste - gangtrafik, af stål	▶
Gitterriste - kørende trafik, af stål	▶
Stålrister over gulvkanaler	▶
Betonriste over gulvkanaler	▶
Alu/gummi skraberist/matte	▶
Loftlem med stige isoleret (1,0 x 1,0 m)	▶
Spaltegulvbjælker over kanaler, betonelementer l=1,60 m	▶
Krybberende med spaltklinke ved foderbord	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (34) Trapper og ramper
Komplettering

- Udvendigt stålgelænder/rækværk (h=1,2 m) ▶
- Udv. let stålgelænder/rækværk (h=1,2 m) ▶
- Udvendigt svært stålgelænder/rækværk (h=1,2 m) ▶
- Udvendigt trægelænder/rækværk ▶
- Udvendigt trægelænder/rækværk med stålramme ▶
- Indvendigt stålgelænder/rækværk med presgitter udfyldning (h=900 mm) ▶
- Indvendigt stålgelænder/rækværk med glaspladeudfyldning (h=900 mm) ▶
- Indvendigt trægelænder/rækværk ▶
- Måtterammer af stål ▶
- Skrabe-gitterriste af stål ▶
- Gitterriste - gangtrafik, af stål ▶
- Gitterriste - kørende trafik, af stål ▶
- Skraberist/måtte af aluminium/gummi ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (35) Lofter

- Nedhængte lofter:
- Gipspladeloft (13 mm) ▶
- Listeloft af træ ▶
- Systemloft, alu-lameller ▶
- Systemloft, stål-lameller ▶
- Akustikloft af mineraluld, synligt ophæng system ▶
- Påbyggede lofter:
- Pudset loft ▶
- Træbetonpladeloft på lægter ▶
- Gipspladeloft (13 mm) ▶
- Alu-lamel-loft ▶
- Stål-lamel-loft ▶
- Bræddeloft ▶
- Listeloft af rustik fyrretræ ▶
- Akustikloft af mineraluld ▶
- Mineraluld loftbeklædning ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (36) Altaner - Komplettering

- Stålgelænder/rækværk (h=1200 mm) ▶
- Let stålgelænder/rækværk (h=1200 mm) ▶
- Svært stålgelænder/rækværk (h=1200 mm) ▶
- Betonbrystning, glasfiberarmeret (h=1000 mm) ▶
- Glasfiberbrystning, glasfiber-/polyesterarmeret (h=1000 mm) ▶
- Aluminiumsbrystning (h=1000 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Kompletterende bygningsdele / (37) Tage - Komplettering

- Kvist med høj rejsning ▶
- Ovenlys, pvc bølgeplader til bølgeeternit ▶
- Ovenlys, glasfiberarmeret profileret i tagplan ▶
- Ovenlys, vippevindue (0,98 x 0,78 m) ▶
- Ovenlys, oplukkeligt ▶
- Ovenlyskuppel, fast (0,6 x 0,6 m) ▶
- Rytterlys 45° (b=0,90 m) ▶
- Alu-rytterlys ▶
- Hvælvede lyspaneler på trækarm ▶
- Tagudhæng af træ, 400 mm ▶
- Tagfod ved gesims ▶
- Stern af zink på træskelet ▶
- Stern af fiberbeton ▶
- Tagudhæng med eternit langs facade ▶
- Tagudhæng med brædder langs facade ▶
- Tagudhæng med eternit ved gavl ▶
- Tagudhæng med brædder ved gavl ▶
- Skotrende af zink ▶
- Blyinddækning ▶
- Zinkinddækning ▶
- Kobberinddækning ▶
- Aluminiumsinddækning ▶
- pvc-inddækning ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Overfladebygningsdele

Overbygning - Overfladebygningsdele

- (41) Udvendige vægoverflader ▶
- (42) Indvendige vægoverflader ▶
- (43) Dækoverflader ▶
- (44) Trappe- og rampeoverflader ▶
- (45) Loftoverflader ▶
- (47) Tagoverflader ▶

