



Vlaanderen
is materiaalbewust



RAPPORT

TECHNISCHE LEVENSDUUR VAN GEBOUWCOMPONENTEN

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER

OVAM

WWW.OVAM.BE



RAPPORT

Technische levensduur van
gebouwcomponenten
publicatiedatum 22.06.2020



DOCUMENTBESCHRIJVING

- 1 *Titel van publicatie:*
Rapport -Technische levensduur van
gebouwcomponenten
- 2 *Verantwoordelijke Uitgever:*
OVAM
- 3 *Wettelijk Depot nummer:* D/2018/5024/18
- 4 *Trefwoorden:*
Bouwcomponenten, technische levensduur
- 5 *Samenvatting:*
Deze publicatie gaat dieper in op de technische levensduur van de gebouwcomponenten opgenomen in de 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen'. Deze publicatie werd uitgevoerd door VIBE vzw in opdracht van de OVAM.
- 6 *Aantal bladzijden:* 29
- 7 *Aantal tabellen en figuren:* /
- 8 *Datum publicatie:*
22/06/2020
- 9 *Prijs*:* /
- 10 *Auteur:* Mieke Vandebroucke & Stijn
Brancart, VIBE vzw, mieke@vibe.be,
www.vibe.be
- Contactpersonen:*
Karlien Wauters & Roos Servaes,
karlien.wauters@ovam.be, www.ovam.be
- 11 *Andere titels over dit onderwerp:*
M. Vandebroucke & S. Brancart, Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen. Mechelen, België: OVAM, 2020.
M. Vandebroucke, W. C. Lam, W. Debacker, and W. Galle, Ontwerpfiches: Veranderingsgericht bouwen. Mechelen, België: OVAM, 2015.

U hebt het recht dit rapport te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken. Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding. De gegevens van deze publicatie zijn bedoeld voor informatieve en niet-commerciële doeleinden. Het gebruik ervan is op eigen risico en de OVAM en VIBE vzw kunnen niet aansprakelijk gesteld worden voor onjuistheden of onvolledigheden in de verstrekte informatie. De OVAM en VIBE kunnen in geen geval tegenover wie dan ook, op rechtstreeks of onrechtstreekse wijze aansprakelijk gesteld worden voor schade te wijten aan het gebruik van deze publicatie of van de opgenomen referentiewerken en links, met inbegrip, zonder beperking, van alle verliezen en dergelijke van de gebruiker.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:

<http://www.ovam.be>

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

1	Introductie.....	5
1.1	Context	5
1.2	Referentielevensduur	5
1.3	Basisliteratuur	6
2	Nazicht data uit 'The Ecology of Building Materials'	7
2.1	Introductie	7
2.2	Bibliografie	7
2.3	Levensduurdata	10
3	Levensduurdata.....	18
4	Bibliografie	29

1 INTRODUCTIE

1.1 CONTEXT

Zowel de publicatie 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen' als andere publicaties en outputkanalen van OVAM en derden gebruiken technische levensduurdata om te evalueren hoelang bepaalde gebouwcomponenten, zoals een gevelsteen en vlaswolisolatie, gemiddeld genomen meegaan (1), (2). Hiervoor maken ze standaard gebruik van enkele referentiebronnen, zoals het boek 'Life Expectancy of Building Components' van BCIS (3). Echter, niet elke publicatie baseert zich op dezelfde bronnen of neemt het gemiddelde van de gevonden waarden. Hierdoor kan eenzelfde materiaal een andere levensduur hebben in de verschillende publicaties. Dit zorgt voor tegenstrijdigheden en verwarring bij gebruikers van de tools en lezers van de publicaties. Ook zijn niet alle technische levensduurdata uit die referentiebronnen van toepassing in een gebouwde context en sommige referenties documenteren onvoldoende waarop de data gebaseerd is. Daardoor zijn sommige data voor discussie vatbaar. Dit is bijvoorbeeld het geval voor 'The Ecology of Building Materials' van Bjorn Berge (4). Deze publicatie gaat daarom dieper in op de gebruikte levensduurdata van de gebouwcomponenten opgenomen in de 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen' (1). Ze vermeldt de gebruikte bronnen, de evaluatiemethodiek om data uit het boek van Berge al dan niet op te nemen en de werkmethode om data uit verschillende bronnen te verwerken.

Met deze publicatie wensen de auteurs en de OVAM enerzijds transparant te communiceren over de gebruikte data in de catalogus en anderzijds een eerste stap te zetten om dezelfde levensduurdata in alle outputkanalen van de OVAM te gebruiken. Daarnaast lijkt het zinvol om verder onderzoek te voeren naar de technische levensduur van gebouwcomponenten. Relevante levensduurdata ontbreekt namelijk nog vaak in de referentiedocumenten voor minder voorkomende gebouwcomponenten. Dit rapport werd een eerste maal opgesteld ter ondersteuning van de eerste uitgave van de 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen' in 2018 en werd bij de uitbreiding daarvan aangevuld met levensduurdata voor plafond- en vloerafwerking in 2020.

