



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi

Aagaard, Niels-Jørgen; Brandt, Erik; Aggerholm, Søren; Haugbølle, Kim

*Publication date:*  
2013

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Aagaard, N.-J., Brandt, E., Aggerholm, S., & Haugbølle, K. (2013). *Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi*. SBI forlag. SBI Bind 2013 Nr. 30

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

# LEVETIDER AF BYGNINGSDELE VED VURDERING AF BÆREDYGTIGHED OG TOTALØKONOMI

SBI 2013:30





# Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi

Niels-Jørgen Aagaard  
Erik Brandt  
Søren Aggerholm  
Kim Haugbølle

Titel Levetider af bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi  
Serietitel SBI 2013:30  
Udgave 1. udgave  
Udgivelsesår 2013  
Forfatter Niels-Jørgen Aagaard, Erik Brandt, Søren Aggerholm, Kim Haugbølle  
Sprog Dansk  
Sidetal 48  
Litteratur-  
henvisninger Side 26  
Emneord Levetider, bæredygtighed, byggeri, bygningsdele, byggematerialer

ISBN 978-87-563-1586-9

Omslag Foto: Niels-Jørgen Aagaard

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,  
A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV  
E-post [sbi@sbi.aau.dk](mailto:sbi@sbi.aau.dk)  
[www.sbi.dk](http://www.sbi.dk)

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

# Indhold

Forord .....	4
Indledning .....	5
Bygningsdele .....	7
Indgående bygningsdele og materialer .....	7
Sammensatte bygningsdele .....	7
Levetid af bygningsdele .....	9
Hvad afgør levetiden? .....	9
Variation af levetider .....	10
Faktisk levetid .....	10
Vurdering af middellevetid .....	12
Teknisk middellevetid .....	12
Funktionel middellevetid .....	12
Vurdering af faktisk middellevetid .....	19
Forenklet vurdering af faktisk middellevetid .....	19
Resulterende faktiske middellevetider .....	20
Anvendelse og udvikling af levetider .....	22
Generelt om anvendelse af levetider .....	22
Anvendelse af levetider ved miljøvurdering .....	22
Anvendelse af levetider ved vurdering af totaløkonomi .....	23
Anvendelse af levetider ved vurdering af energiøkonomi .....	23
Udvikling af levetidstabel .....	24
Referencer .....	26
Appendiks A    Bygningsdele .....	29
Appendiks B    Byggematerialer .....	34
Appendiks C    Bygningsbestandens areal og alder .....	36
Appendiks D    Nedrivningsrate og middel alder .....	38
Appendiks E    Dokumentation af MTTF-udregninger .....	40
Appendiks F    Vurderede tekniske og funktionelle middellevetider .....	41
Appendiks G    Faktiske middellevetider for bygningsdele .....	45

# Forord

Ved vurdering af bygningers bæredygtighed gennem fx livscyklusanalyser eller ved vurdering af bygningers totaløkonomi må ressourceforbruget afskrives og forrentes over bygningens samlede levetid. Dette leder til behovet for at kende de indgående bygningsdeles faktiske levetid; altså den tid der går fra bygningsdelen indbygges i bygningen, og til den demonteres eller nedrives.

Denne rapport ridser kort status for forudsigelse af bygningsdele op og foreslår en metode til forsimplet vurdering af den faktiske levetid for bygningsdele for forskellige materialer og bygningsanvendelser. Metoden er generelt anvendelig, men i rapportens tabeller for levetider forenklet til generel brug, og medtager her kun den tekniske og den funktionelle levetid.

Arbejdet er udført for Energistyrelsen på baggrund af projektbeskrivelse af 25. maj 2012 (Aagaard, 2012). Levetidstabellerne i rapportens appendiks G udgør resultatet af arbejdet, og rapportteksten kan derfor forstås som dokumentation for tabellernes opbygning. Levetidstabellerne kan anvendes af projekterende materialeproducenter, bygherrer og bygningsagkyndige. Tabellerne er søgt udformet, så de kan indgå i beregningsværktøjer for livscyklusvurdering eller ved beregning af totaløkonomi.

Vurdering af de bagvedliggende tekniske og funktionelle levetider er foretaget af SBI's forskere, hvor især seniorforsker Erik Brandt, seniorforsker Kim Haugbølle og forskningschef Niels-Jørgen Aagaard har bidraget. Forskningschef Søren Aggerholm har bidraget ved vurdering af funktionelle levetider for forskellige bygningsanvendelser.

Rapporten er fagfællebedømt af professor Christer Sjöström, professor emeritus, Kungliga Tekniska Högskola, Sverige.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet København  
Byggeri og sundhed  
November 2013

*Niels-Jørgen Aagaard*  
Forskningschef

# Indledning

## Formål

Formålet med denne publikation er at vurdere den faktiske gennemsnitlige levetid af bygningsdele ved bedømmelse af bygningers bæredygtighed og totaløkonomi. Vurderingen er uvildig og gennemført på et overordnet fagligt grundlag. De skønnede levetider skal anvendes ved beregning af vedligehold og totaløkonomi i den danske mærkningsordning for bygningers bæredygtighed.

## Baggrund

Ved vurdering af bygningers bæredygtighed indgår totaløkonomiske vurderinger og livscyklusvurderinger for de valgte byggetekniske løsninger og byggematerialer som et nødvendigt element. Tilsvarende gælder ved vurdering af investeringer i forbindelse med yderligere energieffektivisering af byggeriet. Bygningsdelenes levetid indgår som grundlag for totaløkonomiske vurderinger ved forrentning og afskrivning af anlægsomkostninger. Bygningsdelenes levetid lægges endvidere til grund for betragtninger om energikøkonomi og CO<sub>2</sub>-udledninger etc. ved livscyklusanalyser af de valgte løsninger.

Bygningsdelenes levetid kan fx også anvendes i den mærkningsordning for bygningers bæredygtighed, som den danske byggebranche har valgt at etablere i regi af Green Building Council Denmark (GBCD, 2012), baseret på en tysk model for vurdering af bæredygtighed (DGNB, 2012).

## Grundlag

Der foreligger ikke nogen national eller international standard med værdier for levetider af bygningsdele. Dog findes en international standard, som beskriver en metode til fastlæggelse af levetider: *Buildings and constructed assets - Service life planning*, ISO 15686, del 1-11. Her er det især de dele, der vedrører principper (del 1) (ISO, 2011), erfaringer fra praksis (del 7) (ISO, 2006) og vurdering af levetider (del 8) (ISO, 2008), der er særligt relevante. I EU's Joint Research Centre (JRC) er et system og et register under udvikling, som med tiden forventes at indeholde levetidsdata for produkter (Wolf, 2012).

Der tages udgangspunkt i metode og vurderinger af levetider for bygningsdele omfattet af ejerskifteforsikring og huseftersynsordningen<sup>1</sup> (Aagaard et al., 2012). Heri er en udviklet metode for vurdering af middelevetid af alle bygningsdele såvel som middelevetid af velholdte bygningsdele. I denne publikation er bygget videre på metoderne for vurdering af alle bygningsdele, der indebærer gennemsnitlige forhold med hensyn til vedligehold, påvirkninger, ydeevne m.m. Metoden er her videreudviklet til brug ved vurdering af levetider til bæredygtighedsvurdering og totaløkonomi.

Ved vurdering af bygningers bæredygtighed bør der prioriteres de bygningsdele, der har betydning for bæredygtigheden, fx mht. energiforbrug, CO<sub>2</sub>-udledning samt uønskede emissioner til inde- og udeklima. Det er af indlysende grunde ikke relevant at medtage bygningsdele, som ikke påvirker bæredygtigheden nævneværdigt, fx brug af lokale jord- og naturmaterialer.

---

<sup>1</sup> [www.femsek.dk](http://www.femsek.dk)



Sammensætningen af bygningsdele og byggematerialer kan imidlertid være meget forskellig fra byggeri til byggeri, og det er derfor valgt at inkludere alle relevante bygningsdele, jf. det valgte klassifikationssystem.

Der foreligger meget få dokumenterede informationer om bygningsdeles levetider fra praksis. Grundlaget for vurdering af levetid til brug for vurdering af bygningers bæredygtighed er:

- SBI-forskeres viden og erfaringer fra blandt andet forskning, skadesundersøgelser og deltagelse i internationalt arbejde om principper for vurdering af bygningsdeles levetider.
- Levetider.dk (GI, 2011).
- V&S prisdata (Byggecentrum, 2011).
- Byggeriets udviklingsråd (BUR, 1985).

Endvidere er fra udlandet blandt andet følgende lagt til grund:

- Storbritannien: *HAPM Component Life Manual* (HAPM, 1998)
- Tyskland: *Lebensdauer von Bauteilen und bauteilschichten* (IEMB, 2009)
- Norge: *ByggForsk* (ByggForsk, 2010)
- Holland: *Levensduur van bouwproducten* (Vissering, 2011)

Definition og navngivning af bygningsdele baseres på et eksisterende og anerkendt klassifikationssystem, hvor følgende muligheder tilbyder sig:

- SfB-systemet (Byggecentrum, 1988).
- DBK 2006 (bips, 2006).
- CCS (Cuneco, 2012).

SfB-systemet er valgt pga. dets overordnede karakter og byggebranchens lange erfaringer med dets anvendelse. Systemet har svensk oprindelse, og er udviklet i 1950'erne (SfB = Samarbetskomitén för Byggnadsfrågor).

# Bygningsdele

## Indgående bygningsdele og materialer

Som grundlag for beskrivelse af bygningens dele anvendes SfB 1988 (Byggecentrum, 1988), Grundtavle 1 i niveau 1 og 2:

- Bygningsdelsgrupper (XX).
- Bygningsdelsindeks (XX)y.

For niveau 2 medtages de bygningsdele, der indgår i det færdige byggeri, mens de dele der kun indgår i bygværket under dets opførelse, fx spuns-vægge og afstivninger, ikke medtages. Endvidere medtages SfB hoved-gruppe (7.) Inventar samt bygningsdele.

Betegnelse, nummerering etc. for de bygningsdele der medtages, fastholdes loyalt, som de indgår i (Byggecentrum, 1988). Derved muliggøres senere overførsel til andre klassifikationssystemer.

Enkelte tilføjede bygningsdele eller bygningsdelsindeks er placeret i frie grupper eller frie indeks i SfB-systemet. Der er hovedsageligt tilføjet bygningsdelsindeks for fugt- og varmeisolering af primære bygningsdele, der indgår i klimaskærmen, samt termoruder. Disse tilføjelser er gjort af hensyn til anvendelse af levetiderne ved energiberegninger.

Antallet af bygningsdele og bygningsdelsindeks er i alt ca. 150. Bygningsdele og bygningsdelsindeks på niveau 1 og 2 fremgår af appendiks A.

Mulige materiale- og konstruktionsvalg for en given bygningsdel vælges fra SfB (Byggecentrum, 1988):

- Grundtavle 2, Konstruktioner
- Grundtavle 3, Materialer, substanser og ressourcer.

For hver bygningsdel er der mulighed for at vælge mellem relevante materialer og/eller konstruktioner, fx for '(22)2 Indervægge ekskl. kældervægge' kan der vælges mellem beton, porebeton, letklinkerbeton, tegl, metal, træ og glas.

Materialer i grundtavle 2 og 3, som skønnes relevante for livscyklusanalyse (Life Cycle Analysis, LCA) eller totaløkonomiberegninger (Life Cycle Calculations, LCC), er vist i appendiks B. Der vil i gennemsnit være 3-4 relevante materialevalg pr. bygningsdel eller bygningsdelsindeks. Levetidstabellen rummer således i alt ca. 450-600 levetider.

## Sammensatte bygningsdele

I praksis er en række bygningsdele ofte sammensat af flere dele. En ydervæg kan fx, regnet indefra og ud, være opbygget af bagvæg af beton, isolering, formur, facadebeklædning og overfladebehandling. Der kan desuden indgå diverse sekundære dele, fx dampspærre og vindpap.