Overbygning - Overfladebygningsdele / (41) Udvendige vægoverflader

Sækkeskuring	▶
Sækkeskuring + asfaltering	▶
Sækkeskuring + grundmursplade	▶
Sækkeskuring + drænplade af leca	▶
Sækkeskuring + drænplade af plast	▶
Sækkeskuring + isolering	▶
Pudslag	▶
Pudslag + asfaltering	▶
Vandskuring, facademurværk	▶
Klinkebeklædning	▶
Naturstensbeklædning	▶
Profilert stålplade	▶
Profilert stålplade med isolering (100 mm)	▶
Profilert aluminiumsplade	▶
Polyester facadeplade	▶
Natursten facadeplade	▶
Eternit facadebeklædning	▶
Brædde facadebeklædning	▶
Teglskaller (20 mm)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Overfladebygningsdele / (42) Indvendige vægoverflader

Puds på indervægge	▶
Pudset indervæg, vedligehold	▶
Sækkeskuring på indervægge	▶
Tapetbeklædning, indervægge	▶
Vinylbeklædning, indervægge	▶
Malet indervæg	▶
Spaltklinker (95 x 195 x 10 mm)	▶
Flisebeklædning, indervægge	▶
Gipsplade på indervægge (13 mm)	▶
Plastmaling - rubeton	▶
Plastmaling - lecabetonelementer	▶
Plastmaling - pladsstøbt beton	▶
Plastmaling - pudset væg	▶
Plastmaling - gipspladevæg	▶
Plastmaling - klinkerbeton	▶
Plastmaling - porebeton	▶
Panelplader	▶
Panelbeklædning, spånplade	▶
Panelbeklædning, stålplade	▶
Plastmaling - vinduer og døre indvendigt	▶
Plastmaling - stål, indvendigt	▶
Plastmaling - træværk, indvendigt	▶
Maling - træværk, indvendigt vedligehold	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Overfladebygningsdele / (43) Dækoverflader

- Gulvfliser (150 x 150 x 10 mm) ▶
- Gulvklinker (104 x 215 x 20 mm) ▶
- Stiftmosaik (50 x 50 x 9 mm) ▶
- Mormorsplitgulv (250 x 250 x 20 mm) ▶
- Plastmaling - betongulv ▶
- Vinylgulv på fiberplade ▶
- Vinylgulv ▶
- Linoleumsgulv på fiberplade ▶
- Linoleumsgulv ▶
- Korkfliser ▶
- Korkgulv ▶
- Nålefilt på betongulv ▶
- Plastlakering - parketgulv ▶
- Plastlakering - trægulv ▶
- Bøgeparket på strøer med isol. (22 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Overbygning - Overfladebygningsdele / (44) Trappe- og rampeoverflader

- Klinkebelægning ▶
- Mormorbelægning ▶
- Vinylbelægning ▶
- Linoleumsbelægning ▶
- Nålefiltbelægning ▶
- Gummibelægning ▶

Overbygning - Overfladebygningsdele / (45) Loftoverflader

- Malet loft, vedligehold ▶
- Pudset loft, vedligehold ▶
- Plastmaling - betonelementer ▶
- Plastmaling - lecadækplader ▶
- Plastmaling - gips-loftplader ▶
- Plastmaling - træbetonplader ▶

Overbygning - Overfladebygningsdele / (47) Tagoverflader

- Tagoverflade af eternitskifer, 40° ▶
- Tagoverflade af asfaltimprægneret bølgeplader, 40° ▶
- Tagoverflade af vingetegl, 40° ▶
- Tagoverflade af cementtagsten, 40° ▶
- Tagoverflade af syntetisk gummi ▶
- Tagoverflade af bølgeeternit, 40° ▶
- Tagoverflade af asfaltpap, 1:40 ▶
- Asfaltpap på overbygning på tagdæk ▶
- Asfaltpap på ståltag ▶
- Asfaltpap på krydsfiner ▶
- Stråtag ▶
- Bitumenplader og fliser på betondæk ▶

Sanitære anlæg

Sanitære anlæg	
(52) Opsamlingsanlæg	▶
(52) Forbrugsanlæg, vand og sanitet	▶
(53) Forsyningsanlæg, vand	▶
(53) Distributionsanlæg, vand	▶