1.2 REFERENTIELEVENSDUUR

Publicaties zoals de 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen' (1) gebruiken referentielevensduurdata (RSL) om te evalueren hoelang bepaalde gebouwcomponenten, zoals een gevelsteen en vlaswolisolatie, gemiddeld meegaan. De ingeschatte levensduur van een gebouwcomponent (ESL) zal echter case per case verschillen door specifieke producteigenschappen, door het binnen- en buitenklimaat, door de functie en het gebruik, door het ontwerp, de uitvoering, het beheer en onderhoud. Met behulp van de factormethode, beschreven in ISO 15686 'Buildings and constructed assets - Service life planning' (5), wordt de referentielevensduur gecorrigeerd aan de hand van zeven correctiefactoren om de project- of ontwerp-specifieke situatie in te schatten. De effectieve levensduur kan daardoor veel hoger of veel lager liggen dan de gemiddelde referentielevensduur.

1.3 BASISLITERATUUR

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de basisbronnen waarop de levensduurdata uit de 'Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen' gebaseerd is (1). Oorspronkelijk werd ook levensduurdata uit de NIBE-milieuclassificaties meegenomen (6). De levensduur wordt volgens de FAQ op de website bepaald aan de hand van de SBR-uitgave 'Levensduur van Bouwproducten – methode voor referentiewaarden' (7). Een aantal levensduurdata, weergegeven op de website, verschillen echter met deze publicatie. Het is onduidelijk op wat deze verschillen gebaseerd zijn en de data worden daarom niet verder meegenomen.

Tabel 1 Referenties

Auteur	Beschrijving
Berge	Berge, Bjorn. The Ecology of Building Materials. 2nd edition. Elsevier: Oxford, 2009. Dit boek, origineel uitgegeven in het Noors, gaat dieper in op de ecologische aspecten van bouwmaterialen. Daarbij licht de auteur onder meer toe wat de ingeschatte levensduur is van conventionele, maar ook minder conventionele gebouwcomponenten. Deze data is op zijn beurt gebaseerd op andere referentiedocumenten.
BBSR	BBSR. Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). 24/02/2017. Dit Duits document geeft een overzicht weer van de levensduur van verschillende gebouwcomponenten op basis van empirische waardes gesteld door experts en literatuur. Bij een aantal bouwmaterialen wordt een levensduur van ≥ 50 opgegeven. Bij deze materialen wordt de levensduur op vijftig vastgelegd. ¹
BCIS	BCIS. Life Expectancy of Building Components: Surveyors' experiences of buildings in use - A practical guide. 2de editie. Londen: BCIS; 2006. Dit Brits referentieboek toont de resultaten van een enquête over de levensduur van veel voorkomende gebouwcomponenten beantwoord door 92 experts.
Perret	Perret, Jean. Guide de la maintenance des bâtiments. Le Moniteur Editions : Paris, 1995. Deze Franse publicatie geeft weer welke werken en acties ondernomen dienen te worden tijdens de levensduur van een gebouw. Het is gebaseerd op een studie van 'Département du patrimoine immobilier de la SNCF'. Bij een aantal bouwmaterialen wordt een levensduur van > 30 of > 20 opgegeven. Bij deze materialen wordt de levensduur respectievelijk op dertig en twintig vastgelegd. ¹
SBR	Vissering CL. Levensduur van bouwproducten: Methode voor referentiewaarden. SBR; 2011. Deze Nederlandse referentie over de levensduur van gebouwcomponenten baseert zich op de Nationale Milieudatabase (Stichting Bouwkwiteit, 2010), kennis van experts, betrouwbare levensduurdata van gebouwcomponenten uit literatuur.

¹ De impact van deze veronderstelling op de evaluatie van de levensduur van de materialen in de bouwcatalogus is beperkt. De eindevaluatie (lange levensduur versus semi-lange levensduur versus korte levensduur) verandert namelijk niet.

2 NAZICHT DATA UIT 'THE ECOLOGY OF BUILDING MATERIALS'

2.1 INTRODUCTIE

Bij een steekproef werd opgemerkt dat de levensduurdata opgenomen uit het boek 'The Ecology of Building Materials' van Bjorn Berge niet altijd gerelateerd is aan componenten uit de gebouwde omgeving (4). De bronnen waarnaar Berge refereert dienen dus nagekeken te worden om te bepalen of de data wel relevant zijn in een gebouwde context vooraleer ze opgenomen kunnen worden in de bouwcatalogus.

2.2 BIBLIOGRAFIE

Het boek 'The Ecology of Building Materials' (4) vermeldt levensduurdata van verschillende bouwmaterialen in tabellen en tekstvorm. De referenties, waarop die data gebaseerd is, stonden echter nooit direct vermeld, op enkele uitzonderingen na. Dit maakt het moeilijk om de oorsprong van de data te achterhalen. Na elk hoofdstuk van het boek werd er wel een algemene bibliografie opgenomen. De bibliografieën van de hoofdstukken met levensduurdata werden als vertrekpunt genomen om te onderzoeken van waar de data komt. Zo werd een lijst bekomen van 70 bronnen, waarvan niet duidelijk is/was welke relevant zijn en welke niet.