I disse tilfælde er bygningsdelstavlen opdelt således, at levetiden vurderes for hver af de hovedfunktioner, som bygningsdelen har, fx vil ydervæggens

bærende konstruktioner findes under primære bygningsdele som '(21)3 Ydervæg', varmeisoleringen vil findes under primære bygningsdele som '(21)5 Ydervægge, fugt- og varmeisolering', medens facadebeklædningen findes under '(41)3 Ydervægge, udvendige overflader'.

For sammensatte bygningsdele kan en resulterende levetid derfor i almindelighed ikke bestemmes direkte, men levetiden må vurderes for hver af de indgående bygningsdele og -materialer. Hvis den sammensatte bygningsdel er opbygget således, at dele med kort levetid ikke er udskiftelige uden destruktiv nedtagning af dele med længere levetid, bestemmes levetiden af den sammensatte bygningsdel af delen med kortest levetid; fx vil levetiden af et terrændæk af pladsstøbt beton – der i sig selv kan have en meget lang levetid – være afgrænset af levetiden af en underliggende fugt- og varmeisolering, da man ikke kan udskifte denne uden at nedbryde betondækket. I andre tilfælde kan en bagvedliggende bygningsdel udskiftes ved ikke-destruktiv nedtagning af foranliggende dele; fx udskiftning af undertag med kort levetid under tegltag med lang levetid, hvor tagsten og inddækninger kan nedtages og genoplægges. I mange tilfælde kan dette dog ikke ske uden betydelige meromkostninger, som kan være udslagsgivende, fx ved vurdering af totaløkonomi.

# Levetid af bygningsdele

## Hvad afgør levetiden?

Levetiden kan beskrives som bygningsdelens:

- a. Tekniske levetid.
- b. Funktionelle levetid.
- c. Økonomiske levetid.
- d. Æstetiske levetid.

I *Håndbog for miljørigtig projektering*, (BPS, 1998) side 4.154, defineres en række levetidsbegreber, som har været udbredt anvendt i byggeriet. Der skelnes imidlertid her mellem teknisk levetid og fysisk levetid på en måde som ikke er kompatibel med senere standarder på området (ISO, 2011), ligesom der anvendes en resulterende faktisk levetid, som bliver behandlet efterfølgende.

Ved '*levetid*' forstås tiden fra indbygning af bygningsdelen i bygværket frem til det tidspunkt, hvor bygningsdelen i sin helhed udskiftes (BUR, 1985).

- a. Ved '*teknisk levetid*' forstås den tid fra indbygning af bygningsdelen i bygværket, hvor bygningsdelen teknisk og fysisk er i stand til at opfylde sin oprindelige funktion. Den tekniske levetid bestemmes af påvirkningerne på bygningsdelen og bygningsdelens modstandsevne overfor disse påvirkninger.

En bygningsdel skal have ydeevner, som er bestemt af bygningsdelens påtænkte funktion, og de påvirkninger som bygningsdelen udsættes for under brug. På baggrund af funktioner og påvirkninger kan fastlægges en række egenskaber, som bygningsdelens skal have for at opnå de ønskede ydeevner. Egenskaberne skal bibeholdes i rimeligt omfang gennem bygningsdelens levetid. Fald i ydeevnen under et vist niveau for en eller flere af disse egenskaber, og som ikke kan genoprettes med vedligehold, vil være ensbetydende med, at levetiden er opbrugt.

- b. Ved '*funktionel levetid*' forstås den tid fra indbygning af bygningsdelen i bygværket, hvor der er behov for bygningsdelens oprindelige funktion. Den funktionelle levetid bestemmes af de ændringer til krav og ønsker for ydeevner, som sker på grund af udvikling i såvel samfundet i bred forstand som i brugernes ønsker og behov.
- c. Ved '*økonomisk levetid*' forstås den tid fra indbygning af bygningsdelen i bygværket, hvor det totaløkonomisk er forsvarligt at vedligeholde og udskifte dele af bygningsdelen. Den økonomiske levetid kan ofte være kortere end den tekniske levetid. Den økonomiske levetid bestemmes af pris- og renteforhold.
- d. Ved '*æstetisk levetid*' forstås den tid fra indbygning af bygningsdelen i bygværket, hvor bygningsdelens æstetiske standard kan opretholdes. Den æstetiske levetid bestemmes af socio-tekniske og psykologiske forhold, fx kan den æstetiske levetid være til ende, når/hvis en bygningsdel patinerer på en uæstetisk måde, eller hvis den ikke længere opfylder brugernes ønsker mht. udseende.

Levetiderne er ikke fuldt ud uafhængige af hinanden, da underliggende faktorer som fx materialekvalitet eller økonomiske forhold kan have betydning for flere af de nævnte levetider. For en praktisk analyse, anses de dog for brugbare begreber til analyse af levetider.

## Variation af levetider

Hver af de nævnte levetider afhænger af en række faktorer, fx:

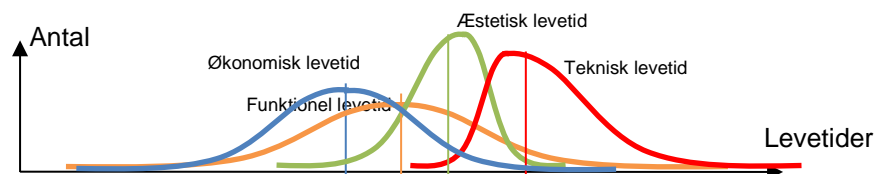
- Teknisk levetid*: materialekvalitet, udformning og design, udførelse, påvirkninger indendørs og udendørs, brugsforhold, vedligehold mv.
- Funktionel levetid*: samfundsforandringer, teknologisk udvikling, ændrede livsmønstre, urbanisering mv.
- Økonomisk levetid*: konjunkturer, renteniveau, priser på arbejdskraft og byggematerialer, materialegenskaber, design mv.
- Æstetisk levetid*: livsstil og mode mv.

Bygningsdeles tekniske levetid er behandlet i en omfattende forskning og litteratur, se fx (Listerud, 2011). I (Hansen et al., 2003) er fx beskrevet en række deterministiske metoder til levetidsmodellering, hvorved forstås metoder, som giver et fast tal for levetiden. Deterministiske metoder kan suppleres med modellering af nedbrydningsmekanismer, fx galvanisk korrosion eller oxidering af metaller.

Levetiden for en bygningsdel afhænger imidlertid i praksis af så mange faktorer, at en fast værdi for levetiden vil være en meget dårlig beskrivelse af virkeligheden, mens udnyttelsen af probabilistiske modeller, giver mulighed for en mere realistisk beskrivelse af en given bygningsdelstypes levetid ved at inkludere spredning og beskrivelse af fordelingen.

Den statistiske variation af levetider kan beskrives ved fordelingskurver som illustreret i figur 1, fx en normalfordeling, en student-t-fordeling, eller en Gumbel-fordeling. Fordelingerne kan være være symmetriske, skæve eller have flere 'pukler' alt efter de faktorer, der medvirker til bestemmelse af fordelingerne.

For hver af de nævnte typer af levetider kan der angives en middellevetid af den pågældende type, som illustreret ved lodrette streger i figuren.



Figur 1 Eksempel på fordeling af levetider for en given bygningsdel.

## Faktisk levetid

Den levetid som bygningsdele i praksis opnår – den 'faktiske levetid' - er tiden fra indbygning af bygningsdelen i bygværket til det tidspunkt, hvor bygningsdelen i sin helhed udskiftes. Den faktiske levetid vil være domineret af den eller de laveste af de nævnte levetider. I eksemplet i figur 1 vil den økonomiske levetid være dominerende for levetiden af den pågældende bygningsdel.

I princippet kan den faktiske levetid ikke bestemmes ud fra et statistisk kendskab til de enkelte levetiders fordeling, men må afgøres eksemplar for eksemplar af bygningsdelen. Gennemsnittet bestemmes derefter. Dette ville kræve, at der fandtes empiriske data, som var retvisende og dækkende, for hver enkelt bygningsdel, og som beskrev, hvor gamle bygningsdele faktisk bliver, og hvad der afgør levetiden. Der findes i dag ikke et sådant datamateriale for danske forhold, dansk byggeskik og danske bygningsdele, og vurdering af den faktiske levetid må derfor tage udgangspunkt i en vurdering af den enkelte levetids fordeling samt deres indbyrdes forhold.

I stedet kan levetiden bestemmes ved at opfatte hver af de fire konkurrerende typer af levetider som stokastiske variable, hvorefter den resulterende middellevetid og spredning for den faktiske levetid bestemmes (Berthelsen, 2012), appendiks E.

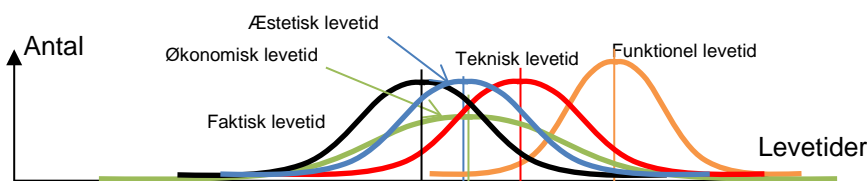
Den resulterende faktiske middellevetid vil i alle tilfælde være lavere end enhver af de bagvedliggende konkurrerende middellevetider. Hvis det fx for et simpelt tilfælde antages, at alle de fire levetider er normalfordelte og har samme middelværdi på 50 år og spredning på 8 år vil den resulterende faktiske middellevetid være ca. 42 år med en spredning på ca. 6 år.

Gøres ingen forhåndsantagelser om fordelingerne art vil den resulterende faktiske middellevetid være lavere, da de færre informationer betyder større spredning på mulige fordelinger. Spredningen er i dette tilfælde ukendt, da der ikke foreligger information nok til at estimere den. I det anførte eksempel vil den resulterende faktiske middellevetid være ca. 36 år, såfremt fordelingerne art ikke kendes på forhånd.

For et mere realistisk eksempel, hvor fordeling og middellevetid er forskellig for de bagvedliggende konkurrerende levetider, fås ved anvendelse af følgende værdier<sup>2</sup>:

- |   |              |             |
|---|--------------|-------------|
| a. Teknisk levetid (middel spredning)   | $(m_t; s_t)$ | = (60;9,4)  |
| b. Økonomisk levetid (stor spredning)   | $(m_ø; s_ø)$ | = (50;11,7) |
| c. Funktionel levetid (lille spredning) | $(m_f; s_f)$ | = (80;6,3)  |
| d. Æstetisk levetid (middel spredning)  | $(m_æ; s_æ)$ | = (50;7,8)  |

en resulterende faktisk middellevetid på 44 år med en spredning på ca. 8 år. Eksemplet er illustreret på figur 2.



Figur 2 Faktisk levetid for en bygningsdel på basis af kendskab til normalfordelte levetider for økonomi, funktion, æstetik og teknik.

Uden forhåndsantagelser om fordelingen art vil den resulterende faktiske middellevetid i eksemplet ovenfor være ca. 38 år.

<sup>2</sup> Nedre 10 %-fraktil er fastsat som

- Lille spredning: 0,9\*middellevetid
- Middel spredning: 0,8\*middellevetid
- Stor spredning: 0,7\*middellevetid

# Vurdering af middellevetid

## Teknisk middellevetid

Den tekniske levetid for en given bygningsdelstype vil almindeligvis variere som følge af forskelle i en række faktorer (Hovde, 2005) og (ISO, 2008):

- a. Materialekvalitet
- b. Udformning og design
- c. Udførelse
- d. Påvirkninger indendørs
- e. Påvirkninger udendørs
- f. Brugsforhold
- g. Vedligehold

I henhold til (ISO, 2008) beregnes levetiden for en konkret bygningsdel ved at multiplicere en middelreferencelevetid med faktorer, der tager hensyn til ovenstående forhold; se eksempel herpå for samlinger og fuger i (Wolf, 2004).

Det er imidlertid overordentlig vanskeligt at fastsætte levetider for bygningsdele, fordi levetiden vil afhænge af så mange af de nævnte forhold, at spredningen på levetiden vil være meget stor, med mindre omstændighederne kan fastlægges meget nøje (Aagaard et al., 2012). I (Wolf, 2004) er skitseret en pålidelighedsteoretisk ramme for hensyntagen til usikkerhed på de forskellige indgående parametre, men metoden er endnu ikke moden til konkret anvendelse ved vurdering af teknisk levetid.