Sanitære anlæg / (52) Opsamlingsanlæg

Huskloak af beton (Ø150 mm)	▶
Huskloak af pvc (Ø200 mm)	▶
Dræn af pvc (Ø80 mm)	▶
Faldstamme uden muffe af støbejern (Ø100 mm)	▶
Faldstamme med muffe af pvc (Ø75 mm)	▶
Faldstamme med muffe af rustfrit stål (Ø75 mm)	▶
Afløbsskål af støbejern (148 x 148 mm)	▶
Afløbsskål af rustfrit stål (146 x 146 mm)	▶
Afløbsskål af plast (152 x 152 mm)	▶
Tagrende af pvc (120 mm)	▶
Tagrende af zink (120 mm)	▶
Tagrende af galvaniseret stål (150 mm)	▶
Tagedløb af pvc (90 mm)	▶
Tagedløb af zink (90 mm)	▶
Tagedløb af galvaniseret stål (90 mm)	▶
Tagafvandingsskål, rustfri (50 mm)	▶
Tagafvandringsrør, ABS (50 mm)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Sanitære anlæg / (52) Forbrugsanlæg vand og sanitet

Kombinationskloset	▶
Bidet	▶
Vægurinal af porcelæn	▶
Vægurinal af rustfrit stål	▶
Håndvask	▶
Rengøringsvask af porcelæn	▶
Rengøringsvask af rustfrit stål	▶
Køkkenvask	▶
Laboratorievask af plast	▶
Bruseniche	▶
Brandskab (690 x 690 x 285 mm)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Sanitære anlæg / (53) Forsyningsanlæg vand

- Varmtvandsbeholder med kobberspiral (100 l) ▶
- Varmtvandsbeholder med rustfri stålspiral (100 l) ▶
- El-vandvarmer (160 l) ▶
- Gennemstrøms el-vandvarmer ▶
- Pladevarmeveksler ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Sanitære anlæg / (53) Distributionsanlæg vand

- Galvaniseret stålør (25 mm) ▶
- Kobberrør (20/22 mm) ▶
- Galvaniseret stålør, isoleret (25 mm) ▶
- Kobberrør (20/22 mm) ▶
- PEX-rør (22 mm) ▶
- PEM-rør (25 mm) ▶
- pvc foringsrør (110 mm) ▶
- Ventil (25 mm) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Varmeanlæg

Varmeanlæg

- (56) Forsyningsanlæg varme ▶
- (56) Distributionsanlæg varme ▶
- (56) Forbrugsanlæg varme ▶

Varmeanlæg / (56) Forsyningsanlæg varme

- Kedelanlæg (37 kW) ▶
- Unit (35kW) ▶
- Ekspansionsbeholder - tryk (25 l) ▶
- Ekspansionsbeholder - åben (30 l) ▶
- Varmeveksler med kobberspiral (20 kW) ▶
- Varmeveksler med rustfri stålspiral (20 kW) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Varmeanlæg / (56) Distributionsanlæg varme

- Sorte rør, isoleret (25 mm) ▶
- Sorte rør, uisoleret (25 mm) ▶
- Kobberrør, isoleret (20/22 mm) ▶
- Kobberrør, uisoleret (20/22 mm) ▶
- PEX-rør (22 mm) ▶
- Ventil (25 mm) ▶
- Blandeanlæg ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Varmeanlæg / (56) Forbrugsanlæg varme

- Radiator (1500-2000 W) ▶
- Konvektor (2000-3000 W) ▶
- Varmeventilator (0,17 kW) ▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Ventilationsanlæg

Ventilationsanlæg

(55) Distributionsanlæg ventilation	▶
(57) Forsyningsanlæg ventilation	▶

Varmeanlæg / (55) Distributionsanlæg ventilation

Sorte rør - luft (25 mm)	▶
Ventil - luft (25 mm)	▶
Sorte rør - køling, isoleret (25 mm)	▶
Sorte rør - køling, uisoleret (25 mm)	▶
Kobberrør - køling, isoleret (20/22 mm)	▶
Kobberrør - køling, uisoleret (20/22 mm)	▶
Ventil - køling (25 mm)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Varmeanlæg / (57) Forsyningsanlæg ventilation