Negentien bronnen werden niet teruggevonden via ResearchGate, ScienceDirect, Google Scholar, Unicat, WorldCat, Scopus, Ebscohost, Academia, Google:

- Andersson, A. (1986) Lin kommer igjen, Fara,
Bakke, J.V. (1992) Mineralull og innemiljø, Norsk Tidsskrift for Arbeidsmedisin nr. 13, Oslo 1972.
Bøhlerengen, T. (2001) Kryssfinerplater Darlig Egned Kledning, Byggmesten 5.
Bøhlerengen, T. (2002) Taping av plastfolie er ikke godt nok, Byggmesteren 11/12.
Brännström, H. et al. (1985) Torv och spon som isolermaterial, Byggforsk. R:140, Stockholm.
Bunkholt, A. (1988) Utnyttelse av lauvtrevirke til produksjon av skurlast og høvellast, NLH, As
Esser, P. (1999) Life Sys Wood. Consistent Life Cycle Analyses of Wood Products, Final Consolidated Report CHT – R0195, Göteborg.
Folleras, K. (2007) Økt isolasjonstykkelse kan øke risiko for fukt, Byggaktuelt august.
Granum, H. (1951) Sagflis og kutterflis som isolasjonsmateriale i hus, NTI, Oslo.
Hall, N. (1981) Has Thatch a Future? Appr. Techn 8: no. 3.
Kucera, B. et al. (1999) Naturens vakreste ra stoff, Landbruksforlaget, Oslo.
Lag, J. (1979) Berggrunn, jord og jordsmon, NLH, A s.
Noah's Ark (2006) Overview of the Expected Negative and Positive Consequences of Global Environmental Changes on Deterioration of Materials, Deliverable 6 to European Commission.

Øye, L. (1998) The Role of Indoor Building Characteristics as Exposure of Bronchial Obstruction in Early Childhood, NTNU KKT-rapport 1998:1, Trondheim.

Paajanen, et al. (1994) Lämmöneristeiden merkitys rakennusten biologisissa vaurioissa, VTT:r Julkaisuja no. 99.

Parry, J.P.M. (1981) Development and Testing of Roof Cladding Materials Made from Fibre-reinforced Cement, *Appr. Techn* 8: no. 2.

Parry, J.P.M. (1984) Hurricane Tiles. New Economical Type of Roofing Combining the Best Features of Sheet and Tiles, Cradley Heath.

Strunge, et al. (1990) Nedsiving af byggeaffald, Miljøstyrelsen Copenhagen.

Vreim, H. (1941) Takspån og Spøntekking, Fortidsminnesmerke foreningen.

Negentien andere bronnen zijn beschikbaar in allerlei (inter)nationale bibliotheken:

Adalberth, K. (1998) God lufttæthed, Byggeforskningsradet Stockholm.

Chen, O. et al. (1997) Healthy Buildings Have Existed in China Since Ancient Times, *Indoor Built Environment*.

Curwell, S. et al. (2002) Hazardous Building Materials, 2nd Edn, Spon Press, London.

Englund, F. (1997) Flyktiga Ämnen Fran Trä Och Träprodukter, Trätäk, Kontenta 04042.

Greysmith, B. (1976) Wallpaper, London.

Grunau, A.B. (1980) Lebenswartung von Baustoffen, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden.

Grützmaker, B. (1981) Reet- und Strohdächer, Callwey, München.

Hall, G.S. (1981) The Art of Timber Drying with Solar Kilns, Hannover.

Hansen, M.H. (2000) Brug af alternativ isolering i Finland og Sverige, SBI, Hørsholm.

Høeg, O.A. (1974) Planter og tradisjon, Universitetsforlaget, Oslo.

Liski, J. et al. (2001) Which Rotation Length is Favorable to Carbon Sequestration? NCR Research Press.

Lisø, K.R. et al. (2007) Klimatilpasning av bygninger, Klima 2000, SINTEF Trondheim.

Minke, G. (1980) , Gesamthochschule, Kassel.

Mohanty, A.K. et al. (Eds.). (Ed.). (2005) Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites, Taylor & Francis, Boca Raton.

Raknes, E. (1987) Liming av tre, Universitetsforlaget, Oslo.

Simonson, C.J. et al. (2005) Moisture Performance of an Airtight, Vapor-permeable Building Envelope in a Cold Climate, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28.

Stevens, E.S. (2002) Green Plastics. An introduction to the new science of biodegradable plastics, Princeton University Press, Princeton.

Stocklund, B. (1962) Læsøgarden, Nationalmuseet, Copenhagen.

Wright, G.R.H. (2005) Ancient Building Technology. Vol. 2: Materials, Brill, Leiden.

Van de overige 32 bronnen werd een digitale versie teruggevonden:

Athanassiadou, E. et al. (2005) Medium Density Fibreboards (MDF) from Recycled Waste, University Studio Press, Thessaloniki.

Beyer, G. et al. (2001) Miljönyckeltal för trävaruindustrin, Träteknik Handledning 0109020, Stockholm.

Broch, T. (1848) Lærebog i bygningskunsten, Christiania.

Bugge, A. (1918) Husbygningslære, Kristiania.

Burnett, J. (2006) Carbon Benefits of Timber in Construction, Forestry Commission, Scotland.