Den tekniske levetid afhænger endvidere af bygningsdelens funktion i bygværket – ikke at forveksle med den funktionelle levetid, der udtrykker hvor længe der er brug for den pågældende funktion. Mange bygningsdele har flere funktioner; fx skal en facade blandt andet både skærme mod vind, vand og varmetab. Bygningsdele kan over tid helt eller delvist miste evnen til at opfylde en eller flere af sine funktioner, uden at dette medfører udskiftning, men blot håndteres som en del af vedligeholdet (Moser, 1999). For en mere generel beskrivelse af bygningsdeles ydeevne henvises til (Blach & Christensen, 1974).

Tekniske middellevetider for bygningsdele (appendiks A) og byggematerialer (appendiks B) er vurderet i appendiks F. Middellevetiderne er afstemt med levetider angivet i (Aagaard et al., 2012), og forudsætter at bygningsdelene ikke længere med vedligehold kan opretholde sine funktioner, jf. ovenstående betragtninger.

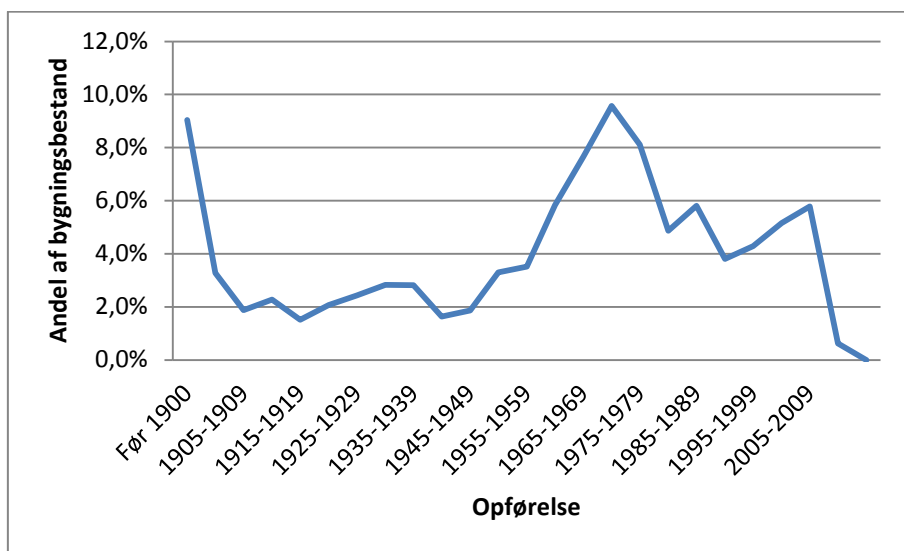
## Funktionel middellevetid

Der foreligger ikke systematisk empirisk information om bygningers eller bygningsdeles funktionelle middellevetid. Den må derfor vurderes på baggrund af en række skønsmæssigt betydende forhold, hvor følgende kan fremhæves:

- Bygningsbestandens udvikling over tid, fx mængden af nybyggeri i forhold til behov, eksisterende bygningers ældning.

- Byggesektorens produktionskapacitet fordelt på nybyggeri, renovering og nedrivning.
- Samfundsudvikling og konjunkturer, fx nye behov, højkonjunkturer og demografisk udvikling.
- Nedrivningstakt for eksisterende byggeri, fx ønske om bevarelse, fornyelse og aspekter af bæredygtighed ved genanvendelse.
- Forandringer i byggeriets vilkår, fx ønske om energirenovering og tilpasning til klimaforandringer.

Den danske bygningsmasse rummer ultimo 2012 ca. 660 mio. kvm fordelt efter opførelsestidspunkt som angivet i figur 3.



Figur 3 Bygningsbestandens fordeling efter opførelsestidspunkt, Kilde: Danmarks Statistik – Statistikbanken ([www.statistikbanken.dk/BYGB33](http://www.statistikbanken.dk/BYGB33)).

Der ses tydeligt stor byggeaktivitet i perioderne 1960-1980 og igen efter år 2000. Niveauet for nybyggeri i sidste halvdel af det 20. århundrede ligger omtrent på det dobbelte af første halvdel af århundredet.

Bygningsbestanden ultimo 2012 fordelt på bygningsanvendelser ses af tabel 1, hvor også den gennemsnitlige alder i de enkelte anvendelser er angivet. Den samlede bygningsmasse har en gennemsnitlig alder på ca. 56 år. Variationskoefficienten er mellem 0,66 og 0,87 – størst for 'Transport og handel', mindst for 'Beboelse'. Arealer og alder fordelt på mere detaljerede bygningsanvendelser fremgår af appendiks C.



Tabel 1. Dansk bygningsmasse pr. dec. 2012 fordelt på anvendelseskategorier. Kilde: Danmarks Statistik – Statistikbanken ([www.statistikbanken.dk/BYGB33](http://www.statistikbanken.dk/BYGB33)).

Bygningsanvendelse	Areal (andel) [mio kvm (%)]	Gennemsnitlig alder (Var.koef.) [år (tal)]
Beboelse	322 (49)	63 (0,66)
Produktion	62 (9)	39 (0,70)
Landbrug	137 (21)	52 (0,80)
Transport og handel	78 (12)	47 (0,87)
Institution	35 (5)	55 (0,71)
Fritid	26 (4)	39 (0,73)
I alt	660	56 (0,72)

I perioden 1994-2012 er iflg. Danmarks Statistik – Statistikbanken – ([www.statistikbanken.dk/BYGV8](http://www.statistikbanken.dk/BYGV8)) føjet i gennemsnit 7,9 mio. kvm nybyggeri til bygningsbestanden hvert år – mindst i 1994 (4,5 mio. kvm) og mest i 2008 (11,0 mio. kvm). I alt er der iflg. denne opgørelse opført ca. 150 mio. kvm i perioden 1994-2012. Grundlagstallene for tabel 1 indikerer en forøgelse af bygningsbestanden i samme periode til skønsmæssigt 120 mio. kvm. Forskellen må i det væsentlige tilskrives at en vis andel af bygningsmassen - der eksisterede i 1994 - er revet ned siden. Tallene dækker over såvel helt nye huse som tilbygninger til eksisterende huse. Denne nedrivning svarer - jvf metoden beskrevet i appendiks D til en nedrivningsrate på årligt ca.0,3 %.

Byggeriets kapacitet er i det store og hele fordelt på renovering af eksisterende bygninger, nedrivning af bygninger samt nybyggeri. Ved kapacitet forstås her den samlede evne til aktivitet, enten som produktionsapparatets kapacitet eller samfundets prioriterede behov – 2 forhold der på lang sigt modsvare hinanden. Såfremt det antages, at

- byggeriets kapacitet (omsætning) i 2012 i alt er skønsmæssigt 200 mia. DKK og udvikler sig med gennemsnitlig realvækstrate over tidshorisonten
- realprisen på en kvm nybygning og tilbygning gennemsnitligt er af størrelsesordenen 15.000 DKK
- nedrivning har et gennemsnitligt omfang på 0,3 % af den til enhver tid eksisterende bygningsmasse
- renovering årligt beløber sig til af størrelsesordenen 1 % af den til enhver tid eksisterende bygningsbestands nyværdi

fås estimater for bygningsbestandens størrelse og gennemsnitlige alder om 50 og 100 år som angivet i tabel 2 for bygningsbestanden som helhed.

Tabel 2. Skøn over bygningsbestand og gennemsnitlig alder i år 2062 henholdsvis år 2112 afhængig af realvækst af byggeriets kapacitet.

Realvækst, årlig [%]	Bygningsbestand År 2062 / år 2112 [mio kvm]	Gennemsnitlig alder År 2062 / år 2112 [år]
0	900/1050	81/117
1	1050/1700	70/80
2	1300/3300	59/55

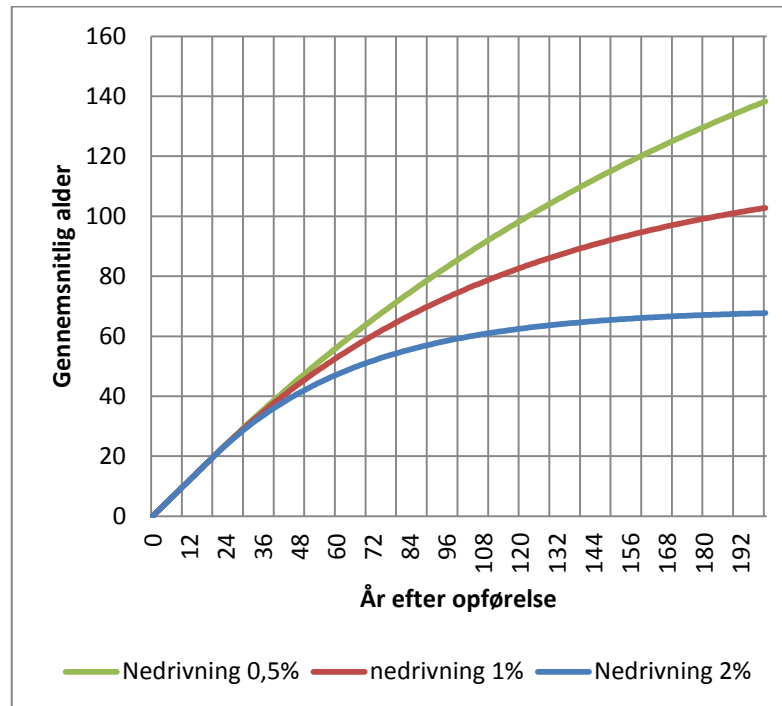
Estimatet for bygningsbestandens størrelse og alder er, som det fremgår, meget afhængig af forventninger til realvæksten i byggeriets kapacitet. Det er vanskeligt at forestille sig en årlig realvækst på over 1 %, da det om 100 år vil medføre en 3 gange så stor bygningsmasse som i dag. I stedet for en så stor forøgelse af volumen, er det tænkeligt at en realvækst i stedet vil blive anvendt på erstatning eller renovering af eksisterende byggeri. Et rimeligt skøn kunne være i et sted mellem 0 % og 1 % i gennemsnit over 100 år. Dette vil lede til en gennemsnitlig alder af bygningsbestanden på ca. 100 år om 100 år.

Ovenstående betragtninger vedrører den samlede bygningsbestand. Ved vurdering af bæredygtighed af nybyggeri har eksisterende byggeris forhold imidlertid ikke direkte betydning for vurdering af kommende byggeris forventede levetid, men kan i det væsentlige belyse renoveringsbehov. Derimod er forventningerne til kommende renovering og nedrivning af større betydning.

For en nedrivningsrate  $n$ , hvorved forstås den andel af den til enhver tid eksisterende bygningsbestand som nedrives hvert år, vil den gennemsnitlige alder gå mod  $B+(1-n)/n$ . Her angiver  $B$  en begyndelsesperiode uden nedrivning; fx svarende til en belåningsperiode på 20 eller 30 år. For en nedrivningsrate på 0,5 %, 1 % og 2 % vil bygningernes gennemsnitlige alder gå mod 220 år, 120 år henholdsvis 70 år for  $B=20$  år; se Appendix D.

For det samlede nybyggeri i Danmark opført et givent år vil alderen som funktion af nedrivningsraten udvikle sig som indikeret i figur 4. Den helt afgørende parameter for vurdering af bygningers funktionelle levetid er således forventninger til nedrivningsraten, og den periode  $B$  efter opførelse, hvor et byggeri anses for fredet for nedrivning.

