

BUILD 2021:32

BUILD levetidstabel

Version 2021





BUILD LEVETIDSTABEL

Version 2021

Kim Haugbølle
Vania Mahdi
Martin Morelli
Haseebullah Wahedi

BUILD 2021: 32
BUILD, Aalborg Universitet
2021

TITEL	BUILD levetidstabel
UNDERTITEL	Version 2021
SERIETITEL	BUILD 2021: 32
UDGAVE	2
FORMAT	Digital
UDGIVELSEÅR	2021
UDGIVET DIGITALT	November 2022
FORFATTER	Kim Haugbølle, Vania Mahdi, Martin Morelli, Haseebullah Wahedi
SPROG	Dansk
SIDETAL	48
LITTERATURHENVISNINGER	Side 26
EMNEORD	Levetider, totaløkonomi (LCC), miljøvurdering (LCA), totalomkostning, service life planning, SfB
ISBN	978-87-563-2016-0
OMSLAGSILLUSTRATION	Kim Haugbølle
UDGIVER	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.anvisninger.dk

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

INDHOLD

FORORD	4
1 INTRODUKTION	6
1.1 Baggrund	6
1.2 Formål	7
1.3 Fremgangsmåde	7
2 METODER TIL BESTEMMELSE AF LEVETIDER	10
2.1 Deterministiske metoder	11
2.2 Stokastiske metoder	12
2.3 Heuristiske metoder	13
2.4 Opsummering	14
3 PRINCIPPER FOR NY LEVETIDSTABEL	16
3.1 Fortsat valg af SfB som klassifikationssystem	16
3.2 Ny bygningsklassifikation	17
3.3 Justeringer af eksisterende tabel, ikke nybrud	18
3.4 Nye aggregerede levetidstabeller	21
3.5 Sammensatte bygningsdele	21
3.6 Afvigelser og andre datakilder	23
3.7 Behov for styrket indsats	24
4 REFERENCER	26
BILAG 1 LEVETIDSTABEL FOR BYGNINGER	32
BILAG 2 LEVETIDSTABEL FOR HOVEDGRUPPER	35
BILAG 3 LEVETIDSTABEL FOR HOVEDBYGNINGSDELE	37
BILAG 4 LEVETIDSTABEL FOR BYGNINGSDELE	39

FORORD

Statens Byggeforskningsinstitut (nu en del af Institut for Byggeri, By og Miljø) udgav i 2012 og 2013 to rapporter om levetider af bygningsdele. Sidstnævnte rapport fra 2013 har bl.a. fundet anvendelse til brug for miljøvurderinger og totaløkonomiske vurderinger via de to værktøjer LCAbyg og LCCbyg, som Aalborg Universitet er ansvarlig for at udvikle.

I de forløbne år er der høstet en række erfaringer med brugen af levetidstabellen fra 2013, som giver anledning til en revision af levetidstabellen. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (nu Bolig- og Planstyrelsen) igangsatte derfor i 2019 et myndighedsprojekt med henblik på at videreudvikle levetidstabellen fra 2013.

Projektet er gennemført under projektledelse af seniorforsker, ph.d. Kim Haugbølle bistået af en intern arbejdsgruppe bestående af Nils Lykke Sørensen, Vania Mahdi, Martin Morelli, Haseebullah Wahedi, Kaspar Kjeldsen, Ernst Jan de Place Hansen, Harpa Birgisdottir, Freja Nygaard Rasmussen og Regitze Zimmermann. Projektet har været fulgt af en styregruppe med deltagelse fra Bolig- og Planstyrelsen (tidligere Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen) og BUILD.

Redaktionel note per november 2022: Levetiden for solceller opgjort under Sfb 63(4) Eltekniske anlæg af glas var ved en beklagelig fejl faldet ud af regnearket og dermed rapporten. Værdien er nu tilføjet til de relevante ark og figurer. Alle andre værdier er uændrede.

Deklaration af økonomiske interesser:

Rapporten er finansieret af og udarbejdet som led i BUILDs myndighedsbetjening af Bolig- og Planstyrelsen (tidligere Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen).

Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet
Sektion for Bygge- og Anlægsteknik og Proces
November 2021

Ruut Peuhkuri
Sektionsleder

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '1'.

1

INTRODUKTION

1 INTRODUKTION

1.1 Baggrund

Levetider for bygningsdele indgår som en betydningsfuld faktor ved livscyklusvurderinger (LCA) og beregninger af totaløkonomi (LCC). For at styrke udbredelsen af LCA og LCC og skabe grundlag for så retvisende beregninger som muligt er det derfor afgørende, at der er pålidelige, let tilgængelige og bredt anerkendte levetider tilgængelige for brugere af fx værktøjerne LCCbyg og LCAByg i form af en levetidstabel fra en uvildig institution.

Statens Byggeforskningsinstitut (nu en del af Institut for Byggeri, By og Miljø) udgav i 2012 og 2013 to rapporter om levetider af bygningsdele. Den første rapport fra 2012 (Aagaard et al., 2012) omhandler levetider for udvalgte velholdte bygningsdele omfattet af ejerskifteforsikringer og huseftersynsordning for boliger. Levetidstabellen omfatter tagdækning, undertagskonstruktion, vægkonstruktion, gulvkonstruktion og vandsystem.

Den anden rapport fra 2013 (Aagaard et al., 2013) er en videreudvikling af rapporten fra 2012 og vurderer den gennemsnitlige levetid for bygningsdele, som er relevante ved vurdering af bygningers bæredygtighed. Levetidstabellen er opbygget efter Sfb-systemet og omfatter en samlet levetidstabel for bygningsbasis, primære bygningsdele, kompletterende bygningsdele, overfladebygningsdele, VVS-anlæg og el- og mekaniske anlæg. Tabellen er ikke blevet opdateret siden 2013, og der har vist sig en række udfordringer med den bl.a.:

- Uklarhed om håndtering af sammensatte bygningsdele, idet der mangler "regler" for hvordan de forskellige levetider for de enkelte dele af en sammensat bygningsdel skal vægtes i forhold til hinanden.
- Ønske om at inddrage en række andre faktorer, f.eks. robust design til at forlænge de anførte levetider.
- Ønske om anvendelse af andre klassifikationssystemer eller vejledning i, hvordan de angivne levetider kan overføres til eks. BIM7AA og DFK.
- Uoverensstemmelse mellem de angivne levetider og aktuel praksis i visse bygningstyper, eksempelvis kontorer og hospitaler med hyppige ombygninger.
- Tabellen forholder sig hverken til eventuelle producentgarantier eller oplysninger fra EPD'er (Environmental Product Declaration), som må forventes spille en større rolle i fremtiden fx i forbindelse med den frivillige bæredygtighedsklasse eller Level(s) – EU's rapporteringssystem for bæredygtige bygninger.

Der er med andre ord en lang række uløste problemstillinger knyttet til den eksisterende levetidstabel, og dermed til en vigtig parameter i både LCC- og LCA-beregninger. Opdatering af levetidstabellen har været et ønske fra dele af branchen gennem en længere periode. Efterhånden som udbredelsen af LCA- og LCC-beregninger er vokset er behovet blevet mere markant. LCA og LCC forventer at indgå i en kommende frivillig bæredygtighedsklasse, som skaber yderligere behov for lettilgængelige og bredt accepterede levetider.

1.2 Formål

Formålet med dette projekt er at tilvejebringe en ny levetidstabel, som opdaterer og udvider den hidtidige levetidstabel fra SBI2013:30 (Aagaard et al., 2013). Den ny levetidstabel udvikles til fire forskellige detaljeringsniveauer, som kan dække forskellige brugergruppers behov for en stigende detaljeringsgrad gennem byggeprocessens faser. De fire levetidstabeller omfatter:

- Bygninger svarende til opdeling af bygningstyper i BBR.
- Hovedgrupper svarende til SfB-systemets hovedgrupper på øverste niveau fx (1) Bygningsbasis.
- Bygningsdelsgrupper svarende til SfB-systemets grupper fx (10) Bygningsbasis, terræn.
- Bygningsdele svarende til SfB-systemets bygningsdelsindeks opgjort efter materialevælg fx rækken (10)4 Pælefundamenter og brøndfundamenter.

De fire tabeller er vist i fire bilag bagerst i rapporten.

1.3 Fremgangsmåde

Arbejdet med at udvikle en ny levetidstabel har været gennemført i en lille arbejdsgruppe, som har afholdt et antal interne BUILD workshops i løbet af 2019-21 med forskere inden for områderne LCC, LCA, byggeteknik og digitalisering.

De primære aktiviteter i projektet har omfattet:

- Opdatering af vidensgrundlaget for levetidstabellen i rapporten SBI2013:30, herunder indledende screening af om de tidligere anvendte kilder i den mellemliggende periode er blevet opdateret, tilkomst af eventuelle nye videnskilder mv.
- Udarbejdelse af principper for levetidstabel, herunder afklaring af fx valg af klassifikationssystem.
- Udarbejdelse af levetidstabeller på fire forskellige detaljeringsniveauer.
- Udarbejdelse af dokumentationsrapport som tekstdokument og levetidstabel som regneark, der begge kan tilgås gratis via BUILDs forlag.