Derluyn, H. et al. (2007) Hygroscopic Behavior of Paper and Books, *Journal of Building Physics* 31.

Ehmsperger, R. et al. (2006) Implementation of Health and Environmental Criteria in Technical Specification for Construction Products, Umweltbundesamt Texte 14.

Eires, R. et al. (2007) Eco-friendly Construction Materials Using Gypsum and Industrial Wastes, University of Minho, Guimaraes.

Follett, P. (2003 September) Bamboo in Construction: Status and Potential, UNEP Industry and Environment.

Fossdal, S. (1995) Energi og miljøregnskap for bygg, NBI, Oslo.

Fraanje, P.J. (1997) Cascading of Pine Wood, *Res. Cons. Recycl* 19.

Gielen, D.J. (1997) Building Materials and CO₂., Western European Emission Strategies, ECN-C-97-065.

Gielen, D.J. (2000) Biomass for Greenhouse Gas Emission Reduction, ECN-C-00-001.

Gomes, M.G. et al. (2007) Composite Panels Reinforced with Waste Fibrous Materials, University of Minho, Guimaraes.

Goverse, T. et al. (2001) Wood Innovation in the Residential Sector: Opportunities and Constraints, *Resources, Conservation and Recycling* 34.

Gustafsson, H. (1990) Kemisk Emission Fran Byggnadsmaterial, Statens Provningsanstalt, Boras.

Jaakkola, J.J. et al. (2000) Plastic Wall Materials in the Home and Respiratory Health in Young Children, *American Journal of Public Health* 90: 797–799.

Krogh, H. et al. (2001) Miljøvurdering af kemiske stoffer i byggevarer, Miljøstyrelsen Nr. 12, København.

Lippiatt, B.C. (2007) BEES 4.0 Building for Environmental and Economic Sustainability. Technical Manual and User Guide, NIST, Gaithersburg August.

Lund, M. (2003) Enzymatisk fremstilling af biologisk baserede isoleringsmaterialer, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

Minke, G. (2006) Building with Earth, Birkhäuser, Basel.

Morgan, C. (2006) Design and Detailing for Airtightness, SEDA Design Guides for Scotland.

Muilerman, H. et al. (2001) Towards a Sustainable Use of Natural Resources, Stichting Natuur en Milieu.

Patel, M. (2002) Environmental Impacts of Biopolymers and Natural Fibre Composites, 12th European Biomass Conference, Amsterdam.

Petersen, A. et al. (2002) Greenhouse Gas Emissions, Life-cycle Inventory and Cost-efficiency of Using Laminated Wood Instead of Steel Construction, *Environmental Science & Policy* 5.

Rode, C. et al. (2005) Moisture Buffering of Building Materials, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark R-126.

Silva, N. Gypsum Plaster for Energy Conservation, University of Minho.

Simonson, C.J. (2000) Moisture, Thermal and Ventilation Performance of Tapanila Ecological House, VTT Building Technology, Espoo.

Simonson, C.J. (2002) The Effect of Structures on Indoor Humidity – Possibility to Improve Comfort and Perceived Air Quality, *Indoor Air*, Volume 12.

Thörnquist, T. (1990) Trä och kvalitet, Byggsforskningsrapport 77:1990, Stockholm.

Valbjørn, O. et al. (2001) Bygningskonstruktioners risiko for fugtskader. Erfaring fra praksis Byg og, BY Resultater 012, SBI.

Wimmer, R. et al. (2001) Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz Nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen Bm vit, Wien.

2.3 LEVENSDUURDATA

Bovenstaande bronnen werden diagonaal doorgenomen om te achterhalen op wat de levensduurdata uit 'The Ecology of Building Materials' van Bjorn Berge (4) gebaseerd is. Acht van de tweeëndertig bronnen vermelden levensduurdata. Data uit een bron werd enkel opgenomen indien de geëvalueerde component in een gebouwde context werd toegepast en het duidelijk is waarop de levensduurdata gebaseerd is.

Volgend artikel over MDF vermeldt bijvoorbeeld een vrij algemene stelling. Er wordt niet beschreven op wat de aanname gebaseerd is. De toepassing (meubilair) is minder relevant voor deze studie. Daarom wordt de aanname niet verder meegenomen.

Athanassiadou, E. et al. (2005) Medium Density Fibreboards (MDF) from Recycled Waste, University Studio Press, Thessaloniki.

"Pieces of furniture have a life span of 30 to 40 years in Europe."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt niet verder meegenomen.

De data uit de volgende bronnen zijn wel relevant, maar het is niet duidelijk op wat de data gebaseerd is. Dus de data werden wederom niet meegenomen.

Fraanje, P.J. (1997) Cascading of Pine Wood, Res. Cons. Recycl 19.

"For pine wood a cascade of five or six steps can be set up which extends the time that the resource is in use from about 75 to more than 350 years: 75 years as a floor joist, 75 years as a floor board, 75 years as a floor board, 75 years as a widow-frame, 75 years as a flake board, 30 years as a fibreboard."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt niet verder meegenomen.