Indblæsnings- og udsugningsaggregat (700-2000 m ³ /h)	▶
Indblæsningsaggregat	▶
Lyddæmper	▶
Galvaniserede kanaler (Ø125 mm)	▶
Galvaniserede kanaler, isoleret (Ø125 mm)	▶
Galvaniserede kanaler, firkantet	▶
Galvaniserede kanaler, firkantet, isoleret	▶
Indblæsningsarmatur	▶
Udsugningsaggregat	▶
Udsugningsventilator, 8000 m ³ /h	▶
Kontrolventiler	▶
Vægventil, 650 x 260 mm	▶
Friskluftventiler	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

El-anlæg

El-anlæg

(63) Hovedfordeling	▶
---------------------	---

El-anlæg / (63) Hovedfordeling

Installationsledning (1,5 mm)	▶
Plastinstallationsledning (5 x 1,5 mm ²)	▶
Rør til installationsledning (20 mm)	▶
Kabelbakke (50 x 150 mm)	▶
Installationskanal (110 x 40 mm)	▶
Stikkontakt	▶
Afbryder	▶
Lampeudtag	▶
Forgreningsdåse	▶
Afbryder, 380 V	▶
Kobber-varmekabel, 25 W/m	▶
Coaxialkabel (Data)	▶

Tallet i () er den værdi programmet normalt anvender, hvis intet andet oplyses.

Bilag B - Anvendte levetider i edb-udgaven af livscyklusmodellen

Anslåede levetider for underbygning - bygningsbasis

Bygningsdel	Levetid
(10) Bygningsbasis - terræn *)	80 år
(12) Fundamenter *)	80 år
(13) Terrændæk *)	80 år
(18) Øvrige bygningsbasis *)	80 år

*) Levetid for bygningsdele under Underbygning - Bygningsbasis bør være den samme som bygningens levetid.

Anslåede levetider for overbygning - primære bygningsdele

Bygningsdel	Levetid
(21) Ydervægge	
Betonvægge *)	80 år
Lecabetonvæg *)	80 år
Klinkerbetonvægge *)	80 år
Teglvægge *)	80 år
Betonelementer	50 år
Bindingsværk *)	80 år
Stålbladvægge	50 år
(22) Indervægge	
Betonindervægge *)	80 år
Lecabetonindervægge *)	80 år
Klinkerbetonindervægge *)	80 år
Teglindervægge *)	80 år
Gipspladeindervægge *)	80 år
Træpladeindervægge	50 år
(23) Dæk	
Betondæk *)	80 år
Klinkerbetondæk *)	80 år
Trædæk *)	80 år
(24) Trapper og ramper	
Betonstrapper, udvendig	80 år
Ståltrapper, udvendig	50 år
Aluminiumstrapper, udvendig	50 år
Trætrappe, udvendig	20 år
Betonstrapper, indvendig	80 år
Ståltrapper, indvendig	80 år
Trætrappe, indvendig	50 år
(26) Altaner	
Betonaltan	80 år
Ståltan	50 år
Træaltan	20 år
(27) Tage	
Betontag	80 år
Eternittag	50 år
Stålbladetag	50 år
Tegltag	80 år
Tagpap	20 år

*) Bygningsdelens levetid bør være den samme som bygningens levetid.