METODER TIL BESTEMMELSE AF LEVETIDER

2 METODER TIL BESTEMMELSE AF LEVETIDER

Bygninger er komplekse systemer, der består af konstruktioner, der igen er sammensat af byggematerialer og komponenter. Alle dele i bygninger forventes at have en given levetid, hvor alle deres funktioner opretholdes uden usædvanlig stor vedligeholdelse. Bygninger, materialer og komponenter starter en uundgåelig nedbrydning, når de tages i anvendelse, og vil over tid miste deres egenskaber.

Levetiden har stor økonomisk og miljømæssig betydning for byggesektoren, og er en nødvendig forudsætning for udførelse af LCC (life-cycle costing) og LCA (life cycle assessment) beregninger.

Oftentimes tales der om fire typer af levetider (Aagaard, 2012):

- *Teknisk* – hvor materialer og komponenter nedbyrdes over tid og ikke tilstrækkeligt opfylder den oprindelige funktion.
- *Funktionel* – hvor funktionen ikke længere er tidssvarende.
- *Økonomisk* – hvor vedligehold og reparation bliver for dyrt.
- *Æstetisk* – hvor forhold vedrørende mode og livsstil ikke modsvarer ønsker.

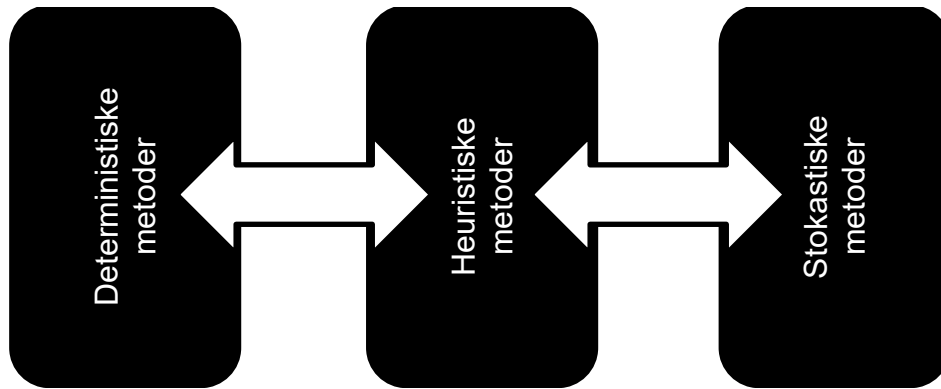
I praksis vil levetiden af en konstruktion, materiale eller komponent ofte være en kombination af de fire levetider, men vil ofte blive vurderet ud fra den tekniske levetid. I definitionen af metoder til bestemmelse af levetider, er det nødvendigt at forstå og indarbejde de maksimalt tilladelige nedbrydningsniveauer for de givne konstruktioner, materialer eller komponenter. Det betyder, at det skal bestemmes, hvornår levetiden ophører, og dette kriterie er ofte baseret på en subjektiv vurdering.

I det seneste årti er flere metoder for levetidsbestemmelse foreslået, men disse metoder er ofte behæftet med flere begrænsninger – især er forståelsen af nedbrydningsmekanismerne og hvordan de påvirker konstruktioner, materialer eller komponenter. Hovde (2004) beskriver, at levetidsbestemmelse af bygninger og bygningselementer kan være en kompleks og tidskrævende proces, hvor mange faktorer har indflydelse på resultatet. Det er fx illustreret i faktormetoden, DS/ISO 15686-1:2011 *Bygge- og anlægsaktiver – Levetidsplanlægning – Del 1: Generelle principper og rammer*, der forholder sig til syv faktorer, der påvirker den beregnede levetid.

Metoder til bestemmelse af levetider kan grupperes i tre hovedgrupper (Moser, 2004; Lacasse & Sjöström, 2004), og beskrives kort nedenfor, se figur 1):

- Deterministiske.
- Stokastiske.
- Ingeniør 'design' metoder.
-

En mere dybdegående forklaring med eksempler af metoderne kan findes i *Methodologies for Service Life Prediction of Buildings – with a focus on facade claddings* skrevet af Silva, Brito og Gaspar (2016). De tre metoder er tæt forbundet til forhold, der relaterer sig til nedbrydningsmekanismer af materialer og komponenter.



FIGUR 1. Sammenhæng mellem de forskellige metoder til levetidsbestemmelser. Heuristiske metoder kombinerer principperne i deterministiske og stokastiske metoder, hvor de deterministiske er mindre komplekse end de stokastiske.

KILDE: Tilpasset efter (Hovde, 2002).

2.1 Deterministiske metoder

De deterministiske metoder baserer sig på undersøgelser af faktorer, der påvirker nedbrydningen af fx materialer, forståelsen af nedbrydningsmekanismerne og deres omfangsbestemmelse omsat til en nedbrydningsfunktion. Det er vigtigt at kende nedbrydningen over tid, og hvornår det maksimalt tilladelige nedbrydningsniveau er nået for materialerne.

De deterministiske modeller er nemme at forstå og bringe i anvendelse, tiltrods for at bestemmelse af levetider for konstruktioner, materialer, komponenter er et komplekst fænomen, hvilket en deterministisk tilgang tager højde for. Flere forfattere (Paulo et al., 2014; (Hovde, 2000; Mc Duling et al., 2008) påpeger dog, at de deterministiske modeller er for simple fx ved at de angiver en absolut værdi for levetiden, og udelader informationer om nedbrydningsprocesser eller andre probabilistiske sammenhænge mellem nedbrydningsmekanismer.

De deterministiske modeller er bredt anvendt, og giver praktiske løsninger på problemstillinger. Dertil har de dannet grundlag for standarden om levetidsplanlægning af bygninger (DS/ISO 15686:2011). Inden for de deterministiske modeller findes flere analysemetoder for levetidsbestemmelsen og nedbrydningen, som kort omtales i det følgende.

2.1.1 Simpel regressionsanalyse (lineær and non-lineær)

Simpel regressionsanalyse anvendes typisk til at beskrive forholdet mellem variable, fx hvordan variabel x påvirker variabel y , eller hvordan effekten af x på y modificeres af z . I en levetids sammenhæng kan det eksemplificeres ved, hvordan nedbrydningen (y) udvikler sig over tiden (x), og hvordan egenskaberne af fx en konstruktion (z) påvirker denne variation. Regressionsanalyse kan anvendes til at forudsige en virkelighed og forsøge at forudsige en adfærd for en afhængig variabel baseret på viden om en eller flere uafhængige variable. I nogle tilfælde anvendes regressionsanalyse til en matematiske sammenhæng af tilgængelig data, i stedet for at forudsige en adfærd.

2.1.2 Multipel lineær regressionsanalyse

Multipel lineær regressionsanalyse kan ses som en forlængelse af simple lineær regressionsanalyse, men indeholder mere end en uafhængig variabel. Det betyder, at multipel lineær regression er i stand til at håndtere et vilkårligt antal uafhængige variable. Til forudsigelse af levetiden, er det relevant at overveje, hvilke parametre der påvirker holdbarheden af

bygningskomponenter, og i hvilken grad de påvirker. Ved brug af multiple lineær regression som forudsigelsesmetode af levetiden skal metoden være i stand til at skelne de signifikante variable fra de mindre signifikante (Martin et al., 1996).

2.1.3 Multipel ikke-lineær regressionsanalyse

Simpel og multipel lineære regression og polynomier er de funktioner, der oftest anvendes til forudsigelse af levetiden for bygningselementer. Nedbrydningen af elementerne er imidlertid ofte bedst repræsenteret af andre udtryk. Multipel ikke-lineær regression er en udvidelse af multipel lineær regression og bruger en ikke-lineær funktion i tilnærmelsen mellem modellen og dataene til fx bestemmelse af nedbrydningen. I de fleste tilfælde har ikke-lineære modeller vist sig at være effektive til modellering af nedbrydningsfænomenerne (Gallant, 1975; Motulsky & Ransnas, 1987).

2.2 Stokastiske metoder

I levetidsbestemmelse prøver metoderne at forudsige, hvornår det er nødvendigt at vedligeholde eller udskifte fx bygningsdele. Nedbrydning er imidlertid en kompleks og dynamisk proces, der er behæftet med en del usikkerheder. Nedbrydningen kan ses som en kontinuerlig proces med tab af ydeevne, som udvikler sig sandsynligt over tid. Derfor er bestemmelsen af levetider behæftet med en ikke ubetydelig usikkerhed, især hvis konstruktioner, materialer eller komponenter ikke har haft været på markedet i tilstrækkelig lang tid. Derfor anvendes ofte stokastiske modeller til bestemmelse af levetider, hvor der kan tages højde for variationer i fx nedbrydningen. Nedbrydningsmekanismerne og faktorerne der påvirker konstruktioner, materialer og komponenter, kan dermed defineres ud fra nedbrydningskurver (Ross, 1996; Moser, 2003).