Krogh, H. et al. (2001) Miljøvurdering af kemiske stoffer i byggevarer, Miljøstyrelsen Nr. 12, København.
"Her er skønnet, at et badeværelse renoveres efter 40 år, og at der udskiftes fliser efter 20 år. ... Levetid
Badeværelsesvæg: Porebeton (incl. mørtel) 40 år, Tyndpuds 20 år, Vandtætningssystem 20 år, Flisemørtel
20 år, Fliser 20 år, Fugemasse, cement 20 år, Fugemasse, silikone 20 år; Badeværelsesgulv: Beton 40 år,
Armeringsjern 40 år, Vandtætningssystem 20 år, Flisemørtel 20 år, Fliser 20 år, Fugemasse, cement 20 år,
Fugemasse, silikone 20 år"

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt niet verder meegenomen.

Volgende bron vermeldt op wat de data gebaseerd is (een nieuwe bron), maar heeft een minder relevante toepassing (outdoor toepassingen).

Gielen, D.J. (1997) Building Materials and CO₂., Western European Emission Strategies, ECN-C-97-065.
"The durability class of European hardwoods like Oak, Chestnut or Robinia, is II (life 15 -25 years) vs.
Durability class I (> 25 years) for tropical alternatives like Aobé or Iroke"

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt niet verder meegenomen.

Ook volgende bron vermeldt op wat de data gebaseerd zijn (een nieuwe bron) en heeft wel een relevante toepassing.

Goverse, T. et al. (2001) Wood Innovation in the Residential Sector: Opportunities and Constraints, Resources, Conservation and Recycling 34.

"Current practices in The Netherlands result in an average 'total wood life time' of construction wood of 75-150 years. This is based on the assumption that a structural application of wood in the construction sector has an average lifetime of 75 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt verder meegenomen. Het is echter niet duidelijk over welke houtsoort het gaat.

De volgende bron over stampleem baseert zijn data op actuele levensduurdata en het betreft een relevante toepassing.

Minke, G. (2006) Building with Earth, Birkhäuser, Basel.

“Near the city of Lyon, there are several buildings that are more than 300 years old and are still inhabited.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt verder meegenomen. De levensduur (ESL) wordt weliswaar verminderd met behulp van de factormethode tot een gemiddelde referentielevensduur (RSL), waarbij ESL gelijk is aan $a*b*c*d*e*f*g*RSL(7)$. We gaan er namelijk vanuit dat niet alle gebouwen 300 jaar zullen meegaan en dat de vernoemde gebouwen in de beste omstandigheden al zolang kunnen bestaan. Door alle zeven de factoren op 1.2 te zetten, krijgen we een gemiddelde technische levensduur van 84 jaar.

De volgende bron vermeldt levensduurdata van enkele bouwmaterialen, waarvan de meeste relevant zijn voor de bouw en waarvan de bron gekend is.

Fossdal, S. (1995) Energi og miljøregnskap for bygg, NBI, Oslo.

Bygningsdel	Intervall år	Bygningsdel	Intervall år
Grunnmur Bygningsstamme	50	INNVENDIG	
UTVENDIG		Gulvbelegg tekstil/vinyl	10
Vinduer	35	Gulvbelegg linoleum	15
Dører i tre	20	Fliser	40
Utvendige trepaneler	40	Dører	40
Takrenne og beslag i plast	20	VVS INST ALLASJONER	
Takrenne og beslag i stal	20	Kjeler	15
Takrenne og beslag i kobber	30	Radiatorer	30
Takstein tegl	35	Rørledninger i stal	30
Takstein betong	40	Rørledninger i kobber	30
Maling trevegg	7	Rørledninger i plast	20
Maling mur	7	Vifter	10
		Kanalsystem	20
		Elanlegg	30

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze data is relevant om verder op te nemen. De data voor vloerafwerking wordt meegenomen in de catalogus (versie 2020), andere functies (schrijnwerk, dakbekleding en technische installaties) worden daarin (nog) niet besproken.

De laatste bron vermeldt levensduurdata van een scala aan bouwmaterialen, waarvan de meeste relevant zijn. Bij sommige data wordt direct vermeld op wat ze gebaseerd zijn (zoals actuele levensduurdata en U.S. Census data) of dat het materiaal ontworpen is om een bepaalde levensduur te hebben. Bij andere data wordt vermeld dat de levensduur 'assumed' of 'estimated' is. Bij deze en bij de overige data worden telkens op het einde van het hoofdstuk algemene referenties vermeld. Enkel de eerste groep wordt verder meegenomen.

Lippiatt, B.C. (2007) BEES 4.0 Building for Environmental and Economic Sustainability. Technical Manual and User Guide, NIST, Gaithersburg August.

Concrete Slabs, Walls, Beams, and Columns: "With general maintenance, quality concrete in buildings will generally last more than 100 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Oriented Strand Board (structural roof and wall sheathing): "Based on U.S. Census data, the mid-service life of OSB in the United States is over 85 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt echter niet als aparte dataset meegenomen. Het maakt namelijk deel uit van een framestructuur en dient nog afgewerkt te worden.

Plywood Sheathing (structural roof and wall sheathing): "Based on U.S. Census data, the mid-service life of plywood sheathing in the United States is over 85 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt echter niet als aparte dataset meegenomen. Het maakt namelijk deel uit van een framestructuur en dient nog afgewerkt te worden.