Anslåede levetider for overbygning - kompletterende bygningsdele

Bygningsdel	Levetid
(31) Ydervægge - Komplettering	
Vindue af træ	50 år
Vindue af pvc	50 år
Vindue af aluminium	50 år
Yderdør af træ	50 år
Yderdør af pvc	50 år
Yderdør af aluminium	50 år
(32) Indervægge - Komplettering	
Indvendig dør af træ	50 år
Indvendig dør af pvc	50 år
Indvendig dør af aluminium	50 år
Glasbeklædning	50 år
Skillevæg af træ	80 år
Skillevæg af træplader	50 år
Skillevæg af gips	80 år
(33) Dæk - Komplettering	
Bræddegulv	50 år
Vinylgulv	20 år
Betongulv	80 år
(34) Trapper og ramper - Komplettering	
Udvendige gelændere af stål	50 år
Udvendige gelændere af træ	20 år
Indvendige gelændere af stål	50 år
Indvendige gelændere af træ	50 år
(35) Lofter	
Puds	50 år
Gipsloft	80 år
Aluminiums loft	50 år
Træloft	50 år
(36) Altaner - Komplettering	
Stålrækværk	50 år
Betonbrystning	80 år
Glasfiberbrystning	50 år
Aluminiumsbrystning	50 år
(37) Tage - Komplettering	
Ovenlysvindue af træ	50 år
Ovenlysvindue af pvc	50 år
Ovenlysvindue af aluminium	50 år
Stern af zink	20 år
Stern af fiberbeton	50 år
Blyinddækning	20 år
Zinkinddækning	20 år
Kobberinddækning	20 år
Aluminiumsinddækning	20 år
pvc-inddækning	20 år

Anslåede levetider for overbygning - overfladebygningsdele

Bygningsdel	Levetid
(41) Udvendige vægoverflader	
Sækkeskuring	20 år
Pudslag	20 år
Klinkebeklædning	50 år
Narturstensbeklædning	50 år
Stålpladebeklædning	50 år
Polyester facadeplader	50 år
Eternit-facadebeklædning	20 år
Brædde-facadeplader	50 år
Plastmaling	5 år
Træbeskyttelse	5 år
(42) Indvendige vægoverflader	
Sækkeskuring	80 år
Pudslag	80 år
Tapetbeklædning	20 år
Vinylbeklædning	20 år
Plastmaling	5 år
Flisebeklædning	50 år
Gipspladebeklædning	20 år
(43) Dæk overflader	
Gulvfliser	50 år
Gulvklinker	50 år
Vinylgulv	10 år
Linoliumgulv	10 år
Korkgulv	20 år
Plastmaling	5 år
Nålefilt	10 år
Lakering	5 år
Parketgulv	50 år
(44) Trappe- og rampeoverflader	
(45) Loftoverflader	
Puds	50 år
Gipsloft	80 år
Aluminiumsloft	50 år
Træloft	50 år
(46) Altanoverflader	
Stålrækværk	50 år
Betonbrystning	80 år
Glasfiberbrystning	50 år
Aluminiumsbrystning	50 år
(47) Tagoverflader	
Ovenlysvindue af træ	50 år
Ovenlysvindue af pvc	50 år
Ovenlysvindue af aluminium	50 år
Stern af zink	20 år
Stern af fiberbeton	50 år
Blyinddækning	20 år
Zinkinddækning	20 år
Kobberinddækning	20 år
Aluminiumsinddækning	20 år
pvc-inddækning	20 år

Anslåede levetider for sanitære anlæg

Bygningsdel	Levetid
(52) Opsamlingsanlæg	
Huskloakker	50 år
Faldstammer	50 år
Afløbsskåle	50 år
Tagrender	20 år
(52) Forbrugsanlæg, vand og sanitet	
Urinaler	20 år
Vaske	20 år
(53) Forsyningsanlæg, vand	
Varmtvandsbeholdere	20 år
El-vandvarmere	20 år
(53) Distributionsanlæg, vand	
Galvaniserede rør	50 år
Kobberrør	50 år
PEX-rør	50 år
PEM-rør	50 år
Ventiler	50 år

Anslåede levetider for varmeanlæg

Bygningsdel	Levetid
(56) Forsyningsanlæg, varme	
Kedelanlæg	20 år
Ekspansionsbeholdere	20 år
Varmevekslere	20 år
(56) Distributionsanlæg, varme	
Sorte rør	20 år
Kobberrør	20 år
PEX-rør	20 år
Ventiler	20 år
Blandeanlæg	20 år
(56) Forbrugsanlæg, varme	
Radiatorer	20 år
Konvektorer	20 år
Varmeventilatorer	20 år