Ulempen ved de stokastiske modeller er deres ofte store kompleksitet og enorme opsamling af data, for at opnå en tilfredsstillende repræsentation af prøver. Det omfattende arbejde er ofte ikke muligt på grund af begrænsninger i tids og økonomi (Re Cecconi, 2002).

2.2.1 Logistisk regression

Statistiske modeller gør det muligt at etablere et empirisk forhold mellem variabler gennem estimering af parametre, hvis statistiske gyldighed kan testes. Er data på en form, hvor der ikke er en kontinuerlig afhængig variabel, men eksempelvis en binær afhængig variabel, kan logistisk regression anvendes. Formålet er at analysere sandsynligheden for, at hvert case-studie når slutningen af dets levetid. I denne situation, er der "succes", når et casestudie har nået slutningen af sin levetid ($Y = 1$), og "fiasko" i den modsatte situation ($Y = 0$). Ved hjælp af denne metode er det muligt at relatere målvariablen med andre variabler, såsom alder, miljøeksponering, egenskaber og kvaliteten af de materialer, der anvendes.

2.2.2 Markov-kæder

Markov-kæder er en metode, der stokastisk evaluerer fx bygningselementets fremtidige tilstand. Markov-kæder kan bruges til at efterligne udvikling af nedbrydningsstilstanden for bygningselementer, der beskriver sandsynligheden af en fremtidig tilstand, der kun er baseret på den nuværende tilstand uafhængigt af tidligere forværringshistorie (Parzen, 1962; Neves et al., 2006). Markov-kæder har med succes været anvendt til at modellere forringelsestilstanden i broer, i optimering af vedligeholdelsesplaner (Lounis & Vanier, 2000; Lacasse et al., 2008) og i levetiden for bygningskomponenter (Mc Duling, 2006). Markov-kæder er i stand til at beskrive tilfældigheden forbundet med bygningers ydeevne og kan også bruges i beslutningsprocesser vedrørende systematisk udskiftning af bygningskomponenter (Augenbroe & Park, 2002).

2.3 Heuristiske metoder

Heuristiske metoder (engineering models, eller ingeniørmetoder) er et samspil mellem de deterministiske og stokastiske modeller. De kombinerer den lette tilgang, forståelse og implementering fra de deterministiske modeller med en stokastisk beskrivelse af nedbrydningsmekanismerne (Re Cecconi, 2002). Sædvanligvis besidder de heuristiske metoder en acceptabel grad af kompleksitet og er omsat ved brug af probabilistiske informationer, hvilket giver simple deterministiske ligninger.

Ifølge Daniotti & Spagnolo (2008) kan heuristiske metoder bruges til at identificere nedbrydningsfænomenerne på en mere analytisk måde. Metoderne muliggør implementering af denne information i designfasen eller etablere en metodisk planlægning af vedligeholdelse.

2.3.1 Failure mode and effect analysis

FMEA-metoden (Failure Modes and Effects Analysis) var oprindeligt udviklet af luftfartsindustrien og anvendes sjældent i byggesektoren (Lair, 2003). Metoden kan anvendes i byggesektoren til at opnå en komplet liste over svigtmekanismer og årsagen hertil (Talon et al., 2005). FMEA-metoden kan kombineres med en systematisk opsamling af svigt og årsager, men kan for nyere konstruktioner, elementer og komponenter benyttes med en subjektiv tilgang, fx har Morelli & Svendsen (2012) anvendt metoden på etageboliger med træbjælkelag og indvendig efterisolering. Konklusionen var, at metoden ikke nødvendigvis bidrog til meget ny viden, og metoden kræver desuden yderligere analyser af svigt for at vurdere levetiden af konstruktionen, dog bliver mulige svigt systematisk vurderet.

2.3.2 Performance Limit method

Performance Limits (eller limit states design) er metoder kendt fra konstruktionsingeniører, og anvendes til at evaluere holdbarheden af bygningskomponenter ved at udføre simuleringer af ydeevnen over tid. I metoderne evalueres nedbrydningsfænomener ved en række hændelser beskrevet ved aktører (agents), handlinger (actions), effekter (effects) og nedbrydning (deterioration) (ISO 13823:2008; Daniotti & Spagnolo, 2008). Normalt evalueres konstruktioner i forhold til, hvornår der sker et statisk brud, men i de seneste år, er der arbejdet med anvendelse af limit states design i forbindelse med holdbarhed af klimaskærmen, hvor det typiske er fugtrelaterede problemer. Her er vurderingskriteriet ikke statisk brud, men fx skimmelsvampetvækst (Morelli & Lacasse, 2017). Limit states metoderne kræver et klart kendskab til, hvornår konstruktioners, materialers og komponenters ydeevne er overskredet, og der dermed må forventes et stort vedligehold for at opretholde levetiden. Publikationen *Guideline on Design for Durability of Building Envelopes* Lacasse et al., (2018) er et godt bud på, hvordan metoden kan anvendes.

2.3.3 Faktormetode med stokastisk vinkel

Under de deterministiske metoder blev nævnt, at de havde dannet grundlag for faktormetoden (DS/EN 15686:2011). Faktorerne, der har indflydelse på bestemmelsen af levetiden, bør baseres på probabilistiske funktioner fx normalfordeling frem for absolutte værdier (Moser, 1999; Aarseth & Hovde, 1999; Moser, 2004). Denne tilgang til faktormetoden kombinerer det enkle fra de deterministiske med det mere komplekse ved de stokastiske metoder, hvorved der ikke nødvendigvis opnås kun en absolut beregnet levetid, men et interval for levetiden.

2.4 Opsummering

Der findes flere metoder til bestemmelse af levetider for bygningskonstruktioner, materialer og komponenter. De tre overordnede metoder tilgår levetidsbestemmelsen på forskellige måde med mindre eller større grad af probabilistisk tilgang. For hver af de overordnede metoder er der igen forskellige metoder, som relaterer sig til nedbrydningsprocessen eller bestemmelsen af graden af nedbrydning, der opstår i konstruktionen over tid.

Udfordringerne i levetidsbestemmelse er blandt andet at kunne bestemme, hvornår ydeevnekravene for fx en sammensat konstruktion er overskredet, og der dermed opstår et øget behov for vedligeholdelse. Især er det udfordrende, da denne tilgang typisk baseres på en tekniske levetid, mens bør forholdes til funktionel, økonomisk og æstetisk levetid.

Vurderingen af bygningsselementers nuværende og fremtidige tilstand er forbundet med en stor grad af usikkerhed, og hvis denne skal minimeres, kræver det et stort datagrundlag for nedbrydningsmekanismer. For nye konstruktioner, materialer eller komponenter er denne viden umulig at opnå, og derfor er især nye løsninger forbundet med større usikkerhed end kendte løsninger.

Til levetidsbestemmelse vurderes det mest hensigtsmæssigt at anvende de heuristiske metoder (ingeniør 'design' metoderne), der kombinerer den let anvendelige deterministiske tilgang med de mere komplekse stokastiske betragtninger på nedbrydningsprocesserne, hvor der tages højde for faktorerne variation. Ved anvendelse af fx limit states metoder kan der anvendes en systematisk tilgang kombineret med simuleringer af de påvirkninger, som konstruktioner, materialer og komponenter udsættes for, og endeligt kan forholdene i konstruktionerne vurderes op mod materialernes nedbrydningsmekanismer. I disse metoder vil det også være relativt let at implementere de klimaforandringer, der forventes i fremtiden.

PRINCIPPER FOR NY LEVETIDSTABEL

3 PRINCIPPER FOR NY LEVETIDSTABEL

Opdateringen af den nuværende levetidstabel tager udgangspunkt i de samme principper, som de er nøjere beskrevet i SBI2013:30 (Aagaard et al., 2013). Denne opdaterede og udvidede version af levetidstabellerne er baseret på en række supplerende principper, som kortfattet vil blive gennemgået i det følgende. Principperne omfatter følgende:

- Fortsat valg af SfB som klassifikationssystem.
- Ny bygningsklassifikation med større detaljeringsgrad.
- Justeringer af eksisterende tabel, ikke nybrud.
- Nye aggregerede levetidstabeller.
- Sammensatte bygningsdele.
- Afvigelser og anvendelse af andre datakilder.
- Behov for styrket indsats – igangsættelse af større levetidsprojekt.

3.1 Fortsat valg af SfB som klassifikationssystem

Valget af klassifikationssystem i forhold til opgørelse af levetider er et centralt valg af flere grunde. For det første bør det eller de anvendte klassifikationssystemer have bred anvendelse i byggeriet for at fremme anvendelsen af levetidstabeller. Trods mangeårige bestræbelser på at harmonisere brugen af klassifikationssystemer anvendes flere forskellige klassifikationssystemer anvendes i varierende grad i dansk byggeri. I prioriteret rækkefølge anvendes klassifikationssystemerne SfB, BIM7AA, DFK og CCS, men med store forskelle i anvendelsen mellem byg- og driftsherrer, arkitekter, ingeniører og entreprenører. Det er dog samtidig bemærkelsesværdigt, at mere end halvdelen af respondenterne i SBI's survey enten ikke anvender et klassifikationssystem eller ved hvilket system, som de anvender (Sørensen & Gottlieb, 2018).