Steel panel with PUR (Exterior Wall System): "The product is assumed to have a useful life of 60 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Brick & Mortar (Exterior Wall Finishes): "Brick walls are often in service for more than 100 years. Older buildings are adapted to new uses, with the existing brick walls included as a design feature."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt meegenomen.

Stucco/ cement plaster (Exterior Wall Finishes): "With general maintenance, a properly installed stucco exterior will have a useful life of 100 years."

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Aluminium Siding (Exterior Wall Finishes): “In some instances, siding without significant corrosion damage can be found after 100 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze bron wordt verder meegenomen. De levensduur (ESL) wordt weliswaar verminderd met behulp van de factormethode tot een gemiddelde referentielevensduur (RSL), waarbij ESL gelijk is aan $a*b*c*d*e*f*g*RSL(7)$. We gaan er namelijk vanuit dat niet alle aluminium buitenafwerkingen 100 jaar zullen meegaan en dat de vernoemde cases in de beste omstandigheden al zolang kunnen bestaan. Door alle zeven de factoren op 1.1 te zetten, krijgen we een gemiddelde technische levensduur van 51 jaar.

Cedar Siding (Exterior Wall Finishes): “The product is assumed to have a useful life of 40 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Vinyl Siding (Exterior Wall Finishes): “Many manufacturers provide warranties of 50 years or longer.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data kan verder opgenomen worden, maar dit materiaal in deze functie wordt (nog) niet meegenomen in de bouwcatalogus.

EPS panel with cement plaster (Exterior Wall Finishes): “Both Dryvit products are assumed to have useful lives of 50 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Cellulose insulation has a functional lifetime of more than 50 years – there is no need to replace or maintain the insulation during normal building use.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Fiberglass insulation has a functional lifetime of more than 50 years – there is no need to replace or maintain the insulation during normal building use.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Mineral wool insulation has a functional lifetime of more than 50 years – there is no need to replace or maintain the insulation during normal building use.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Steel framing is assumed to have a useful life of 75 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Based on U.S. Census data, the mid-service life of a wood-framed house in the United States is over 85 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt verder meegenomen.

Asphalt Shingles (Roof Coverings): “At 20 years, new shingles are installed over the existing shingles. No additional underlayment is generally required, since the original roof covering left in place serves the same purpose as the underlayment. At 40 years, the two layers of shingles and the original underlayment are removed before installing replacement shingles with underlayment.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data is relevant om verder op te nemen, maar deze functie wordt (nog) niet besproken in de catalogus.

Clay Tile (Roof Coverings): “Many clay roofs have been in existence for more than one hundred years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data is relevant om verder op te nemen, maar deze functie wordt (nog) niet besproken in de catalogus.

Fiber Cement Shingles (Roof Coverings): “The product is assumed to have a useful life of 45 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Gypsum board is assumed to have a useful life of 75 years, provided it is well maintained and protected.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Wood composite (Partitions): “Altree is assumed to have a lifetime of 50 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Trespa panels are assumed to have a lifetime of 50 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Latex Paint Products (Wall Finishes to Interior Walls): “One coat of paint is then applied every 4 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Ceramic tile with recycled glass is assumed to have a useful life of 50 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“Through evaluation of actual lifetime data, it has been determined that linoleum has a useful life of 30 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt verder meegenomen.

Vinyl Composition Tile (Floor Coverings): “Based on historical observations, it is estimated that VCT in such applications lasts an average of 40 years before it is replaced due to wear.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt verder meegenomen.

“With general maintenance, properly installed composite marble tile will have a useful life of 75 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“With general maintenance, a properly installed terrazzo floor will have a useful life of 75 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Nylon Carpet (Floor Coverings): “The use phase of this product is either 11 years or 15 years depending on the type of nylon carpeting, broadloom or tile, respectively.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Wool Carpet (Floor Coverings): “With a life of 25 years, the carpet is installed twice over a 50-year period.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

Cork Flooring (Floor Coverings): “Based on information from Natural Cork, its flooring does not require replacement over the 50-year BEES use period.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt verder meegenomen.

“The Herman Miller Aeron chair is designed to last at least 12.5 years under normal use conditions, so the chair is assumed to be replaced three times over the 50-year BEES use period.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

“The design life for concrete pavement is typically 30 years, although longer life designs are now being promoted.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is Relevante toepassing

Conclusie: Deze data is relevant om verder op te nemen, maar deze functie wordt (nog) niet besproken in de catalogus.

“The asphalt parking lot pavement is assumed to have a useful life of greater than 50 years with maintenance performed every 15 years.”

Duidelijk op wat de data gebaseerd is

Relevante toepassing

Conclusie: Deze data wordt niet verder meegenomen.

3 LEVENSDUURDATA

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de opgenomen componenten per functie in de bouwcatalogus, samen met de vermelde technische levensduur uit de verschillende bronnen. Indien verschillende bronnen een specifiek gebouwcomponent vermelden, werd de gemiddelde waarde genomen. Indien er geen levensduurdata voor een specifiek gebouwcomponent in de verschillende referenties teruggevonden werd, werd, indien mogelijk, levensduurdata van een gelijkaardige component overgenomen. Bijvoorbeeld in het geval van een zelfde materialisatie van een gebouwcomponent, maar in een andere functie. Telkens werd weergegeven op wat de data gebaseerd is.