I Danmark skønnedes nedrivningsaktiviteten i 2012 at være 2-4 % af den samlede byggeaktivitet (Dansk Byggeri, 2012) opgjort i DKK. Dette omfatter foruden nedrivning af bygningsarealer også nedtagning af byggematerialer ved renovering. Halvdelen af denne nedrivningsaktivitet skønnes at stamme fra nedrivning af bygningsarealer. Omkostninger ved nedrivning inkl. miljørenovering varierer stærkt efter bygningens art og størrelse; formentlig mellem 2 % og 10 % af nybygningsomkostningerne. Hvis omkostninger til nedrivning i gennemsnit skønsmæssigt andrager 5 % af nybygningsomkostninger, svarer dette til, at der i 2012 blev nedrevet af et omfang svarende til ca. 30 % af nybyggeriet, som i følge Danmarks Statistik udgjorde ca. 5,5 mio. kvm. Et kvalificeret skøn på nedrivningsaktivitetens størrelsesorden er således små 2 mio. kvm/år på en bygningsbestand på ca. 660 mio. kvm. Nedrivningsraten dette år var således omtrent 0,3 %, idet det antages at nedrivningsaktiviteten formentlig i det store og hele vil fordele sig jævnt over bygningsmassen set over lang tid. Skønnet er i sagens natur behæftet med stor usikkerhed, og vil givetvis variere betydeligt over årene. Denne nedrivningsrate svarer til den gennemsnitlige nedrivningsrate for perioden 1994-2012 jf. tidligere ræsonnement.



Figur 4. Skøn over gennemsnitlig alder af bygninger afhængig af nedrivningsrate og tid efter opførelse. Forudsætning: Ingen nedrivning de første 20 år efter opførelse.

Medmindre nedrivningsraten øges væsentligt i f.t. niveauet for 2012 vil nyt nybyggeri således kunne se frem til at blive meget gammelt; i gennemsnit formentlig mere end 200 år. Et større renoveringsefterslæb vil formentlig smitte af på nedrivningsaktiviteten. Hvis alt nybyggeri i 2012 erstattede eksisterende byggeri ville dette svare til en nedrivningsrate på 0,8 %. En større nedrivningsrate end dette er næppe realistisk i praksis, undtagen på særlige områder, hvor der måtte være en 'nedrivningspukkel', fx forladte boliger i udkantsområder, ældre sparsomt anvendte landbrugsbygninger eller industribygninger med utidssvarende installationer.

På den anden side kan der argumenteres for, at renovering i det lange løb vil være mere bæredygtigt end nedrivning og efterfølgende nybyggeri – i hvert fald under hollandske forhold (Thomson & van der Flier, 2010) og finske forhold (Vainio, 2011) p.654.

Spørgsmålet om bygningers levetid er genstand for overvejelser i mange lande; dog uden at der kan hentes autoritative informationer herom. Traditionelt har man ved beregning af fx totaløkonomi i mange lande anvendt 50-60 års levetid for bygninger. Dette hænger sammen med at det anses for vanskeligt at forudsige levetider med længere horisont, dels at det i mange tilfælde er økonomisk irrelevant at kalkulere med længere afskrivningstider af anlægsinvesteringer, se fx (EOTA, 1999), (ByggForsk, 2010), (DGNB, 2012). (HAPM, 1998) er fx udviklet til brug for projektforsikring, og økonomiske aspekter er derfor tillagt afgørende indflydelse på vurdering af levetider. Ud fra et forsikringsperspektiv er det ikke relevant at vurdere levetider, der ligger udover tiden for afskrivning af nyværdi, og der er derfor i (HAPM, 1998) ingen levetider større end 35 år. På tilsvarende vis er levetiden for bygningsdele i (Vissering, 2011) af tekniske grunde afgrænset til 100 år, da man ikke anser det for meningsfuldt at give en vurdering af den tekniske levetid, der rækker ud over denne tidshorisont.

Der er imidlertid indikationer på, at man i en række lande fremover lægger sig på middellevetider af bygninger på 100 år eller mere til brug ved vurdering af bæredygtighed (Brown et al., 2011), for i højere grad at afspejle realiteterne. Tyskland påtænker fx 120 år (IEMB, 2009) og i Holland 120 år – hø-

jere for boliger (van Nunen & Mooiman, 2011) (Vissering et al., 2011). Det er ikke af litteraturen klart hvilke levetider, der menes, men det formodes at være faktiske levetider.

På denne baggrund sættes den funktionelle middellevetid for bygninger under et til 100 år svarende til omtrent det dobbelte af den nuværende danske bygningsbestands middellevetid. De længst levende bygningsdele, som fx bygningsdele i terræn samt bærende konstruktioner, vil have en faktisk middellevetid tæt herpå, medens bygningsdele med kortere middellevetid vil blive helt eller delvist udskiftet 1 eller flere gange undervejs.

Den gennemsnitlige funktionelle levetid for bygninger som helhed er i sigens natur et skøn over, hvor længe bygninger har en funktion, som vi kender dem. Dette skøn vanskeliggøres af, at bygningsmassen understøtter et samfund i dynamisk udvikling, og erfaringer med levetider er ikke nødvendigvis gældende for fremtidens byggeri.

På denne baggrund anvendes en skala for vurdering af funktionel middellevetid af bygningsdele på 120, 100, 80, 60, 50, 40, 30, 25, 20, 15 og 10 år. Den funktionelle middellevetid skønnes på denne skala for en given bygningsdel, således at længstlevende dele i bygningsbasis og primære bygningsdele gives en funktionel middellevetid på 120 år, medens øvrige bygningsdele gives en lavere funktionel middellevetid.

Baseret på informationen i tabel 1 om fordeling af den nuværende bygningsbestands gennemsnitsalder kan der ved vurdering af bæredygtighed eventuelt skelnes mellem bygningsanvendelser. Erhvervsarealer har kortest funktionel levetid, måske pga. dynamisk teknologi- og erhvervsudvikling, medens arealer til helårsbeboelse og institutioner i gennemsnit vil have længere middellevetid.

På denne baggrund skønnes en funktionel middellevetid for bygningsanvendelser som angivet i tabel 3, idet følgende forventninger til nybyggeris alder er lagt til grund for afvigelser fra mønstret i tabel 1 og appendiks C:

- Landbrugsbygninger vil fremover hovedsageligt være store lette haller med relativ kort levetid
- Haller til idræt og andre fritidsformål forventes at have længere levetid end øvrigt byggeri til fritid

Tabel 3. Funktionel middellevetid for bygningsanvendelser, afrundet og i grupper

Funktionel Middellevetid [år]	Bygningsanvendelse
40	Avls- og driftsbygninger i landbruget Sekundære bygninger, skure o.l.
60	Transportanlæg, garager og lagerbygninger Sommerhuse og kolonihavehuse Sportsanlæg, klubhuse og tribuner
80	Fabrikker og værksteder El-, gas-, vand- og varmeværker Kontorer Detailhandel, hoteller og restaurationer
100	Dag- og døgninstitutioner Skoler, universiteter og forskningsfaciliteter Hospitaller, klinikker og hospices Idræts- og multihaller
120	Parcelhuse, rækkehuse og tæt-lav-boliger Stuehuse til landbrug Etageboliger og kollegier Kirker og andre religiøse bygninger Museer, teatre og slotte
100	Alle bygninger under et

# Vurdering af faktisk middellevetid

## Forenklet vurdering af faktisk middellevetid

Baseret på ovenstående betragtninger kunne den faktiske levetid vurderes for hver enkelt bygningsdel efter følgende metode:

- Middellevetid og spredning vurderes for hver af de 4 konkurrerende typer af levetider
- Hvis der skønnes grundlag for at vurdere fordelingerne, bestemmes den resulterende faktiske levetid på grundlag heraf
- Hvis der skønnes ikke at være grundlag for at vurdere fordelingerne, bestemmes den resulterende faktiske levetid uden forhåndsantagelser
- Den beregnede middellevetid afrundes efter nærmere regler

En følsomhedsanalyse på den resulterende faktiske middellevetid viser imidlertid, at man for en mere praktisk vurderingsmetode – når henses til usikkerheden på bagvedliggende vurderinger af middellevetider – kan anvende den mindste af de fire middellevetider som udgangspunkt, og så multiplicere med en faktor  $k$ , der afhænger af de 3 andre middellevetiders størrelse i forhold til den mindste middellevetid. Faktoren  $k$  fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Faktor  $k$  til multiplikation på laveste middellevetid for bestemmelse af faktisk levetid.

Spredning på fire middellevetider	Interval for faktor $k$	
	Normalfordelt levetider	Intet kendskab til fordeling
Lille	0,92-1,00	0,86-0,97
Middel	0,84-0,99	0,73-0,89
Stor	0,76-0,98	0,60-0,76

For praktiske situationer, hvor spredningen på de 4 middellevetider er forskellig, eller hvor man har kendskab til fordelingen for en eller flere af de 4 levetider, vil faktoren  $k$  altså ligge mellem 0,60 og 1,00. Hvis alle fire middellevetider er ens, anvendes *laveste* værdi i intervallerne for  $k$  i tabel 4. Hvis de tre middellevetider modsætningsvis er meget større end laveste middelværdi, anvendes *højeste* værdi i intervallerne for  $k$  i tabel 4.

### Eksempel 1:

En bygningsdel har en middellevetid på 50 år for alle de bagvedliggende fire forhold, og levetiderne skønnes normalfordelt med middel spredning. Den faktiske levetid vil være  $50 \times 0,84 = 42$  år.

### Eksempel 2:

For en bygningsdel skønnes middellevetiderne til 50, 50, 100 og 100; alle med stor spredning. Der er intet kendskab til fordelingerne. Ved beregning kan den resulterende faktiske middellevetid bestemmes til ca. 33 år. Af tabel 4 ville man skønne  $k \approx 0,65$ ; dvs. den faktiske middellevetid ville blive  $50 \times 0,65 = 32$  år.

I betragtning af de mange usikkerheder, der ligger gemt i vurderingen af de enkelte middellevetider, forenkles vurderingsmetoden til følgende, idet nogle af de konkurrerende levetider i praksis er irrelevante for hovedparten af bygningsdele, fx er æstetisk levetid formentlig sjældent relevant for fundamenter i terræn:

- *Økonomisk levetid*: Ingen vurdering af middellevetid; kun vurdering af den relative betydning (faktor  $k$ ) på den mindste af de vurderede relevante middellevetider. Kun relevant for SfB-hovedgruppe 3-6.
- *Æstetisk levetid*: Ingen vurdering af middellevetid; kun vurdering af den relative betydning (faktor  $k$ ) på den mindste af de vurderede relevante middellevetider. Kun relevant for SfB-hovedgruppe 3 og 4, og for synlige bygningsdele i hovedgruppe 2.
- *Funktionel levetid*: For hver SfB-bygningsdelsgruppe skønnes en funktionel middellevetid jf. tidligere afsnit.
- *Teknisk levetid*: For hver bygningsdele og materiale skønnes en teknisk middellevetid, hvor alle tekniske levetidsfaktorer er 1,0, jf. (Hovde, 2005) og (Listerud, 2011). De vurderede tekniske middellevetider svarer således til tekniske referencelevetider.

Samlet er dette illustreret i tabel 5.

Tabel 5. Grundlag for vurdering af middellevetider.

SfB Hovedgruppe	Økonomi	Æstetik	Funktion [år]	Teknik [år]
1 Bygningsbasis	Ej relevant	Ej relevant	Middellevetid efter bygningsdelsgruppe,	Middellevetid efter materiale
2 Primære bygningsdele				
3 Kompletterende bygningsdele	Faktor $k_{\phi}$ efter materiale, jf. tabel 4	Faktor $k_{\alpha}$ efter materiale, jf. tabel 4		
4 Overfladebygningsdele		Ej relevant		
5 VVS-anlæg				
6 El- og mekaniske anlæg				

Faktorerne  $k_{\phi}$  og  $k_{\alpha}$  vurderes til en værdi mellem 0,6 og 1,0 afhængig af om de forhold, der har betydning for levetiderne, er velbestemte, homogene og nærtliggende eller modsætningsvis er ukendte, præget af stor spredning og langt fra hinanden; mindst ved lille kendskab, stor spredning og nærtliggende middellevetider.

## Resulterende faktiske middellevetider

Den beskrevne metode kan anvendes, hvor man for specifikke bygningsdele har baggrund for at vurdere faktorerne  $k_{\phi}$  og  $k_{\alpha}$ .

Der er for nuværende ikke noget erfarings- eller forskningsmæssigt grundlag for at vurdere  $k_{\phi}$  og  $k_{\alpha}$  bredt over alle bygningsdele, hvorfor de begge i det følgende sættes til 1,0. Den æstetiske levetids betydning for den faktiske levetid indlejres i vurdering af den tekniske levetid, og den økonomiske levetids betydning for den faktiske levetid indlejres i vurdering af den funktionelle levetid.