For det andet er klassifikationssystemerne ikke direkte sammenlignelige trods overlap mellem systemerne og diverse forsøg på at lave mappingtabeller mellem flere af systemerne som fx mellem SfB og DFK (se fx Landsbyggefonden, 2013). Forskelle i klassifikation kan imidlertid potentielt give forskelle i beregninger af LCC og LCA grundet forskellen i levetider for bygningsdele. Eksempelvis skelner BIM7AA ikke mellem materialer eller placering (indvendig/udvendig), som det fx ses i SfB. Da levetiden af en bygningsdel bl.a. afhænger af om den er placeret indendørs eller udendørs, vil der principielt være forskel i resultaterne af LCC- og LCA-beregninger, afhængigt af om man anvender SfB eller BIM7AA som klassifikationssystem. Hvor stor denne afvigelse i praksis vil være for de mest almindeligt forekommende bygningsdele og kombinationer heraf har det ikke været muligt at undersøge nærmere i dette studie.

For det tredje er klassifikationssystemerne generelt ikke født med levetidsdata, idet der ikke har været en fælles brancheindsats rettet mod at etablere alment accepterede levetidsdata for de forskellige klassifikationssystemer. SBI2013:30 har som en af de få kilder etableret en levetidstabel baseret på SfB, mens hverken BIM7AA, DFK eller CCS har etablerede levetidstabeller. Andre bredt anvendte danske datakilder omfatter især abonnementsløsningen Molio Prisdata, som indeholder levetider for bygningsdele med krydsreferencer til diverse klassifikationssystemer og fælles kodning af bygningsdele. Imidlertid er den underlig-

gende database i sin kerne inspireret af SfB, men reelt struktureret efter en pragmatisk opbygning af bygningsdele over en lang periode, som har afspejlet brugernes behov for data fx om sammensatte bygningsdele, der ikke findes i SfB-systemet.

Konklusionen på ovenstående betragtninger er, at udgangspunktet for opdateringen af levetidstabellen i SBi2013:30 er SfB-systemet, fordi systemet både er robust og tilsyneladende fortsat er det mest udbredte klassifikationssystem. I den ideelle verden arbejdede alle byggeriets parter ud fra ét harmoniseret klassifikationssystem, men i praksis opererer indtil flere forskellige klassifikationssystemer side om side, som påpeget af Sørensen & Gottlieb (2018). Det vil sandsynligvis også gøre sig gældende en rum tid fremover. Udvikling af levetidstabeller til andre udbredte klassifikationssystemer vil derfor være ønskeligt. Det er imidlertid meget ressourcekrævende at opbygge, vedligeholde og skifte mellem flere forskellige levetidstabeller for både systemejere af levetidstabellerne og for brugerne af levetidstabellerne. Der udestår således et større arbejde med at afklare, om der er sket eller forventes at ske ændringer i anvendelsen af forskellige klassifikationssystemer, at udvikle levetidstabeller for de mest udbredte klassifikationssystemer i samarbejde med relevante aktører fx Landsbyggefonden for DFK og at afdække afvigelser i beregningsresultater for LCC og LCA ved anvendelse af forskellige klassifikationssystemer.

3.2 Ny bygningsklassifikation

I foråret 2020 udkom en ny opdateret bygningsklassifikation for Bygnings- og Boligregisteret (BBR), som indebærer to væsentlige ændringer (Bygnings- og Boligregisteret, 2020):

- De brede samlekategorier (fx "bygninger til kontor, handel, lager osv.") udfases.
- Opdeling i flere nye bygningskategorier.

SBi2013:30 indeholder en levetidstabel med fem grupper af bygningstyper med samme forventede levetid og en samlet kategori for alle bygninger under ét. I denne version fastholdes de samme levetider grundlæggende for de respektive bygningskategorier, som de kendes fra SBi2013:30. Til gengæld anfører denne udgave af levetidstabellen eksplicit levetiderne for hver enkelt bygningskategori med direkte reference til BBR-koderne. Det betyder således, at brugeren af levetidstabellen på enkel vis direkte kan slå en levetid op ved at anvende BBR-koden eller bygningskategorien.

Der foreligger ganske få studier af hele bygningers levetider. I dansk kontekst har Østergaard et al. (2018) baseret på Lyngsø (2017) kandidatspeciale analyseret levetiden af bygninger ved hjælp af registerdata fra BBR-registeret. Studiet analyserer levetiden af de bygninger, som nedrives. Lyngsø (2017) konkluderer den gennemsnitlige levetid af alle bygningsobservationerne til at være ca. 78 år, hvilket i forhold til andre udenlandske studier er noget længere (Østergaard et al., 2018). Konklusionen i dette studie afviger således betragteligt fra den gennemsnitlige levetid, som anslås i SBi 2013:30. Det bør imidlertid bemærkes, at studiet lider under en stærk metodemæssig svaghed som følge af selektionsbias. Studiet medtager således alene nedrevne bygninger og ignorerer således, at den resterende del af bygningsmassen – som udgør langt den største andel – fortsat bliver et år ældre for hvert år, der går. Den nye levetidstabel tager derfor fortsat udgangspunkt i SBi 2013:30 med følgende tilføjelser og ændringer:

- Anneks i tilknytning til helårsbolig er indplaceret med en levetid svarende til sekundære bygninger dvs. med en levetid på 40 år.
- Bygningstyper med nye detaljerede koder er indplaceret med en levetid svarende til de tidligere hovedgrupper fx 211 Stald til svin er indplaceret svarende til bygning til erhvervmæssig produktion vedrørende landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri med en levetid på 40 år.

- Bygningskode 323 Bygning til lager hører til under kategorien Bygninger i forbindelse med kontor, handel og lager, som generelt har en levetid på 80 år. Det vurderes imidlertid, at nye lagerbygninger sædvanligvis bygges med et snævert anvendelsesformål for øje og dermed med en væsentlig kortere levetid svarende til avls- og driftsbygninger i landbruget, dvs. med en levetid på 40 år.
- Bygningskode 325 Tankstation vurderes at have en levetid svarende til transportanlæg med en levetid på 60 år.
- Bygningskode 416 Forlystelsespark vurderes at have en levetid svarende til andre publikumsorienterede bygningstyper eksempelvis tribuner, dvs. en levetid på 60 år.
- Bygningskode 532 Svømmehal forventes at have en levetid svarende til øvrige idræts- og multihaller, dvs. en levetid på 100 år.
- Bygningskode 535 Bygning til heste vurderes at have en levetid svarende til avls- og driftsbygninger i landbruget, dvs. en levetid på 40 år.
- Bygningskode 539 Anden bygning til idrætsformål vurderes at have en levetid svarende til andre sekundære bygninger, dvs. en levetid på 40 år.
- Bygningskoderne 970 Tiloversbleven landbrugsbygning, 990 Faldefærdig bygning og 999 Ukendt bygning vurderes ikke at være relevante.

Den ny tabel tager ligesom den forrige udgangspunkt i, at en bygning er monofunktionel og ikke skifter funktion under sin levetid. Hvis det ikke er tilfældet, anbefales det at anvende følgende to principper til fastlæggelse af en levetid.

Det første princip gælder for multifunktionelle bygninger, som anvendes til flere funktioner fx et indkøbscenter, som også rummer boliger og kontorer eller en ejendom med butikker i stueplan og boliger eller kontorer på de øvrige etager. I dette tilfælde opgøres levetiderne separat for hver af de relevante bygningstyper, dvs. bygning til detailhandel, bygning til kontor og etagebolig.

Det andet princip gælder for transformation af bygninger fx fra industri til boliger. Ved transformation anbefales det at anvende den relevante levetid for den kommende anvendelse af bygningen efter transformation. Det bør nøje overvejes i det enkelte tilfælde om og i hvor høj grad, at det er nødvendigt med et fradrag i levetiden for den nye anvendelse baseret på den hidtidige anvendelse af bygningen og bygningens tilstand. Det er imidlertid ikke et område, som er nærmere undersøgt videnskabeligt, og der foreligger derfor ikke robuste retningslinjer for opgørelse af restlevetider.

3.3 Justeringer af eksisterende tabel, ikke nybrud

Den eksisterende levetidstabel i SBI2013:30 har efterhånden været anvendt til mange LCC- og LCA-beregninger, som bl.a. anvendes til fastlæggende af tærskelværdier i DGNB-certificering mv. Et særligt opmærksomhedspunkt har derfor hvilken effekt nye principper og værdier for levetider kan få på beregninger af resultater i LCAbyg og LCCbyg.

Ændrede principper og værdier for levetider kan føre til ændringer i beregninger af resultater i LCAbyg og LCCbyg, som skaber databrud i forhold til tidligere beregninger og potentielt undergraver tilliden til beregningerne. Intentionen er derfor at undgå at lave radikale ændringer i den oprindelige 2013-tabel, indtil der foreligger et mere solidt videnskabeligt grundlag og et mere gennearbejdet forslag til en ny levetidsmodel. Resultatet af arbejdet vil derfor være mindre opdateringer af den eksisterende tabel fra SBI2013:30 for bygningsdele.