In de bouwcatalogus werd een component met een gemiddelde levensduur van 60 jaar of meer aanzien als een component met een lange levensduur en semi-lang als de componenten een levensduur hebben van 30 jaar. In onderstaande tabellen wordt dit onderscheid met kleur gemaakt: **lange levensduur**, **semi-lange levensduur**, **korte levensduur**.

Tabel 2 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare verticale structuren.

Groep	Subgroep	Materiaal	BBSR					Gemiddelde waarde	Gebaseerd op	
			(8)	(9)	(10)	(11)	(12)			(7)
Massief Blok		Adobe				84		84		
		Adobe, geperforeerd						84	Verticale draagstructuur: Massief: Blok: Adobe	
		Baksteen	50				30 100	60		
		Beton					100	100		
		Beton, geperforeerd						100	Verticale draagstructuur: Massief: Blok: Beton	
		Cellenbeton					30 100	65		
		Kalkzandsteen						100		
		Snelbouwsteen						100		
		Steen					30	30		
		Stro								
		Zachthout		75					75	
	Log	Glulam							75	Verticale draagstructuur: Massief: Log: Zachthout
Zachthout			75					75		
Muur		Beton, prefab						60	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Beton	

	CLT				75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout
	Glulam				75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout
	Hout, gedeuveld	75			75	
	LVL				75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout
	Stampleem, prefab				67	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Stampleem
Hol	Hout	75			75	
Frame	Houten I-profielen				71	Verticale draagstructuur: Frame: Zachthout
	Staal	50		50	50	
	Zachthout	50	75	85	75	71
Kolom	Beton, prefab				60	Verticale draagstructuur: Kolom: Beton
	Glulam				61	Verticale draagstructuur: Kolom: Zachthout
	LVL				61	Verticale draagstructuur: Kolom: Zachthout
	Staal	50		30 100	60	
	Zachthout	50	75	20 100	61	Verticale draagstructuur: Massief: Blok: Adobe

Tabel 3 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare horizontale structuren.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	BCIS (3)	Goverse (9)	Lippiatt (10)	Perret (12)	SBR (7)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Massief	Beton, prefab							64	Horizontale draagstructuur: Massief: Beton
	CLT	50						50	
	Glulam	50						50	
	Hout, gedeuveld	50		75				63	
Hol	Beton, prefab							75	Horizontale draagstructuur: Hol: Beton
	Glulam	50						50	
Frame	Hout	50	60	75	85	20	75	61	
	Houten I-profielen		60					60	
	LVL		60					60	
	Staal							50	Verticale draagstructuur: Frame: Staal
Balk	Beton, prefab							63	Horizontale draagstructuur: Balk: Beton
	Houten I-profielen		40					40	
	LVL		40					40	
	Staal	50	75			30	100	64	

Tabel 4 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare niet-dragende structuren.

Groep	Subgroep	Materiaal	BBSR BCIS Minke Perret				Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
			(8)	(3)	(11)	(12)		
Massief Blok		Adobe	84				84	
		Adobe, geperforeerd					84	Zelfdragende wand: Massief: Blok: Adobe
		Baksteen	50				50	
		Baksteen, geperforeerd	85				85	
		Beton	72				72	
		Beton, geperforeerd					72	Zelfdragende wand: Massief: Blok: Beton
		Cellenbeton	60				60	
		Gips	50		30		40	
		Gips, geperforeerd					40	Zelfdragende wand: Massief: Blok: Gips
		Hout					75	Verticale draagstructuur: Massief: Blok: Hout
		Kalkzandsteen					100	
		Steen					30	
		Stro						
	Log	Glulam					75	Verticale draagstructuur: Massief: Log: Zachthout
		Zachthout					75	Verticale draagstructuur: Massief: Log: Zachthout
	Muur	Beton, prefab					50	Zelfdragende wand: Massief: Muur: Beton
		CLT					75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout
Glulam						75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout	
Hout, gedeuveld						75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout	
Houtwolcement								
Karton		30				30		
LVL						75	Verticale draagstructuur: Massief: Muur: Hout	
	Stampleem, prefab					84	Zelfdragende wand: Massief: Muur: Stampleem	
	Vlasscheven							
Hol	Hout					75	Verticale draagstructuur: Hol: Hout	
Frame	Houten I-profielen					50	Zelfdragende wand: Frame: Zachthout	

LVL			50	Zelfdragende wand: Frame: Zachthout
Staal	50	30	80	53
Zachthout	50	50		50 Zelfdragende wand: Massief: Blok: Adobe