Den faktiske levetid for en bygningsdel fremkommer derfor som produktet af den mindste af den funktionelle og den tekniske middellevetid,  $MIN$ , samt en funktion  $F$ , der tager hensyn til de funktionelle og tekniske middellevetiders påvirkning af hinanden:

$$\text{Faktisk middellevetid} = MIN \times F$$

hvor  $F$  er en hyperbolsk funktion af  $MIN$  og  $MAX$ , som sættes til

$$F = 1 - \frac{3}{70 * MAX / MIN - 60}$$

idet parametrene tilnærmet er kalibreret således, at  $F = 0,7$ , når de to middellevetider er ens ( $MIN = MAX$ ), og  $F = 0,98$ , når  $MAX = 3 * MIN$ . Værdien af  $F = 0,7$ , når de to middellevetider er ens svarer til, at fordeling og spredning for de to levetider hverken er kendt eller ukendt, men skønsmæssigt midt imellem disse situationer. Grænseværdi for  $F$ , når  $MAX/MIN$  går mod uendelig, er 1.

I udtrykket betyder

$MIN$ :  $MIN\{\text{Funktionel middellevetid; Teknisk middellevetid}\}$

$MAX$ :  $MAX\{\text{Funktionel middellevetid; Teknisk middellevetid}\}$

Den beregnede faktiske middellevetid afrundes til nærmeste multipla af

- 5 for levetider under 30 år
- 10 for levetider mellem 30 år og 60 år
- 20 for levetider over 60 år.

De resulterende faktiske middellevetider fremgår på dette grundlag af Appendix G *Faktiske middellevetider for bygningsdele*.



# Anvendelse og udvikling af levetider

## Generelt om anvendelse af levetider

Bygningsdeles faktiske levetider til brug ved vurdering af bæredygtighed er i appendiks G angivet for kombinationer af bygningsdelsindeks og materialer. Hvor en sådan detaljering ikke skønnes relevant, kan anvendes middellevetider angivet ved betegnelsen 'Sum' i skemaet, som dækker over alle de indgående materialer i bygningsdelsindekset (grå felter).

Man skal imidlertid være opmærksom på at disse 'sum, beregnet'-levetider dækker over geometriske gennemsnit, hvor de indgående levetider vægtes lige meget, og at man i en given bygning meget vel kan have en overvægt af visse bygningsdelsindeks; fx indvendige forekomster af en bygningsdel med der af følgende lang levetid, og/eller en overvægt af visse materialer i en given bygningsdel, fx træ fremfor stål. Det kan være relevant at justere på den funktionelle levetid for en given bygningsanvendelse. I sådanne situationer må man anvende de grundlæggende referencelevetider og så angive mængder af bygningsdele og materialer, og derved opnå retvisende vægtede middel levetider.

Tabelværdier for afrundede faktiske levetider går til maksimal mulig funktionel middellevetid for bygningsanvendelserne i tabel 3; d.v.s. 120 år svarende til beboelse. For andre bygningsanvendelser vil levetiderne i princippet ikke være retvisende, da andre bygningsanvendelser må formodes at betyde andre funktionelle levetider. Tilnærmet vil man dog i mange tilfælde kunne afkorte bygningsdelenes levetider svarende til den pågældende bygningsanvendelses funktionelle middellevetid; fx 60 år for bygninger til fritidsanvendelse, jf. tabel 3.

For bygninger med en funktionel middellevetid på mere end 120 år må den resulterende middellevetid vurderes i hvert enkelt tilfælde. Tabelværdierne i appendiks G kan lægges til grund for denne vurdering.

Levetidstabellen beror på skøn over middellevetider, som i sagens natur dækker over meget vide variationer af standard, anvendelse m.m. Har man derfor bedre information om en given konkret bygningsdels faktiske eller planlagte levetid bør denne anvendes. Levetidstabellen kan således opfattes som en bruttotabel, hvorfra der kan hentes referencedata for faktiske levetider for bygningsdele, hvor man ikke har bedre information.

## Anvendelse af levetider ved miljøvurdering

Ved vurdering af miljøpåvirkning, LCA, for en bygning skal der anvendes en opgørelsesperiode. Det vil normalt være hensigtsmæssigt at vælge en opgørelsesperiode, som er lig med bygningens funktionelle middellevetid, se tabel 3. Bygningens levetid kan ikke være længere end levetiden for bygningsbasis og de primære bygningsdele. Hvis der derfor er valgt konstruktioner og materialer til bygningsbasis og de primære bygningsdele med en teknisk levetid kortere end bygningens funktionelle levetid, må den laveste af disse levetider anvendes.

Over opgørelsesperioden skal det i henhold til EN1578:2012 bestemmes, hvor mange hele gange en bygningsdel udskiftes under hensyntagen til bygningsdelens levetid. Man regner ikke med udskiftning af bygningsdele lige op til afslutningen af bygningens levetid, dog under hensyn til om det er bygningsdele med kort eller lang levetid. Der kan normalt ses bort fra udskiftning af bygningsdele, hvis de nye bygningsdele ikke kan forventes at få en levetid i den pågældende bygning på mere 1/3 af deres normalt forventede levetid i henhold til levetidstabellen. For bygningsdele med lang levetid dog mindst 10 år.

Normalt antages det, at nye bygningsdele har samme levetid, som de bygningsdele de erstatter. I praksis vil der ofte være sket en udvikling i de anvendte bygningsdele, fx mere holdbare materialer eller nye principper for opbygning af bygningsdelene.

## Anvendelse af levetider ved vurdering af totaløkonomi

Ved opgørelse af totaløkonomi, LCC, for en bygning skal der vælges en opgørelsesperiode. Det vil normalt være hensigtsmæssigt at vælge en opgørelsesperiode, som er kortere, end den der anvendes ved vurdering af miljøpåvirkninger i LCA. Der kan fx vælges en opgørelsesperiode, som svarer til løbetid for finansiering af byggeriet; fx 30 år. Omkostninger og eventuelle indtægter eller besparelser diskonteres over perioden til værdien ved starten af opgørelsesperioden. Ved slutningen af opgørelsesperioden indregnes restværdien af bygningsdelene i forhold til deres restlevetid.

## Anvendelse af levetider ved vurdering af energiøkonomi

Ved opgørelse af energiøkonomi for energimæssige tiltag i nyt byggeri kan der anvendes en forenklet levetidstabel, som kun indeholder de bygningsdele, der har betydning for energiforbruget. Et eksempel herpå er givet i tabel 6, som er udtrukket fra appendiks G.

For nogle få bygningsdele, fx vinduer med termoruder i ydervægge og solcelleanlæg, er der angivet en beregningsmæssig samlet levetid for enheden, for derved at kunne forenkle beregningen og ikke skulle underopdele bygningsdelen i delkomponenter ved bestemmelse af energiøkonomien. Levetiden for den samlede enhed er fastlagt som et vægtet gennemsnit af levetiden for delkomponenterne. For vinduer med termoruder i ydervægge er det vinduets karm og rammer henholdsvis termoruden. For solcelleanlæg er det solcellepaneler henholdsvis elektronik i inverteren. Levetider i tabel 6 er bestemt som et vægtet gennemsnit af faktiske levetider for relevante materialer, hvoraf bygningsdelen kan være opbygget; fx trævindue, træ-alu-vindue og plastvindue.

Tabel 6. Faktiske middellevetider for vurdering af energiøkonomi i nye bygninger.

ID	Bygningsdel	SfB indeks	Levetid [år]
1	Isolering i fundamenter og terrændæk	(12)4, (13)3	60
2	Isolering i ydervægge og kælderydervægge	(21)5, (24)4	60
3	Isolering i bærende konstruktioner i øvrigt	(25)2	60
4	Isolering i tagværk fx på loft, skunk eller fladt tag	(27)3	40
5	Vinduer i ydervægge	(31)4	50
6	Vinduer med termoruder i ydervægge, samlet for enheden	(31)4, (31)7	40
7	Ét lags glasruder	(31)4	50
8	Døre og porte i ydervægge	(31)2, (31)3	50
9	Vinduer og døre i kælderydervægge	(31)1	50
10	Solskærme og skodder	(31)5	30
11	Termoruder	(31)7	25
12	Ovenlys og tagvinduer	(37)2	30
13	Fjernvarme stikledninger	(50)5	40
14	Ledninger mm for jordvarme	(50)7	40
15	Varmtvandsbeholder, -veksler mm.	(53)1	30
16	Køleaggregater, -maskiner, varmepumper mm.	(55)1	20
17	Distributionsanlæg for køling	(55)2	30
18	Fordampere, køleflader, automatik mm.	(55)3	20
19	Kedler, varmeveksler, måler mm	(56)1	30
20	Distributionsanlæg for varme	(56)2	60
21	Gulvvarme plastrør	(56)2	40
22	Varmeflader, -ventilatorer, lokal regulering	(56)3	30
23	Ventilationscentraler, -aggregater mm	(57)1	25
24	Kanalsystemer og rør for ventilation	(57)2	50
25	Ventilationsarmaturer, spjæld, emhætter, taghætter mm.	(57)3	25
26	Belysningsanlæg og elvarme	(63)5, (63)6	25
27	Solcelleanlæg, samlet for enheden	(63)4	20
28	Elektronik og svagstrøm fx automatik, CTS og kommunikation	(64)1-3, (64)5	15

## Udvikling af levetidstabel

De anførte levetider i appendiks G kan med fordel løbende opdateres, når ny forskningsbaseret eller erfaringsbaseret viden tilsiger dette. Man kan her støtte sig til (ISO, 2006). Det vil være hensigtsmæssigt med en systematisk opsamling af faktiske levetider med registrering af de forhold, der afgør levetiden for en given bygningsdel.

Levetiderne afhænger blandt andet af bygningsdelens specifikke materiale-sammensætning, forarbejdning og produktionsprocesser. Disse vil i praksis være afhængig af leverandør, produktionssted, tilgængelige råstoffer m.m., og det kunne derfor være relevant at tilføje betydningen af produktions- og byggeprocessen.

De faktiske levetider vil i praksis variere over tid; dels fordi de tekniske levetider vil ændre sig i takt med at de faktorer, der bestemmer de tekniske levetider, vil ændre sig, fx nye og ændrede byggeprodukters entre i byggeriet, dels fordi den funktionelle levetid vil ændre sig med samfundets udvikling i det hele taget; fx demografiske og økonomiske forandringer. Det vil derfor være tilrådeligt at justere og supplere levetidstabellerne med jævne mellemrum; fx hvert 5. eller 10. år.

Det fremgår af appendiks G, at de funktionelle levetider i mange tilfælde er dominerende for den faktiske levetid. Det vil derfor styrke vurderingen de faktiske levetider at uddybe de socio-økonomiske analyser; herunder statistisk analyse af mønstre for nedrivning og ombygning, som indgår i vurderingen af de funktionelle levetider.

# Referencer

Aagaard, N.J., 2012: *Bygningsdeles levetid ved bæredygtighedsvurderinger*, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, unpubl. notat, 25. maj 2012.

Aagaard, N.J., Møller, E.B., de Place Hansen, E.J., 2012: *Levetider for bygningsdele omfattet af ejerskifteforsikring og huseftersynsordningen*, SBI (2012:05) Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Berthelsen, K. 2012: *Dokumentation for MTTF udregninger*, Notat, Institut for Matematik, Aalborg Universitet, unpubl. notat, 9. august 2012.

bips, 2006: *DBK 2006 resultatdomænet 2, Struktur og klassifikationstabeller for bygningsdele*. Det Digitale Byggeri.

Blach, K. og Christensen, G. 1974: *Ydeevne – Hvorfor, Hvordan?* (SBI-anvisning 94). Statens Byggeforskningsinstitut,

BPS, 1998: *Håndbog i miljørigtig projektering*, Byggeriets Planlægningssystem (BPS), Miljøstyrelsen.

Brown, N. et al., 2011: *Low Resource consumption Buildings and Constructions by use of LCA in design and decision making*, Report on Scenarios in Constructions, LoRe-LCA, Report D4.2, 4<sup>th</sup> draft, unpubl.