Der er dog behov for at ændre eller tilføje levetider for visse bygningsdele. Ændringerne heraf bygger på erfaringer opsamlet af AAU BUILD siden 2013 gennem tekniske forespørgsler til de to værktøjer LCAbyg og LCCbyg, kursusaktiviteter og overensstemmelsesvurdering i regi af DGNB-certificering af bygninger.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 1 Bygningsbasis:

- (12)4 Fundamenter, fugt- og varmeisolering: Tilføjet plast og skumplast (for EPS) med levetid på 80 år.
- (13)3 Terrændæk, fugt- og varmeisolering: Tilføjet plast og skumplast (for EPS) med levetid på 80 år.
- (13)1 Terrændæk, kældre: Tilføjet konstruktionstræ med levetid på 100 år.
- (13)2 Terrændæk i terrænniveau: Tilføjet konstruktionstræ med levetid på 100 år.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 2 Primære bygningsdele:

- (20)1 Sekundære bygninger: Tilføjet konstruktionstræ med levetid på 30 år.
- (20)1 Sekundære bygninger: Tilføjet ædeltræ med levetid på 40 år.
- (20)2 Hegsmure: Ændret konstruktionstræ til levetid på 30 år.
- (21)3 Ydervægge: Tilføjet ædeltræ med levetid på 120 år.
- (21)3 Ydervægge: Tilføjet lamineret træ og finér med levetid på 100 år.
- (21)4 Kælderydervægge, fugt- og varmeisolering: Hel række er tilføjet med levetider for mineraluld, asfalt samt plast og skumplast med samme værdier som ydervægge.
- (22)2 Indervægge ekskl. kælderindvægge: Tilføjet ædeltræ med levetid på 120 år.
- (22)2 Indervægge ekskl. kælderindvægge: Tilføjet lamineret træ og finér med levetid på 100 år.
- (23)3 Tagdæk, særlige dæk under opbyggede tage: Tilføjet ædeltræ med levetid på 120 år.
- (23)3: Tagdæk, særlige dæk under opbyggede tage: Tilføjet lamineret træ og finér med levetid på 120 år.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 3 Kompletterende bygningsdele:

- (33)1 Døre, indervægge: Tilføjet plast med en levetid på 40 år.
- (33)2 Vinduer, indervægge: Tilføjet plast med en levetid på 60 år.
- (37)6 Tagudhæng, vindskeder, sternbrædder og inddækninger: Ændret levetid for konstruktionstræ fra 80 år til 30 år.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 4 Overfladebygningsdele:

- (43)1 Terrændæk, overflader: Tilføjet fibre og filt med en levetid på 10 år svarende til gulvtæppe med luv af uld (Laursen et al., 2006).
- (43)1 Terrændæk, overflader: Tilføjet plast og skumplast med en levetid på 15 år svarende til gulvtæppe med luv (Laursen et al., 2006).
- (43)2 Etagedæk, overflader: Tilføjet fibre og filt med en levetid på 10 år svarende til gulvtæppe med luv af uld (Laursen et al., 2006).
- (43)2 Etagedæk, overflader: Tilføjet plast og skumplast med en levetid på 15 år svarende til gulvtæppe med luv (Laursen et al., 2006).
- (43)2 Etagedæk, overflader: Ændret levetid for træ uklassificeret fra 80 år til 60 år.
- (47)1 Tage, overflader: Levetid for asfalt på 20 år er fastsat for ét-lags løsning. Hvis der vælges en to-lags løsning, kan levetiden fordobles til 40 år.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 5 VVS-anlæg:

- (50)6 Tanke for olie og gas: Tilføjet plast med en levetid på 40 år (svarende til dobbeltvæggede tanke). Enkeltvæggede tanke skal i henhold til lovgivning sløjfes efter 25 år.
- (57)2 Distributionsanlæg (rør, ventiler m.m.): Tilføjet plast med en levetid på 50 år.

Ændringer og tilføjelse af enkelte nye værdier omfatter følgende bygningsdele inden for SfB-gruppe 6 EI- og mekaniske anlæg:

- (63)4 EI-tekniske anlæg: Tilføjet glas med en levetid på 30 år for solceller, som typisk består af lag af glas (den overvejende del), flere forskellige metaller og plast (International Renewable Energy Agency (IRENA) and the International Energy Agency Photovoltaic Power Systems (IEA-PVPS), 2016).

Der er tilføjet en helt ny gruppe for SfB-gruppe 7 Inventar og udstyr, som omfatter alt det udstyr, der er nødvendigt for, at bygningens rum kan opfylde deres funktion. Inventar kan være fast monteret som fx køkkeninventar, skabe og receptionsskranker eller løst monteret som fx stole og borde. Der skelnes ikke imellem løst og fast monteret inventar jfr. Bygningsdeltavlen (Byggecentrum, 1988). SfB-gruppe 7 Inventar og udstyr omfatter følgende bygningsdele:

- (70) Inventar, terræn.
- (71) Teknisk inventar.
- (72) Tavler, skilte og skærme.
- (73) Opbevaringsmøbler.
- (74) Bordmøbler.
- (75) Siddemøbler.
- (76) Liggemøbler.
- (77) Boligtekstiler og afskærmning.
- (78) Øvrigt inventar.

Det er meget udfordrende at fastlægge levetider for inventar og udstyr, da inventar og udstyr ofte dækker over mange meget forskelligartede løsninger, som skal opfylde helt forskelligartede funktioner, der ikke umiddelbart er sammenlignelige. Et eksempel herpå er (72)3 AV-udrustning, tavler og projektorskærme, som både dækker over elektroniske løsninger (fx tv-skærme) og mekaniske løsninger (fx kridttavler lavet i skifer/natursten eller whiteboards lavet i plast), som har vidt forskellig funktion og levetider. Et andet eksempel er (71)2 Løse lamper, som omfatter både klassiske lamper med pærefatning og LED-lamper, hvor lampe og lyskilde er integreret og med mulighed for avanceret styring af lyskilden. Hvor den klassiske lampe med pærefatning kan have en meget lang levetid ved blot at udskifte pæren (og på sigt også ledninger mv.), vil hele LED-lampen imidlertid skulle skiftes ud, når lyskilden ikke længere fungerer tilfredsstillende, da LED-lampen principielt er et elektronisk apparat. Det skal i øvrigt bemærkes, at producenter typisk opgør levetiden af en LED-lampe ud fra lyskildens tab i lysudbytte og modelberegninger, og normalt ikke inddrager den elektroniske styringsenhed (driver), som er den begrænsende faktor for levetiden (Schneider, 2016). En klassisk bordlampe med pærefatning i metal alment kan således have en levetid på fx 30-60 år, mens en LED-lampe i metal alment kan have en levetid på 5-10 år. De to eksempler tjener til at gøre opmærksom på, at opgjorte levetider for inventar og udstyr bør anvendes med omtanke.

Ud over de ovenfor angive ændringer og tilføjelser af levetider er der foretaget diverse korrekturrettelser bl.a. af simple stavfejl, overflødige overskrifter (for gruppe 40 og 41) og forkerte forkortelser som mm (millimeter), der er rettet til m.m. (med mere).

3.4 Nye aggregerede levetidstabeller

Den nuværende levetidstabel i SBi2013:30 rummer to tabeller for henholdsvis hele bygninger og detaljerede bygningsdele, svarende nogenlunde til detaljeringsniveauerne overordnede bygherrekrav (pre-modelling) og detaljeret design (LOD300 og opefter). Der er et åbenlyst behov blandt især rådgivere for at kunne lave overslagsberegninger i de tidlige faser i et byggeprojekt inden fx konstruktionsprincip eller materialevalg er lagt fast for aggregerede bygningsdele eller "kompositter" svarende nogenlunde til detaljeringsniveauerne LOD100 og LOD200.

Der er således udviklet to nye levetidstabeller for hovedbygningsdele (svarende til niveau (10), (12), (13) osv.) og hovedgrupper (svarende til (1.), (2.), (3.) osv.) i henhold til SfB-systemets nomenklatur. Dette vil give bedre muligheder for at lave dynamiske analyser, hvor overslagsberegningen fra start detaljeres løbende med flere og flere detaljer bestemmes. Tabellerne er bygget op på basis af et "kinesisk æske"-princip, så levetiderne med forbehold for usikkerhed og lavere præcision giver valide resultater, der ikke ændres væsentligt ved en yderligere konkretisering af projektet i senere faser, når brugeren bevæger sig fra bygningsniveau til hovedgrupper til hovedbygningsdele og bygningsdele.

For at kunne etablere levetidstabeller for aggregerede bygningsdele mellem henholdsvis bygningsniveau og detaljerede bygningsdele har det været nødvendigt at udarbejde et antal summationsprincipper, som har formet de to nye levetidstabeller. For det første er de to nye tabeller ligesom levetidstabellen for detaljerede bygningsdele i 2013:30 udviklet både med og uden materialeangivelse. Det betyder, at tabellerne kan anvendes til at slå en levetid op for (21) Ydervægge i natursten, men kan også anvendes hvis materialevalget ikke kendes ved at anvende værdien for (21) Ydervægge under kolonnen "Generelt".