Anslåede levetider for ventilationsanlæg

Bygningsdel	Levetid
(55) Distributionsanlæg, ventilation	
Sorte rør - luft	20 år
Ventiler - luft	20 år
Sorte rør - køling	20 år
Kobberrør - køling	20 år
Ventiler - køling	20 år
(57) Forsyningsanlæg, ventilation	
Indblæsningsaggregater	20 år
Udsugningsaggregater	20 år
Galvaniserede kanaler	20 år
Ventiler	20 år

Anslåede levetider for el-anlæg

Bygningsdel	Levetid
(63) Hovedfordeling	
Installationsledning	20 år
Rør til installationsledning	20 år
Kabelbakker	20 år
Installationskanaler	20 år
Stikkontakter	20 år
Afbrydere	20 år
Lampeudtag	20 år
Kobber varmekabel	20 år
Coaxialkabel	20 år

Summary

SBI Bulletin 113: Energy and environmental analyses of buildings. Improvement of the Life-cycle Model.

In 1990 SBI, with support from the Danish Ministry of Energy's research programme, commenced a series of research projects on buildings' energy consumption and energy-related environmental impact. The project "Energy and environmental analyses in the design of buildings" set up a Life-cycle Model for buildings' total energy consumption and associated energy-related emissions of CO₂ and SO₂. The project covered the entire life-cycle of a building, i.e. from production of building materials and building goods, through construction and operation of the building, to demolition. In the project "Computer program for energy and environmental analyses", the model was translated into a spreadsheet program.

This SBI Bulletin describes results from the third project, EFP-92 "Use of computer programs and database for energy and environmental analyses of buildings", in which the possibilities of completing the development of the spreadsheet program, improving it and turning it into an independent computer program have been examined. In connection with the project a series of exemplary analyses of 22 buildings have been carried out, which are described in SBI Bulletin 108, and an extensive database has been assembled, as described in SBI Bulletin 113.

The first chapter describes the construction of the coming software version of the Life-cycle Model. The software is based on a database that is divided into four sub-systems: "Building materials", "Building goods", "Building components" and "Buildings". The program is accessed via the building components library, which contains the most common building component solutions. The results will be similarly divided into four parts, allowing data and analyses to be called up for, say, a specific building material or a given type of building (reference building).

The second chapter describes the nerve centre of the coming software version of the Life-cycle Model: the building components library. With this, the user of the program can construct his building, and all analyses of total energy consumption, total energy-related emissions and material consumption will be performed on the basis of the chosen building components from the building components library.

The third chapter describes a program developed at SBI for analysis of the energy consumption for operation of buildings. Operating energy consumption comprises consumption for space heating, hot water and electricity, and consumption for production of the building components that are replaced during the operation of the building. The program has been implemented in the spreadsheet Quattro Pro version 4.0.

The fourth and last chapter contains a brief explanation of the concept "lifetime". Knowledge of the lifetime and ageing process of buildings, building goods and building materials is used as the basis for many of the major decisions in connection with choice of materials and designs and in evaluation of the need for maintenance of building goods and building materials in connection with planning, construction and operation of a building. The building components library contains estimated lifetimes for the building components, which the program uses if the user does not specify a lifetime.

Appendix A shows the structure of the building components library and the library's menus. Appendix B shows the lifetimes used for building components in the software version of the Life-cycle Model.

Denne SBI-meddelelse beskriver en række udvidelser og forbedringer af den beregningsmodel og det regnearksprogram til opgørelse af en bygningens energiforbrug og energirelaterede emission af CO₂ og SO₂ i hele bygningens livscyklus, som SBI har udarbejdet. Model og regnearksprogram er beskrevet i henholdsvis SBI-rapport 224 og SBI-meddelelse 110. Udvidelserne og forbedringerne omfatter bl.a. et bygningsdelsbibliotek og en metode til beregning af bygningens driftsenergiforbrug. Arbejdet er gennemført med henblik på at udarbejde et selvstændigt edb-program til afløsning af regnearksprogrammet.