BUR, 1985: *Planlægning af driftsvenligt byggeri – en anvisning*, Byggeriets Udviklingsråd (BUR), København.

Byggecentrum, 1988: *BC/SfB-Bygningsdelstavle*, København.

Byggecentrum, 2011: *V&S Prisbog*, Ballerup. Lokaliseret 20130924 på <http://www.byggecentrum.dk/produktadgang/vs-prisdata-startside>

ByggForsk, 2010: *Intervaller for vedlikehold og udskiftning av bygningsdele*, Byggforskserien, Byggforvaltning 700.320 del I og II.

Cuneco, 2012: *Cuneco Classification System*, [www.cuneco.dk](http://www.cuneco.dk).

Dansk Byggeri, 2012: *Konjunkturanalyse update*, september 2012.

DGNB, 2012: *Excellence defined. Sustainable Building with a Systems approach*, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V., Berlin

EOTA, 1999: *Assumption of working life of construction products*, Guidance Document GD002, Guidelines for European Technical Approval, European Organization for Technical Approval (EOTA).

GI, 2011: *Levetider.dk*, Grundejernes investeringsfond, havn, [www.levetider.dk](http://www.levetider.dk).

GBCD, 2012: *Green Building Council Denmark*, [www.dk-gbc.dk](http://www.dk-gbc.dk), København.

- Hansen, M.H., Haugbølle, K. og Brandt, E., 2003: *Levetidsmodellering for bygningsdele*, By og Byg, upubliceret.
- HAPM, 1998: *HAPM Component Life Manual*, Housing Association Property Mutual (HAPM), HAPM Publications.
- Hovde, P.J., 2005: *The Factor Method – a simple toll to service life estimation*, Proc. 10th Int. Conf. on Durability of Building Materials and Components, Lyon, France, Proc. TT4-115.
- IEMB, 2009: *Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten*, Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin, Info-Blatt No. 4.2, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- ISO, 2006: *Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice*, ISO 15686-7:2008, International Standard Organization.
- ISO, 2008: *Buildings and constructed assets - Service life planning, Part 8: Reference service life and service-life estimation*, ISO 15686-8:2008, International Standard Organization.
- ISO, 2011: *Buildings and constructed assets - Service life planning, Part 1: General principles and framework*, ISO 15686-1:2011, International Standard Organization.
- Listerud, C.A. et al., 2011: *Service Life Estimation of Facades - Use of the Factor Method in Practice*, Proc. of 12th Int. Conf. on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal.
- Moser, K. 1999: *Towards the practical evaluation of service life – illustrative application of the probabilistic approach*, Proc. of 8th Int. Conf. on Durability of Building Materials and Components, (Ed.: M.A. Lacasse and D.J. Vanier), Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada, pp. 1319-1329.
- van Nunen, H. & Mooiman, A., 2011: *Improved service life predictions for better life cycle assessments*, World Sustainable Building Conference 2011, October 18-21, Helsinki.
- Thomson & van der Flier, 2010: *Upgrade or Replace? The effect of the EPBD on the choice between improvement or replacement*, Urban dynamics & housing change - Crossing into the 2nd Decade of the 3rd Millennium ENHR 2010, 22<sup>nd</sup> Int. Housing Research Conf., Istanbul.
- Vainio, T., 2011: *Renovation as a business opportunity*, 6th Nordic Conference on Construction Economics and Organization – *Shaping the Construction/Society Nexus*, Volume 3: Construction in Society (Ed.: Haugbølle et al.), pp. 653-664, Copenhagen.
- Vissering, C.L. et al., 2011: *Levensduur van bouwproducten. Methode voor referentiewaarden*, SBR, publ. 624.11, Rotterdam.
- Wolf, A.T. 2004: *Concepts for development of a service life prediction methodology for sealed building and construction joints – Review and roadmap for future research*, Journal of ASTM International, Vol. 1, No.3 pp. 385-398, (ASTM: American Society for Testing and Materials).

Wolf, M.A. et al., 2012: *The International Reference life cycle data system (ILCD) Handbook*, JRC Reference Report, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and sustainability.

# Appendiks A

## Bygningsdele

Tabel A1. Bygningsdele udvalgt af SfB Grundtavle 1 (Byggecentrum, 1988). Tilføjelser er markeret med + i højre kolonne. Øvrige bygningsdele og bygningsdelsindeks fra SfB Grundtavle 1 udgår.

SfB koder og navne for bygningsdele og bygningsdelsindeks				Ny
1	Bygningsbasis			
10	Bygningsbasis, terræn			
		(10)4	Pælefundamenter og brøndfundamenter	
		(10)5	Fundamenter i terræn	
12	Fundamenter, bygning			
		(12)1	Liniefundamenter	
		(12)2	Punktfundamenter	
		(12)3	Pladefundamenter	
		(12)4	Fundamenter, fugt- og varmeisolering	+
13	Terrændæk, bygning			
		(13)1	Terrændæk, kældre	
		(13)2	Terrændæk i terrænniveau	
		(13)3	Terrændæk, fugt- og varmeisolering	+
18	Bygningsbasis bygning, øvrige			
		(18)1	Kanaler under terræn	
		(18)2	Gruber og sumpe	
2	Primære bygningsdele			
20	Primære bygningsdele, terræn			
		(20)1	Sekundære bygninger	
		(20)2	Hegnsmure	
		(20)3	Støttemure	
		(20)4	Teknikgange i terræn inkl. rør-broer og tunneler	
		(20)5	Fodgængerbroer, viadukter mm	
		(20)6	Trapper og ramper i terræn	
21	Ydervægge			
		(21)1	Kælderydervægge	
		(21)2	Lyskasser	
		(21)3	Ydervægge	
		(21)4	Kælderydervægge, fugt- og varmeisolering	+
		(21)5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering	+
22	Indervægge			
		(22)1	Kælderindervægge	
		(22)2	Indervægge ekskl. kælderindervægge	
		(22)3	Skaktvægge, skorstensvanger, installations-skakte m.m.	
		(22)4	Skakte for elevatorer	
23	Dæk			
		(23)1	Kælderdæk og krybekælderdæk	
		(23)2	Etagedæk	
		(23)3	Tagdæk. Særlige dæk under opbyggede tage	
		(23)4	Tagdæk, fugt- og varmeisolering	+



SfB koder og navne for bygningsdele og bygningsdelsindeks			Ny
24	Trapper og ramper		
		(24)1	Kældertrapper, udvendige
		(24)2	Trapper udvendige
		(24)3	Trapper indvendige
		(24)4	Ramper udvendige
		(24)5	Ramper indvendige
		(24)6	Faste stiger
25	Bærende konstruktioner, øvrige		+
		(25)1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller)
		(25)2	Bærende konstruktioner, øvrige, fugt- og varmeisolering
26	Altaner og altangange		
		(26)1	Altaner og altangange, udkragede
		(26)2	Altaner og altangange, fritliggende
		(26)3	Altaner og altangange, påhængte
		(26)4	Altaner og altangange, fritstående
27	Tage		
		(27)1	Tagværker
		(27)2	Baldakiner og overdækninger
		(27)3	Tage, fugt- og varmeisolering
			+
28	Primære bygningsdele, bygning, øvrige		
		(28)1	Øvrige primære bygningsdele, bygning
			+
3	Kompletterende bygningsdele		
30	Kompletterende bygningsdele, terræn		
		(30)1	Komplettering, sekundære bygninger
		(30)3	Komplettering, trapper, ramper mm i terræn
31	Ydervægge, komplettering		
		(31)1	Kælderydervægge, kompletterende del (døre, vinduer m.m.)
		(31)2	Døre, ydervægge
		(31)3	Porte, ydervægge
		(31)4	Vinduer, ydervægge
		(31)5	Solskærme, skodder, gitre m.m.
		(31)6	Sålbænke, inddækninger m.m.
		(31)7	Termoruder og flerlagsruder mm
			+
32	Indervægge, komplettering		
		(32)1	Døre, indervægge
		(32)2	Vinduer, luger og lemme, indervægge
		(32)3	Bevægelige indervægge
		(32)4	Indfatninger, fodpaneler og fendere
33	Dæk, komplettering		
		(33)1	Opbyggede gulve
		(33)2	Svømmende gulve
		(33)3	Lemme, riste, måtterammer m.m.
		(33)4	Sokler til maskiner
34	Trapper og ramper, komplettering		
		(34)1	Gelændere og rækværker, udvendige
		(34)2	Gelændere og rækværker, indvendige
		(34)3	Riste, måtterammer m.m.

SfB koder og navne for bygningsdele og bygningsdelsindeks			Ny	
35	Lofter, komplettering			
		(35)1	Nedhængte lofter	
		(35)2	Påbyggede lofter	
36	Altaner			
		(36)1	Rækværker, brystninger	
37	Tage, komplettering			
		(37)1	Kviste m.m.	
		(37)2	Ovenlys og røglemme	
		(37)3	Solskærme til ovenlys	
		(37)4	Snefang, rækværker, afskærmninger m.m.	
		(37)5	Inspektionslemme, døre m.m.	
		(37)6	Tagudhæng, vindskeder, sternbrædder og inddækninger	
38	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige			
		(38)1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige	+
4	Overfladebygningsdele			
40	Belægninger, terræn			
		(40)1	Overflader, sekundære bygninger	
		(40)2	Stier, belægninger	
		(40)3	Veje, parkeringsarealer, belægninger	
		(40)4	Opholdsarealer, belægninger	
		(40)5	Sports- og havearealer, belægninger	
		(40)6	Trapper og ramper i terræn, overflader	
41	Udvendige vægoverflader			
		(41)1	Kælderydervægge, udvendige overflader	
		(41)2	Kælderydervægge, kompletterende dele, overflader	
		(41)3	Ydervægge, udvendige overflader	
		(41)4	Ydervægge, kompletterende dele, overflader	
42	Indvendige vægoverflader			
		(42)1	Indvendige vægoverflader	
		(42)2	Indervægge kompletterende dele, overflader	
43	Dæk og gulve, overflader			
		(43)1	Terrændæk, overflader	
		(43)2	Etagedæk, overflader	
44	Trapper og ramper, overflader			
		(44)1	Kældertrapper og kælderramper, udvendige, overflader	
		(44)2	Trapper, udvendige, overflader	
		(44)3	Trapper, indvendige, overflader	
		(44)4	Ramper, udvendige, overflader	
		(44)5	Ramper, indvendige, overflader	
45	Lofter, overflader			
		(45)1	Lofter, overflader	+
46	Altaner, overflader			
		(46)1	Altaner, oversider, overflader	+
		(46)2	Altaner, undersider, overflader	+
47	Tage, overflader			
		(47)1	Tage, overflader	+
48	Overflader bygning, øvrige			

SfB koder og navne for bygningsdele og bygningsdelsindeks			Ny	
		(48)1	Overflader bygning, øvrige	+
5	VVS-anlæg			
50	VVS-anlæg, terræn			
		(50)1	Afløb, stikledninger og overfladeafvanding	
		(50)2	Drænledninger	
		(50)3	Vand, stikledninger, brandhaner, vandposte	
		(50)4	Naturgas, stikledninger	
		(50)5	Fjernvarme, stikledninger	
		(50)6	Tanke for olie og gas	
		(50)7	Ledninger m.m. for jordvarme	+
51	Affald			
		(51)1	Affaldsanlæg	+
52	Afløb og sanitet			
		(52)1	Afløb under bygning (til nærmeste brønd eller ledning)	
		(52)2	Dræn under bygning (omfangsdræn)	
		(52)3	Faldstammer, afløbsskåle	
		(52)4	Tagrender og nedløb	
		(52)5	Forbrugsanlæg (vaske, vaskemaskiner mm inkl. armaturer for vand)	
53	Vand			
		(53)1	Forsyningsanlæg (målere, beholdere m.m.)	
		(53)2	Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.)	
		(53)3	Forbrugsanlæg (diverse aftapning)	
54	Luftarter			
		(54)1	Forsyningsanlæg (Kompressorer, målere, beholdere m.m.)	
		(54)2	Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.)	
		(54)3	Forbrugsanlæg (armaturer, gasradiatorer m.m.)	
55	Køling			
		(55)1	Forsyningsanlæg (aggregater m.m.)	
		(53)2	Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.)	
		(53)3	Forbrugsanlæg (fordampere, køleflader, regulering, automatik m.m.)	
56	Varme			
		(56)1	Forsyningsanlæg (kedler, varmevekslere, målere m.m.)	
		(56)2	Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.)	
		(56)3	Forbrugsanlæg (varmeblader, varmeventilatorer, lokal automatik og regulering m.m.)	
57	Ventilationsanlæg			
		(57)1	Forsyningsanlæg (ventilationscentraler m.m.)	
		(57)2	Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.)	
		(57)3	Forbrugsanlæg (armaturer, emhætter, aftrækshætter m.m.)	
58	VVS-anlæg, bygning, øvrige			
		(58)1	Sprinkleranlæg	
		(58)2	Vandrensingsanlæg	
		(58)3	Specialanlæg for væsker	
6	El- og mekaniske anlæg			
60	El- og mekaniske anlæg, terræn			