For det andet videreføres princippet fra 2013:30 om repræsentativitet i forhold til spredning i materialevalg og bygningsdelskategori. De enkelte rækker inden for hver SfB-undergruppe eller SfB-hovedgruppe vægtes således efter anslået anvendelse. Det betyder for eksempel, at bygningsdele i sekundære bygninger vægter lavere end bygningsdele i øvrige grupper fx grupperne (21) – (28) mfl. Ligeledes vægter hyppigt anvendte materialer højere end mere sjældne anvendte materialer.

For det tredje er de enkelte værdier af hver gruppe for hvert materiale blevet fastlagt fx gruppe (21) Ydervægge, som omfatter 5 undergrupper (21)1 – (21)5 dækkende kælderydervægge, lyskasser, ydervægge, kælderydervægge – fugt- og varmeisolering og ydervægge – fugt- og varmeisolering. Levetiderne for hver gruppe er systematisk fastlagt ud fra 1) en beregning af et simpelt aritmetisk gennemsnit og spredning af levetiderne, 2) er sammenholdt med gruppens medianværdier og minimale/maksimale værdier, 3) er blevet vægtet på basis af erfaring for hvilke løsninger, der er mest udbredte i praksis, og 4) værdierne er blevet afrundet. Et eksempel er (27) Tage, hvor (27)1 Tagværker typisk har en meget lang levetid på 120 år, mens (27)2 Baldakiner har en væsentlig kortere levetid på omkring 40-50 år. Da tagværker udgør en væsentlig større andel af den samlede konstruktion (27) Tage end baldakiner, vil det ikke være retvisende at lave hverken et simpelt aritmetisk gennemsnit af de to værdier eller vælge den korteste levetid for baldakiner som dimensionsgivende, da baldakiner almindeligvis kan repareres eller udskiftes uden, at tagværket skal udskiftes.

3.5 Sammensatte bygningsdele

De ovenfor beskrevne principper kan på tilfredsstillende vis hjælpe med at etablere levetider for hovedbygningsdele og hovedgrupper for SfB-grupperne 1) Bygningsbasis, 5) VVS-anlæg, 6) El- og mekaniske anlæg, og 7) Inventar og udstyr. De løser dog ikke problemerne

med sammensatte bygningsdele, der går på tværs af SfB-grupper, som det er tilfældet for grupperne 2) Primære bygningsdele, 3) Kompletterende bygningsdele og 4) Overfladebygningsdele.

Et hyppigt tilbagevendende spørgsmål er således, hvordan levetiden af en sammensat bygningsdel fx en ydervæg skal bestemmes, når den består af flere lag, hvor de forskellige lag har forskellige levetider. Det kunne fx være en ydervægskonstruktion med en overflade af teglsten (SfB-gruppe (41)3), isolering (SfB-gruppe (21)5) og bagvæg af beton (SfB-gruppe (21)3) eller en curtainwall-løsning bestående af aluminiumsplade (SfB-gruppe (41)3), isolering (SfB-gruppe (21)5) og vinduer (SfB-gruppe (31)4), som i øvrigt ikke er en bærende facadeløsning.

Flere forskellige principper kan lægges til grund for en fastlæggelse af levetiden for sådanne sammensatte løsninger. Det gælder fx:

- Gennemsnit af levetiderne af de indgående bygningskomponenter, eventuelt vægtes efter masse, tykkelse eller et andet princip.
- Mindste fællesnævner dvs. den korteste levetid afgør den samlede konstruktions levetid. I praksis vil lagenes placering imidlertid være særligt vigtig. Drejer det sig fx om det yderste lag i en konstruktion, der er mere eksponeret for vind og vejr, men til gengæld typisk nemmere at udskifte. Eller er der tale om lag, der ligger i midten af konstruktionen, hvor man skal fjerne et materiale med en høj restlevetid for at komme ind til de dele, der har udtjent deres levetid.
- Levetiden af den mest belastede komponent. Det vil typisk – men ikke nødvendigvis – være det yderste lag rettet mod omgivelserne, idet det afgør, hvornår de indre beliggende dele nedbrydes, da det fungerer som det beskyttende lag. I praksis vil udskiftning af en ydervæg oftest ikke blive besluttet på basis af, om isoleringens levetid er udtjent, men om hvorvidt det yderste lag fortsat yder nødvendig beskyttelse, opbevarer sin funktion eller tilfredsstiller æstetiske krav.

Indtil bedre viden er etableret, læner levetidstabellen sig op ad de samme principper som SBI2013:30:

"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." (Aagaard et al., 2013: 8).

Ud over disse principper anfører hjemmesiden levetider.dk, at der er levetidsparallelitet, hvis der er mindre end 20 % forskel i levetiden af de indgående komponenter i en sammensat bygningsdel (Grundejernes Investeringsfond, 2021).

3.6 Afvigelser og andre datakilder

Der vil være en række situationer, hvor der er behov for at anvende andre datakilder eller håndtere afvigelser i forhold til BUILDs nye levetidstabel. Det kan være, når BUILDs nye levetidstabel ikke er dækkende, mere præcise beregninger ønskes eller bedre løsninger med længere levetider vælges. I det følgende opstilles en række principper for at anvende andre datakilder eller håndtere afvigelser fra BUILDs nye levetidstabel.

Det skal være muligt at anvende andre datakilder, men følgende principper skal iagttages:

- Datakilde skal være relevant for dansk byggeri og dansk klima.
- Datakilde skal være offentligt tilgængelig, dvs. uden krav om betaling, medlemskab el.lign. for at få adgang til data.
- Levetiderne skal være verificerbar fx via brug af metode beskrevet i standard.
- Versionering skal fremgå entydigt, herunder beskrivelse af procedurer for ændringer af data.

Et antal forskellige datakilder med levetider er i dag tilgængelige, men validiteten og pålideligheden af disse datakilder er ikke ensartet. Datakilderne er indplaceret i et hierarkisk system, hvor det anbefales at anvende data fra højest mulige niveau. Niveauerne er:

- Niveau 1: BUILDs levetidstabel.
- Niveau 2: Europæisk teknisk vurdering (ETA) for produkter ikke eller kun delvist omfattet af europæiske harmoniserede standarder, branche- og/eller produktmiljøvaredeklaration (EPD), prøvningsrapporter fra anerkendte prøvningsinstitutioner eller fagfællebedømte forskningspublikationer efter international anerkendte standarder og metoder.
- Niveau 3: Generiske nøgletal fra offentligt anerkendte datakilder fx databaser som Ökobaudat, Boverkets Klimatdatabase mfl. eller værktøjer som InfraLCA udgivet af Vejdirektoratet.
- Niveau 4: Generiske nøgletal fra kommercielle aktører fx prisdatabaser som Molio Prisdata, værktøjer til driftsplanlægning (facilities management) eller afskrivningstabeller fra bl.a. Andelsboligforeningernes Fællesrepræsentation eller Forsikring & Pension.
- Niveau 5: Egne *dokumenterede* erfaringstal.
- Niveau 6: Interpolation/ekstrapolation fra lignende materialer, produkter, bygningsdele mv.

Data fra lavere placerede datakilder kan også anvendes, men det skal tydeligt angives, hvilke data der er tale om, hvilken datakilde der anvendes, og hvorfor netop disse data er anvendt i en given sammenhæng. Det kan fx være relevant ved brug af generiske data tidligt i byggeprocessen eller ved brug af produktspecifikke levetidsdata senere i forløbet ved udarbejdelse af as-built. Ved brug af fx branche- og/eller produktmiljøvaredeklarationer (EPD – Environmental Product Declaration) skal man være særligt opmærksom på, om der overhovedet er opgjort levetidsdata, og i bekræftende fald hvor levetidsdata stammer fra. Levetidsdata kan være opgjort af producenten uden reference til en kilde, data kan stamme fra prøvninger mv., eller data kan hvile på en beregnet værdi baseret på ISO-faktormetoden og referencelevetider fra fx SBI2013:30.

3.7 Behov for styrket indsats

Det har under arbejdet med levetidstabellen stået klart, at en ny levetidstabel er en mere grundlæggende, kompleks og større udfordring end det har været muligt at håndtere i et forholdsvis beskedent myndighedsprojekt. Der har generelt været et stort behov og ønske fra branchen om tabeller på forskellige abstraktionsniveauer og opgjort efter forskellige klassifikationssystemer. Ydermere har der tegnet sig et behov for også at kunne modellere levetider på det konkrete plan i forhold til konkrete løsninger i konkrete byggerier. Det har desværre ikke været muligt at imødekomme disse ønsker med de forhåndenværende ressourcer og de foreliggende idealiserede levetidstabeller.

Arbejdet med levetidstabellerne har imidlertid givet anledning til at udarbejde planer for en større, længerevarende og mere sammenhængende indsats for at kunne afklare grundlæggende principper for fastlæggelse af levetider, især af kompositter, og udvikle en ny og mere dækkende levetidsmodel. BUILD har således i foråret 2021 sammen med DTU BYG udarbejdet en større projektansøgning til en længerevarende indsats, som er blevet positivt modtaget. Arbejdet hermed forventes igangsat i efteråret 2021 og strækker sig frem til 2023.

REFERENCER

4 REFERENCER

Augenbroe, G.L.M., & Park, C.-S. (2002). *Towards a maintenance performance toolkit for GSA*. Interim Report submitted to GSA. Atlanta, USA, Georgia Institute of Technology.

Bygnings- og Boligregistreret (2020). *Nye anvendelseskoder for bygninger version 7, 19-05-2020*. København: Bygnings- og Boligregistreret. Hentet 20. april 2021 på:
<https://ki.bbr.dk/file/664783/nye-anvendelseskoder-bygninger.pdf>

Daniotti, B., & Spagnolo, S.L. (2008). Service life prediction tools for buildings' design and management. In: *11th DBMC, International conference on durability of building materials and components*, T72. Istanbul, Turkey.

DS/ISO 15686-1:2011 *Bygge- og anlægsaktiver – Levetidsplanlægning – Del 1: Generelle principper og rammer, Buildings and constructed assets – service life planning – Part 1: general principles and framework*. International Organization for Standardization, Switzerland.

DS/ISO 15686-1:2011. *Bygge- og anlægsaktiver – Levetidsplanlægning – Del 1: Generelle principper og rammer, Buildings and constructed assets—service life planning—Part 1: general principles and framework*. International Organization for Standardization, Switzerland.

Gallant, A.R. (1975). Nonlinear regression. *The American Statistician*, 29(2), pp 73 – 81.

Hovde, P. (2004). Factor methods for service life prediction. In: *CIB W080/RILEM 175 SLM*:

Grundejernes Investeringsfond (2021). *Levetider.dk*. København: Grundejernes Investeringsfond. Hentet den 18. juli 2021 på: <https://levetider.dk/Default.aspx>

Hovde, P.J. (2000). *Factor methods for service life prediction: a state-of-the-art. Draft Report*. Trondheim, Norge, Norwegian University of Science and Technology.

Hovde, P.J. (2002). The factor method for service life prediction from theoretical evaluation to practical implementation. In: *9th International conference on durability of buildings materials and components*, paper 232. Brisbane, Australia.

International Renewable Energy Agency (IRENA) and the International Energy Agency Photovoltaic Power Systems (IEA-PVPS) (2016). *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. Hentet 18. juli 2021 på: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf

ISO 13823:2008 *General principles on the design of structures for durability*. International Organization for Standardization, Switzerland.

Lacasse, M.A., & Morelli, M. (2017). Approach to Assessing the Long-term Performance of Wall Assemblies – Durability of Low-rise Wood-frame walls. In: *14th International conference on durability of building materials and components*, p017, pp 1–14. Ghent, Belgium.

- Lacasse, M.A., & Sjöström, C. (2004). Recent advances in methods for service life prediction of buildings materials and components—an overview. In: *CIB World Building Congress*, pp 1–10. Canada.
- Lacasse, M.A., Ge, H., Hegel, M., Jutras, R., Laouadi, A., Sturgeon, G., & Wells, J. (2018). *Guideline on Design for Durability of Building Envelopes*. Ottawa, Canada, National Research Council.
- Lacasse, M.A., Kyle, B.R., Talon, A., Boissier, D., Hilly, T., & Abdulghani, K. (2008). Optimization of the building maintenance management process using a markovian model. In: *11th international conference on the durability of building materials and components*, pp 1–9, T72. Istanbul, Turkey.
- Lair, J. (2003). *Failure modes and effect analysis and service life prediction. Intermediary report* (D4-C2-jl-01 draft 2), IEA task 27 (project C2: failure mode analysis), pp 166–212. CSTB, France.
- Landsbyggefonden (2013). *7. Mappingtabel, bygningsdele. Forvaltnings Klassifikation. Version 2.2. Marts 2013*. København: Landsbyggefonden.
- Laursen, S. E.; Hansen, J.; Knudsen, H. H.; Wenzel, H.; Larsen, H. F. & Kristensen, F. M. (2006). *UMIPTEX - Miljøvurdering af tekstiler. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 3/2006*. København: Miljøstyrelsen. Hentet den 18. juli 2021 på: <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2006/87-7614-956-0/html/default.htm>
- Lounis, Z., & Vanier, D.J. (2000). A multi-objective and stochastic system for building maintenance management. *Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 15(5), pp 320–329.
- Lyngsø, M. S. (2017). *Application of Neural Networks for Building Service Life Predictions in Relation to Building LCAs. MSc Thesis Project 2017*. Lyngby: DTU Management Engineering.
- Martin, J.W., Saunders, S.C., Floyd, F.L., & Wineburg, J.P. (1996). *Methodologies for predicting the service lives of coating systems* (NIST Building Science series 172). Pennsylvania, USA, Federation of Societies for Coatings Technology.
- McDuling, J., Horak, E., & Cloete, C. (2008). Service life prediction beyond the 'factor method'. In: *11th International conference on durability of building materials and components*, T42. Istanbul, Turkey.
- McDuling, J.J. (2006). *Towards the development of transition probability matrices in the Markovian model for the predicted service life of buildings*. PhD thesis in civil engineering, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, Pretoria.
- Morelli, M., & Svendsen, S. (2012). Investigation of interior post-insulated masonry walls with wooden beam ends. *Journal of Building Physics*, 36(3), pp 265–293.

- Moser, K. (1999). Towards the practical evaluation of service life—illustrative application of the probabilistic approach. In: *8th International conference on durability of buildings materials and components*, pp 1319–1329. Vancouver, Canada.
- Moser, K. (2003). Engineering design methods for service life planning – state of the art. In: *WMDBP 2003, international workshop on management of durability in the building process*, paper 40. Milano, Italy, Politecnico di Milano.
- Moser, K. (2004). *Engineering design methods for service life prediction*. In: *CIB W080/RILEM 175 SLM: Service life methodologies prediction of service life for buildings and components, task group: performance based methods of service life prediction*, pp 52–95. Trondheim, Norway.
- Motulsky, H.J., & Ransnas, L.A. (1987). Fitting curves to data using nonlinear regression: a practical and nonmathematical review. *FASEB Journal*, 1(5), pp 365–374.
- Neves, L.C., Frangopol, D.M., & Cruz, P.J.S. (2006). Lifetime multi-objective optimization of maintenance of existing steel structures. In: *6th international symposium steel bridges, European Convention for Construction Steelwork*, pp 206–215. Prague, Czech Republic.
- Parzen, E. (1962). *Stochastic processes*. San Francisco, USA, Holden Day.
- Paulo, P.V., Branco, F., & Brito, J.d. (2014). BuildingsLife: a building management system. In: *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life Cycle Design and Performance*, 10(3), pp 388–397.
- Re Cecconi, F. (2002). Performance leads the way to service life prediction. In: *9th International conference on durability of buildings materials and components*, Paper 213. Australia, Brisbane.
- Ross, S.M. (1996). *Stochastic processes* (2nd edn.). New York, USA: John Wiley & Sons.
- Schneider, B. (2016). Levetid for LED lyskilder og elektroniske drivere. I: *SPM Reliability Management*, marts 2016, pp 4-5.
- Service life methodologies prediction of service life for buildings and components, task group: performance based methods of service life prediction 2004*, pp 1–51. Trondheim, Norway.
- Silva, A., Brito, J.d., & Gaspar, P.L. (2016). *Methodologies for Service Life Prediction of Buildings: with a focus on facade claddings*. Switzerland: Springer International Publishing AG.
- Sørensen, N. L. & Gottlieb, S. C. (2016). *Byggebranchens anvendelse af IKT. Resultater fra en survey-undersøgelse. SBI 2018:08*. København: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Talon, A., Boissier, D., Chevalier, J.-L., & Hans, J. (2005). Temporal quantification method of degradation scenarios based on FMEA. In: *10th International conference on durability of building materials and components*, TT4-139. Lyon, France.

Østergaard, N., Thorsted, L., Miraglia, S., Birkved, M., Rasmussen, F. N., Birgisdóttir, H., Kalbar, P. & Georgiadis, S. (2018). Data driven quantification of the temporal scope of building LCAs. In: *Procedia CIRP*, 69, pp 224 – 229.

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

Aagaard, Niels-Jørgen; Brandt, Erik; Aggerholm, Søren & Haugbølle, Kim (2013). *Levetider for bygningsdele ved vurdering af bæredygtighed og totaløkonomi*. SBI 2013:30. København: SBI Forlag. ISBN 978-87-563-1586-9.

Aarseth, L.I., & Hovde, P.J. (1999). A stochastic approach to the factor method for estimating service life. In: *8th DBMC international conference on durability of building materials and components*; pp 1247–1256. Vancouver, Canada.