SfB koder og navne for bygningsdele og bygningsdelsindeks			Ny
	(60)1	Stikledninger udenfor bygningen	
	(60)2	Vej- og pladsbelysningsanlæg	
62	Højspændingsanlæg		
	(62)1	Forsyning	
	(62)2	Hovedfordeling	
	(62)3	Maskiner og maskinanlæg	
	(62)4	EI-tekniske anlæg	
	(62)5	Sekundære højspændingsanlæg	
63	Lavspændingsanlæg		
	(63)1	Forsyning	
	(63)2	Hovedfordeling	
	(63)3	Maskiner og maskinanlæg	
	(63)4	EI-tekniske anlæg	
	(63)5	Belysningsanlæg	
	(63)6	EI-varme	
	(63)7	EI-apparater	
64	Elektronik og svagstrøm		
	(64)1	Kommunikationsanlæg	
	(64)2	Dataanlæg	
	(64)3	Informationsanlæg	
	(64)4	Sikringsanlæg	
	(64)5	Proceskontrolanlæg	
66	Transportanlæg		
	(66)1	Elevatore	
	(66)2	Rullende trapper	
	(66)3	Transportbånd	
67	Mekaniske anlæg, øvrige		
	(67)1	Mekaniske anlæg, øvrige	+
68	EI-anlæg, bygning, øvrige		
	(68)1	EI-anlæg, bygning, øvrige	+

# Appendiks B

## Byggematerialer

Tabel B1. Byggematerialer udvalgt efter SFB Grundtavle 3 (Byggecentrum, 1988). Øvrige materialer fra Sfb Grundtavle 3 udgår.

SfB koder og navne for materialer				Kaldenavn anvendt i tabel
<b>e</b>	Natursten			
		e0	Natursten alment	Natursten, sum
<b>f</b>	Afbundne mørtler			
		f0	Afbundne mørtler, alment	Mørtler og beton, sum
		f1	Kalkmørtel	Kalkmørtel
		f2	Cementmørtel og beton	Beton
		f3	Terazzo (kunststen)	Terazzo
		f4	Porebeton	Porebeton
		f5	Let-tilslagsbeton	Letklinkerbeton
		f7	Gips	Gips
<b>g</b>	Ler, tørret og brændt			
		g0	Ler, brændt og tørret, alment	Tegl, sum
		g2	Brændt ler	Tegl
		g3	Glaseret brændt ler	Tegl glaseret
<b>h</b>	Metal			
		h0	Metal, alment	Metal, sum
		h1	Støbejern og smedejern	Jern
		h2	Stål, blødt stål	Stål
		h3	Stållegeringer (rustfrit stål)	Rustfrit stål
		h4	Aluminium	Aluminium
		h5	Kobber	Kobber
		h7	Zink	Zink
		h8	Bly	Bly
<b>i</b>	Træ			
		i0	Træ, alment	Træ, sum
		i1	Konstruktionstræ, styrkeklassificeret	Konstruktionstræ
		i2	Trælast uklassificeret	Træ uklassificeret
		i3	Ædle træsorter	Ædeltræ
		i4	Lamineret træ, limtræ og krydsfiner	Lamineret træ
		i5	Finer	Finer
<b>j</b>	Vegetabiliske og animalske materialer			
		j0	Vegetabiliske og animalske materialer, alment	Vegetabiliske materialer, sum
		j1	Træfibre, fx træfiberplader	Træfibre og træfiberplader
		j2	Papir og bølgepap	Papir og bølgepap
		j7	Træspåner, fx spånplader	Træspåner og spånplader
		j8	Træbeton	Træbeton
<b>m</b>	Uorganiske fibre			
		m0	Uorganiske fibre, alment	Uorganiske fibre, sum

SfB koder og navne for materialer			Kaldenavn anvendt i tabel	
		m1	Mineraluld	Mineraluld
n	Asfalt (bitumen), gummi, plast etc			
		n0	Asfalt (bitumen), gummi, plast etc, alment	Diverse materialer, sum
		n1	Asfalt (bitumen)	Asfalt
		n2	Imprægnerede fibre og filt	Fibre og filt
		n4	Linoleum	Linoleum
		n5	Gummi	Gummi
		n6	Plast og syntetiske fibre	Plast
		n7	Skumplast	Skumplast
o	Glas			
		o0	Glas, alment	Glas, sum
p	Tilslags- og fyldmateriale			
		p0	Tilslags- og fyldmateriale, alment	Tilslag og fyld, sum
		p1	Naturligt fyldmateriale, tilslagsmaterialer	Naturligt fyld og tilslag
v	Malerverer			
		v0	Malerverer, alment	Malerverer, sum

# Appendiks C

## Bygningsbestandens areal og alder

Tabel C1. Bygningsbestandens areal og alder for hele landet i 2011 efter anvendelse, Statistikbanken, december 2012.

Gruppe	Anvendelse	Etageareal [1.000 kvm]	Alder [år]
Beboelse	Stuehuse til landbrugsejendomme	25.882	104
	Parcelhuse	167.909	59
	Række-, kæde- og dobbelthuse	36.808	41
	Etageboligbebyggelser	85.018	69
	Kollegier	1.500	41
	Døgninstitutioner	4.450	44
	Anden helårsbeboelse	858	80
	Sum beboelse	322.425	63
Landbrug	Avls- og driftsbygninger	137.020	52
	Sum landbrug	137.020	52
Produktion	Fabrikker, værksteder o.l.	53.792	39
	El-, gas-, vand- og varmegærker	3.472	36
	Andre bygninger til produktion	4.240	38
	Sum produktion	61.504	39
Transport og handel	Transport- eller garageanlæg	5.882	37
	Bygninger til kontor, handel, lager, off. admin. o.l.	64.516	46
	Bygninger anvendt til hotel, restauration, frisør o.l.	6.437	67
	Uspecificeret transport og handel	1.408	37
	Sum Transport og handel	78.243	47
Institution	Bygninger anvendt til bibliotek, kirke, museum o.l.	4.883	82
	Bygninger anvendt til undervisning, forskning o.l.	21.017	51
	Bygninger anvendt til hospital, sygehus o.l.	4.124	53
	Bygninger anvendt til daginstitutioner	3.444	45
	Uspecificeret institution	1.361	62
	Sum Institution	34.829	55
Fritid	Sommerhuse	16.750	39
	Uspecificeret ferieformål	857	54
	Idrætshaller, klubhuse	6.174	34
	Kolonihavehuse	563	42
	Uspecificeret fritidsformål	1.995	48
	Sum Fritid	26.339	39
Uoplyst	Ikke-fordelt, uoplyst	307	
<b>Sum</b>		<b>660.667</b>	<b>56</b>

Tabel C2. Bygningsbestandens areal for hele landet i 2011 efter anvendelseskategorier og opførelsestidspunkt. Enhed: mio kvm.

Anvendelse	Opførelsestidspunkt, år																				Sum			
	1900-1904	1905-1909	1910-1914	1915-1919	1920-1924	1925-1929	1930-1934	1935-1939	1940-1944	1945-1949	1950-1954	1955-1959	1960-1964	1965-1969	1970-1974	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999		2000-2004	2005-2009	2010-2011
<b>Beboelse</b>	37	14	8	9	6	8	10	12	12	7	8	12	12	19	26	33	23	13	7	8	10	15	3	322
<b>Landbrug</b>	11	4	2	4	2	3	4	4	3	2	2	5	6	6	8	13	8	8	7	9	11	10	2	137
<b>Produktion</b>	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	5	6	6	6	4	7	4	4	3	1	61
<b>Transport og</b>	6	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	6	7	5	4	7	5	4	6	7	2	78
<b>Institution</b>	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	2	3	4	3	2	1	1	2	1	0	35
<b>Fritid</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	3	2	2	1	1	2	2	1	26
<b>Sum</b>	59	21	12	15	10	14	16	19	18	11	12	22	38	50	63	53	32	38	25	28	34	38	8	660
<b>Andel %</b>	9	3	2	2	1	2	2	3	3	2	2	3	6	8	10	8	5	6	4	4	5	6	1	100



# Appendiks D

## Nedrivningsrate og middel alder

I det følgende ses på udviklingen af bygningsbestand og gennemsnitlig alder over tid for en bygningsmasse på 100 % opført et givent år. De første  $x_1$  år røres ikke ved bestanden. Efter  $x_1$  år nedrives hvert år en andel på  $k_n$  af forrige års bygningsbestand.

Bygningsbestand  $b(x)$ :

$$b(x) = 100 \%, \text{ for } 0 \leq x \leq x_1,$$

$$b(x) = (1-k_n)^{(x-x_1)} * 100 \%, \text{ for } x_1 < x$$

Bygningsbestandens middelalder  $a(x)$ :

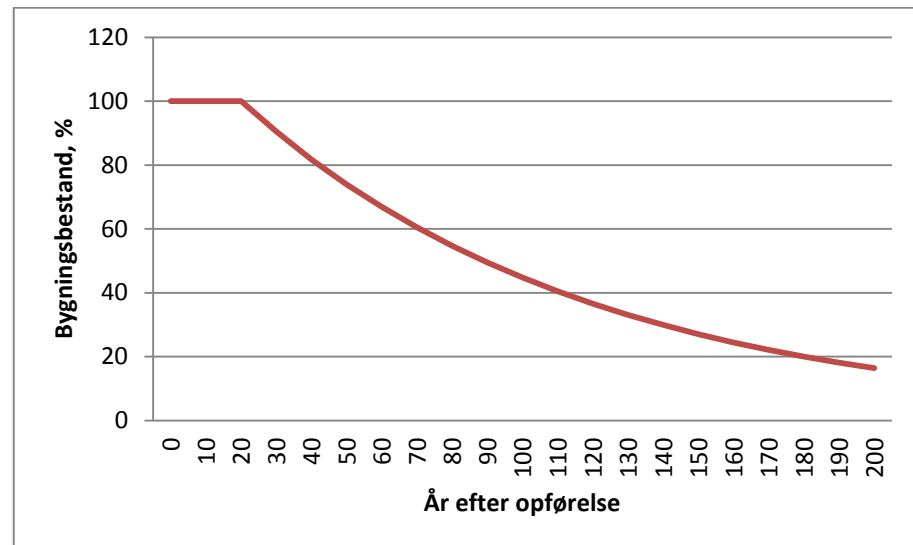
$$a(x) = x, \text{ for } 0 \leq x \leq x_1,$$

$$a(x) = a(x_1+n) = r^n * (x_1+n) + x_1 * (1-r^n) + (r/(1-r)) * (1-n * r^{(n-1)} + (n-1) * r^n), \text{ for } r = 1-k_n \text{ og } x_1 < x$$

$$a(x) \rightarrow (x_1 + r/(1-r)) = (x_1 + (1-k_n)/k_n) \text{ for } n \rightarrow \infty.$$

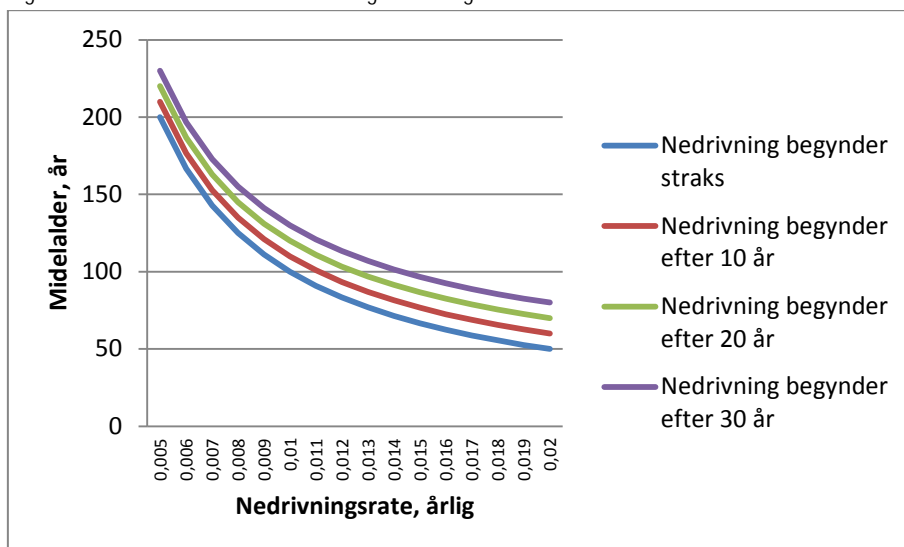
Eksempel på udvikling af bygningsbestanden over tid er vist i figur D1.

Figur D1. Bygningsbestand som funktion af år efter opførelse for årlig nedrivningsrate på 1 %, idet der ikke nedrives de første 20 år.



Udvikling af bygningsbestandens gennemsnitlige alder som funktion af nedrivningsraten er illustreret i figur D2. Udvalgte værdier af gennemsnitlig alder og nedrivningsrate er vist i tabel D1, idet der er lagt 1 år til beregnede værdier for at kompensere for gennemløbne år.

Figur D2. Middellalder som funktion af årlig nedrivningsrate.



Tabel D3. Gennemsnitlig alder for udvalgte årlige nedrivningsrater.

Nedrivning begynder efter opførelse, år	Nedrivningsrate årlig $k_n$			
	0,005	0,01	0,015	0,02
0	200	100	67	50
10	210	110	77	60
20	220	120	87	70
30	230	130	97	80

# Appendiks E

## Dokumentation af MTTF-udregninger

Kasper K. Berthelsen, kkb@math.aau.dk, 9. august 2012, 10:12

---

### Dokumentation for MTTF udregninger

Antag at de fire konkurrerende levetider  $X_1, \dots, X_4$  er statistisk uafhængige og har en fordeling med tæthedsfunktioner  $f_1, \dots, f_4$ . Hvis levetiden  $X_i$  er normalfordelte med middelværdi  $\mu_i$  og spredning  $\sigma_i$  der er

$$f_i(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu_i)^2}{\sigma_i^2}}$$

Den tilhørende fordelingsfunktion er  $F_i(x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt$ .

Den mindste levetide betegnes  $\tilde{X} = \min\{X_1, \dots, X_n\}$ . Fordelingen af  $\tilde{X}$  har tæthedsfunktion

$$\tilde{f}(x) = \prod_{i=1}^4 (1 - F_i(x)) \left( \sum_{i=1}^4 \frac{f_i(x)}{1 - F_i(x)} \right)$$

Middelværdien af  $\tilde{X}$  kan udregnes som

$$E[\tilde{X}] = \int_{-\infty}^{\infty} x \tilde{f}(x) dx.$$

Ligeses kan spredningen for  $\tilde{X}$  udregnes som

$$\sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x - E[\tilde{X}])^2 \tilde{f}(x) dx}.$$

Ovenfor antages de (marginale) fordelinger for  $X_1, \dots, X_4$  at være kendte og  $X_1, \dots, X_4$  antages at være statistisk uafhængige. I det følgende gøres ingen antagelser om statistisk uafhængighed eller om hvilken fordeling  $X_i$  følger. Ene- ste antagelse er, at middelværdi,  $\mu_i$ , og spredning,  $\sigma_i$ , er kendt for hver levetid  $X_i$ . I dette tilfældet er det muligt at finde en nedre grænse for middelværdien af mindste levetid,  $E[\tilde{X}]$ . Jvf. [1] findes denne nedre grænse som løsningen til følgende minimeringsproblem

$$\min_{z \in \mathbf{R}} \left( z + \sum_{i=1}^4 \frac{1}{2} \left[ \mu_i - z + \sqrt{(\mu_i - z)^2 + \sigma_i^2} \right] \right).$$

### Litteratur

- [1] Dimitris Bertsimas, Kahtik Natarajan, and Chung-Piaw Teo. Tight bounds on expected order statistics. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, 20:667–686, 2006.

## Appendiks F

### Vurderede tekniske og funktionelle middellevetider



SFB hoved-gruppe	SFB Bygningssdel, gruppe	SFB Bygningssdelsindeks	Levetids-faktor k		Funktional middellevetid	Teknisk middellevetid																																													
			Økonomi	Æstetik		Natursten	Kalkmergel	Beton, keramo og cementmergel	Porøbeton	Lutklinkerbeton	Gips	Tegl	Tegl glaseret	Metall alment	Jern, stal & rustfrit stal	Aluminium	Kobber	zink og bly	Konstruktionstræ	Træ uklassificeret	Ædeltræ	Lamineret træ og træerstat	Træsliberplader, træspån og spånplader	Papir, belægning og imprægneret pap	Træbeton og cementbundne fibre	Mineraluld	Asfalt	Fibre, filt og strå	Lineum og gummi	Plast og skumpplast	Glas	Naturlig tyk og tilslag	Maltevarer																		
						e0	f1	f2	f3	f4	f5	f7	g2	g3	h0	h1	h2	h3	h4	h5	h7	h9	i1	i2	i3	i4	i5	j1	j2	j6	m1	n1	n2	n4	n5	n6	n7	o0	p1	v0											
<b>1 Bygningsbasis</b>																																																			
	10 Bygningsbasis, terræn	(10)4 Pælefundamenter og brøndfundamenter (10)5 Fundamenter i terræn	1	1	120																																														
	12 Fundamenter, bygning	(12)1 Liniefundamenter (12)2 Punktfundamenter (12)3 Pladefundamenter (12)4 Fundamenter, fugt- og varmesolering	1	1	120																																														
	13 Terrændæk, bygning	(13)1 Terrændæk, kældre (13)2 Terrændæk i terrænniveau (13)3 Terrændæk, fugt- og varmesolering	1	1	120																																														
	18 Bygningsbasis bygning, øvrige	(18)1 Kanaler under terræn (18)2 Gruber og sumpe	1	1	100																																														
<b>2 Primære bygningsdele</b>																																																			
	20 Primære bygningsdele, terræn	(20)1 Sekundære bygninger (20)2 Hegnmure (20)3 Stettemure (20)4 Teknikgange i terræn inkl. rør-brøer og tunneler (20)5 Fodgængerbroer, viadukter mm (20)6 Trapper og ramper i terræn	1	1	50	150	150	80	150		80																																								
	21 Ydervægge	(21)1 Kælderydervægge (21)2 Lysekasser (21)3 Ydervægge (21)4 Kælderydervægge, fugt- og varmesolering (21)5 Ydervægge, fugt- og varmesolering	1	1	120	300																																													
	22 Indervægge	(22)1 Kælderingdervægge (22)2 Indervægge excl. Kælderingdervægge (22)3 Skakvægge, skorstensvinger, installationskakte mm (22)4 Skakte for elevatorer	1	1	120	300																																													
	23 Dæk	(23)1 Kælder dæk og krybekælderdæk (23)2 Etagedæk (23)3 Tagdæk. Særlige dæk under opbyggede tage (23)4 Tagdæk, fugt- og varmesolering	1	1	120	200																																													
	24 Trapper og ramper	(24)1 Kældertrapper, udvendige (24)2 Trapper udvendige (24)3 Trapper indvendige (24)4 Ramper udvendige (24)5 Ramper indvendige (24)6 Faste stiger	1	1	120	100																																													
	25 Bærende konstruktioner	(25)1 Bærende konstruktioner, øvrige (søiler, bjælker, rammer, skaller) (25)2 Bærende konstruktioner, øvrige, fugt- og varmesolering	1	1	120	300																																													
	26 Altaner og altangange	(26)1 Altaner og altangange, udkragede (26)2 Altaner og altangange, fritliggende (26)3 Altaner og altangange, påhængte (26)4 Altaner og altangange, fristående	1	1	120	80																																													
	27 Tage	(27)1 Tagværker (27)2 Baldakiner og overdækninger (27)3 Tage, fugt- og varmesolering	1	1	120	200																																													
	28 Øvrige primære bygningsdele, bygning	(28)1 Øvrige primære bygningsdele, bygning	1	1	120	200																																													
<b>3 Kompletterende bygningsdele</b>																																																			
	30 Kompletterende bygningsdele, terræn	(30)1 Komplettering sekundære bygninger (30)3 Komplettering trapper, ramper mm i terræn	1	1	50	200																																													
	31 Ydervægge, komplettering	(31)1 Kælderydervægge, kompletterende del (døre, vinduer mm) (31)2 Døre, ydervægge (31)3 Porte, ydervægge (31)4 Vinduer, ydervægge (31)5 Solskærme, skodder, gitre mm (31)6 Sålbenke, inddækninger mm (31)7 Termoruder og flerlagsruder mm	1	1	80	60																																													
	32 Indervægge, komplettering	(32)1 Døre, indervægge (32)2 Vinduer, indervægge (32)3 Bevægelige indervægge (32)4 Indfæjninger, fodpaneler og fendere	1	1	100	70																																													
	33 Dæk, komplettering	(33)1 Opbyggede gulve (33)2 Svømmende gulve (33)3 Lemme, riste, mætterammer mm (33)4 Sokler til maskiner	1	1	100																																														
	34 Trapper og ramper, komplettering	(34)1 Gelændere og rækværker, udvendige (34)2 Gelændere og rækværker, indvendige (34)3 Riste, mætterammer mm	1	1	100	100																																													
	35 Løfter, komplettering	(35)1 Nædhængte løfter (35)2 Påbyggede løfter	1	1	40																																														
	36 Altaner	(36)1 Rækværker, brystninger	1	1	100																																														
	37 Tage, komplettering	(37)1 Kviste mm (37)2 Overlys og røglømme (37)3 Solskærme til overlys (37)4 Snefang, rækværker, afskærmninger mm (37)5 Inspektionslemme, døre mm (37)6 Tagudhæng, vindskeder, sternbrædder og inddækninger	1	1	100																																														
	38 Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige	(38)1 Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige	1	1	100	100																																													
<b>4 Overfladebygningsdele</b>																																																			
	40 Belægninger, terræn	(40)1 Overflader, sekundære bygninger (40)2 Stier, belægninger (40)3 Veje, parkeringsarealer, belægninger (40)4 Opholdsarealer, belægninger (40)5 Sports- og havearealer, belægninger (40)6 Trapper og ramper i terræn, overflader	1	1	50	200																																													
	41 Udvendige vægoverflader	(41)1 Kælderydervægge, udvendige overflader (41)2 Kælderydervægge, kompletterende del, overflader (41)3 Ydervægge, udvendige overflader (41)4 Ydervægge, kompletterende dele, overflader	1	1	120	300																																													
	42 Indvendige vægoverflader	(42)1 Indvendige vægoverflader	1	1	80	500																																													



## Appendiks G

### Faktiske middellevetider for bygningsdele











Der foreligger ikke nogen national eller international standard med værdier for levetider af bygningsdele, og der foreligger meget få dokumenterede informationer om bygningsdeles levetider fra praksis. Formålet med denne rapport er derfor at vurdere den gennemsnitlige levetid for bygningsdele, som er relevant ved vurdering af bygningers bæredygtighed. Vurderingen er uvildig og gennemført på et overordnet fagligt grundlag. De skønnede levetider kan anvendes ved beregning af vedligehold og totaløkonomi i mærkning af bygningers bæredygtighed.

Der er videreudviklet på metode og vurderinger af levetider for bygningsdele omfattet af ejerskifteforsikring og huseftersynsordningen (SBI 2012:05).

1. udgave 2013  
ISBN 978-87-563-1586-9