BILAG: LEVETIDSTABELLER

BILAG 1 LEVETIDSTABEL FOR BYGNINGER

BBR-koder	Bygningstype	Middelleveid (år)
	<i>Alle anvendelser</i>	100
	Alle bygninger under ét	100
	<i>Bygninger til helårsbeboelse</i>	120
110	Stuehus til landbrugsejendom	120
120	Fritliggende enfamiliehus (parcelhus)	120
131	Række- og kædehus	120
132	Dobbelthus	120
140	Etagebolig-bygning, flerfamiliehus eller tofamiliehus	120
150	Kollegium	120
160	Boligbygning til døgninstitution	100
185	Anneks i tilknytning til helårsbolig	40
190	Anden bygning til helårsbeboelse	100
	<i>Bygning til erhvervsmæssig produktion vedrørende landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri</i>	40
211	Stald til svin	40
212	Stald til kvæg, får mv.	40
213	Stald til fjerkræ	40
214	Minkhal	40
215	Væksthus	40
216	Lade til foder, afgrøder mv.	40
217	Maskinhus, garage mv.	40
218	Lade til halm, hø mv.	40
219	Anden bygning til landbrug mv.	40
	<i>Bygninger til erhvervsmæssig produktion vedrørende industri og værksteder</i>	80
221	Bygning til industri med integreret produktionsapparat	80
222	Bygning til industri uden integreret produktionsapparat	80
223	Værksted	80
229	Anden bygning til produktion	80
	<i>Bygninger vedrørende energiproduktion og energidistribution</i>	80
231	Bygning til energiproduktion	80
232	Bygning til forsynings- og energidistribution	80
233	Bygning til vandforsyning	80
234	Bygning til håndtering af affald og spildevand	80
239	Anden bygning til energiproduktion og -distribution	80
	<i>Bygninger i forbindelse med transport og parkering</i>	60
311	Bygning til jernbane- og busdrift	60
312	Bygning til luftfart	60
313	Bygning til parkerings- og transportanlæg	60
314	Bygning til parkering af flere end to køretøjer i tilknytning til boliger	60
315	Havneanlæg	60
319	Andet transportanlæg	60
	<i>Bygninger i forbindelse med kontor, handel og lager</i>	80
321	Bygning til kontor	80
322	Bygning til detailhandel	80
323	Bygning til lager	40
324	Butikcenter	80
325	Tankstation	60
329	Anden bygning til kontor, handel og lager	80
	<i>Bygninger i forbindelse med hotel, restaurant og øvrige serviceerhverv</i>	80
331	Hotel, kro og konferencecenter med overnatning	80
332	Bed & breakfast mv.	80
333	Restaurant, café og konferencecenter uden overnatning	80
334	Privat servicevirksomhed som frisør, vaskeri, netcafé mv.	80
339	Anden bygning til serviceerhverv	80
	<i>Bygninger i forbindelse med biograf, bibliotek og trosudøvelse</i>	120
411	Biograf, teater, koncertsted mv.	120
412	Museum	120
413	Bibliotek	120
414	Kirke eller anden bygning til trosudøvelse for statsanerkendte trossamfund	120
415	Forsamlingshus	120
416	Forlystelsespark	60
419	Anden bygning til kulturelle formål	120
	<i>Bygninger i forbindelse med undervisning og forskning</i>	100
421	Grundskole	100
422	Universitet	100
429	Anden bygning til undervisning og forskning	100

	<i>Bygninger i forbindelse med hospitaler, hospicer og lægehuse</i>	100
431	Hospital og sygehus	100
432	Hospice, behandlingshjem mv.	100
433	Sundhedscenter, lægehus, fødeklinik mv.	100
439	Anden bygning til sundhedsformål	100
	<i>Bygninger i forbindelse med dag- og døgninstitutioner</i>	100
441	Daginstitution	100
442	Servicefunktion på døgninstitution	100
443	Kaserne	100
444	Fængsel, arresthus mv.	100
449	Anden bygning til institutionsformål	100
	<i>Bygninger til fritidsformål og idræt</i>	60
510	Sommerhus	60
521	Feriecenter, center til campingplads mv.	60
522	Bygning med ferielejligheder til erhvervsmæssig udlejning	60
523	Bygning med ferielejligheder til eget brug	60
529	Anden bygning til ferieformål	60
531	Klubhus i forbindelse med fritid og idræt	60
532	Svømmehal	100
533	Idrætshal	100
534	Tribune i forbindelse med stadion	60
535	Bygning til heste	40
539	Anden bygning til idrætsformål	40
540	Kolonihavehus	60
585	Anneks i tilknytning til fritids- og sommerhus	40
590	Anden bygning til fritidsformål	40
	<i>Mindre bygninger til garageformål, ophold og opbevaring samt faldefærdig bygning</i>	40
910	Garage	40
920	Carport	40
930	Udhus	40
940	Drivhus	40
950	Fritliggende overdækning	40
960	Fritliggende udestue	40
970	Tiloversbleven landbrugsbygning	Ikke relevant
990	Faldefærdig bygning	Ikke relevant
999	Ukendt bygning	Ikke relevant

BILAG 2 LEVETIDSTABEL FOR HOVED-GRUPPER

BILAG 3 LEVETIDSTABEL FOR HOVEDBYGNINGSDELE

BILAG 4 LEVETIDSTABEL FOR BYGNINGS- DELE

[illegible]

[illegible]

SB Bygningsdel, gruppe	Bygningsdel, hoved- gruppe	Bygningsdelens navn	Middelværdi (kr)	e0 Natursten	f1 Kalkmørtel	f2 Beton, terrazzo og cementeret	f4 Porebeton	f5 Løsklinkerbeton	f7 Gips	g2 Tegl	g3 Tegl glaseret	h0 Metal alment	h1 Jern, stål og rustfrit stål	h4 Aluminium	h5 Kobber	h7 Zink og bly	i1 Konstruktionstræ	i2 Træ uklassificeret	i3 Ædeltræ	i4 Lamineret træ og finer	j1 Træfliser, træbræklader, træspån og spånplader	j2 Papir, pergament og imprægneret pap	j6 Træbeton og cementerbeton fibre	m Mineraluld	n1 Asfalt	n2 Fibre og filf	n4 Linoleum og gummi	n6 Plast og skumplast	n7 Glas	p1 Naturligt fyld og tilslag	v0 Malvarer
	7 Inventar og udstyr																														
	70 Inventar																														
	701	Tekniske inventarenheder, p-automater m.m.	15																												
	702	Tæver, skille og skærme	20																												
	703	Ophængning, affaldstativer, cykelstativer, postkasser m.m.	15																												
	704	Bordmøbler	20																												
	705	Siddemøbler	20																												
	71 Tekniske inventar																														
	711	Automater for mad, drikke, sæbe m.m.	10																												
	712	Løse lemper	20																												
	713	Brandslukningsudstyr	5																												
	72 Træer, skille og skærme																														
	721	Skille	25																												
	722	Spjæle	50																												
	723	Almindelig, lav, projektskærme	15	80																											
	73 Ophængningsmøbler																														
	731	Hylder	40																												
	732	Skabe og skuffemøbler	40																												
	733	Køkkenskab	40																												
	734	Toiletskab	40																												
	74 Bordmøbler																														
	741	Bordplader	50	80																											
	742	Arbejdsborde	40	60																											
	743	Borde til ophold og hvile	50	80																											
	75 Siddemøbler																														
	751	Stole, bænke m.m. til arbejdsbrug	15																												
	752	Stole, bænke, sofaer m.m. til ophold og hvile	15																												
	76 Liggemøbler																														
	761	Sengemøbler til alm. boliger	10																												
	762	Sengemøbler til institutioner m.m.	10																												
	77 Bøjlskælder og afskærmning																														
	771	Gardiner og forhæng	20																												
	772	Gulvtæpper og måtter	15																												
	773	Persienner	25																												
	774	Sværnvægge	25																												
	78 Øvrige inventar																														
	781	Øvrige inventar	25																												
	782	Specialinventar	25																												

Levetider for bygningsdele indgår som en betydningsfuld faktor ved livscyklusvurderinger (LCA) og beregninger af totaløkonomi (LCC). Statens Byggeforskningsinstitut udgav i 2013 en levetidstabel for bygningsdele. Tabellen er ikke blevet opdateret siden 2013, og der har vist sig en række udfordringer med den. Formålet med dette projekt er at tilvejebringe en ny levetidstabel, som opdaterer og udvider den hidtidige levetidstabel fra SBi2013:30.

Den ny levetidstabel udvides til fire forskellige detaljeringsniveauer, som kan dække en stigende detaljeringsgrad gennem byggeprocessens faser. De fire levetidstabeller omfatter:

- Bygninger svarende til de nye anvendelseskoder i BBR.
- Hovedgrupper svarende til SfB-systemets hovedgrupper fx (1) Bygningsbasis.
- Bygningsdelsgrupper svarende til SfB-systemets grupper fx (10) Bygningsbasis, terræn.
- Bygningsdele svarende til SfB-systemets bygningsdelsindeks opgjort efter materialevalg fx (10)4 Pælefundamenter og brøndfundamenter.