Tabel 5 Overzicht van de levensduurdata van (demonteerbare) gevelafwerkingen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	BCIS (3)	Lippiatt (10)	Perret (12)	SBR (7)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Blok	Baksteen	50	80	100	80	100	82	
	Baksteen, geperforeerd						82	Gevelafwerking: Blok: Baksteen
	Beton	50	55		80	100	71	
	Polyethyleen							
Plaat	Aluminium	50		51	20	60	45	
	Beton	50	60			75	62	
	Glas, geëmailleerd	50			30	40	40	
	Hardhout	40			20	60	40	
	Houtvezelcement	40				25	33	
	HPL	40				25	33	
	Multiplex	40				30	35	
	Natuursteen	50	60			75	62	
	Staal	50	40			50	47	
	Vezelcement	50	35		25		37	
	Zachthout	40			20	30	30	
	Zink	50	50			25	42	
	Pleister	Cement	45			30	25	33
Kalk		45					45	

Tabel 6 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare verticale thermische isolatiematerialen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	SBR (7)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Los	Cellulosevezel		30	30	
	Katoen, gerecycleerd				
	Klei, geëxpandeerd	50		50	
	Kurk, geëxpandeerd			40	Verticale thermische isolatie: Hard: Kurk, geëxpandeerd
	Houtkrullen			40	Verticale thermische isolatie: Hard: Houtvezel
	Houtvezel			40	Verticale thermische isolatie: Hard: Houtvezel
	Houtwol			40	Verticale thermische isolatie: Hard: Houtwol
	Perliet, geëxpandeerd			75	Horizontale thermische isolatie: Hard: Perliet, geëxpandeerd
	Polystyreen, geëxpandeerd			63	Verticale thermische isolatie: Hard: EPS, XPS
	Schapenwol				
	Steenwol			75	Verticale thermische isolatie: Deken: Steenwol
	Stro				
	Turf				
	Vermiculiet, geëxpandeerd				
Deken	Cellulosevezel		30	30	
	Glaswol		75	75	
	Hennepvezel				
	Houtvezel			40	Verticale thermische isolatie: Hard: Houtvezel
	Jute				
	Katoen, gerecycleerd				
	Vlasvezel		40	40	
	Schapenwol				
Hard	Steenwol		75	75	
	Cellenglas	50	100	75	
	EPS, XPS	50	75	63	
	Fenol- of resolschuim		75	75	
	Houtvezel	40		40	

Kalkhennep			50	Horizontale thermische isolatie: Hard: Kalkhennep
Kurk, geëxpandeerd	40		40	
Polyurethaan	50	75	63	
Riet				
Steenwol	50	75	63	
Stro				

Tabel 7 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare horizontale thermische isolatiematerialen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	SBR (7)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Los	Cellulosevezel	50		50	
	Katoen, gerecycleerd				
	Klei, geëxpandeerd			50	Verticale thermische isolatie: Los: Klei, geëxpandeerd
	Kurk, geëxpandeerd	50		50	
	Houtkrullen	50		50	
	Houtvezel	50		50	
	Houtwol			50	Horizontale thermische isolatie: Los: Houtkrullen
	Perliet, geëxpandeerd			75	Horizontale thermische isolatie: Hard: Perliet, geëxpandeerd
	Vermiculiet, geëxpandeerd				
	Zeegras				
Deken	Cellulosevezel	50	30	40	
	Glaswol	50	75	63	
	Hennepvezel	50		50	
	Houtvezel	50		50	
	Katoen, gerecycleerd				
	Schapenwol				
	Steenwol	50	100	75	
Vlasvezel	50	40	45		
Hard	Cellenglas	50	100	75	

EPS, XPS	50	75	63
Fenol- of resolschuim		30	30
Houtvezel	50		50
Kalkhennep	50		50
Kurk, geëxpandeerd	50		50
Perliet, geëxpandeerd		75	75
PIR		75	75
Polyurethaan	50	75	63
Riet			
Steenwol	50	100	75

Tabel 8 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare wandafwerkingen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	BCIS (3)	Perret (12)	Gemiddelde waarde
Plaat	Aluminium	50			50
	Calciumsilicaat				
	Gipskarton	50	37		44
	Gipsvezel				
	Hardhout	50	50		50
	HDF	50			50
	Hout, gelamineerd	50			50
	Klei	50			50
	MDF	50	30		40
	Multiplex	50	35		43
	OSB	50			50
	PVC	50	30		40
	Staal	50			50
	Spaanplaat	50	30		40
	Vezelcement		37		37

	Zachthout	50			50
Flexibel	Behangpapier	10	8	8	9
	Jute	15		10	13
	Kurk				
	Leer				
	Linnen	15		10	13
	PVC		30		30
Tegel	Glas	50			50
	Graniet	50	40	50	47
	Keramik	50	25	50	42
	Marmer	50	45	50	48
Pleister	Cement	50	50		50
	Gips	50	50		50
	Kalk	50	50		50
	Leem	50	50		50

Tabel 9 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare plafondafwerkingen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	BCIS (3)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Plaat	Aluminium	50	25	38	
	Calciumsilicaat				
	Gipskarton	50	40	45	
	Gipsvezel				
	Hardhout	50		50	
	HDF	50		50	
	Hout, gelamineerd	50		50	
	Houtswolcement		25	25	
	Klei			50	Wandafwerking: plaat: klei
	LVL	50		50	

	MDF	50	30		40	
	Multiplex	50			50	
	OSB	50			50	
	PVC		25		25	
	Staal	50			50	
	Spaanplaat	50			50	
	Vezelcement				37	Wandafwerking: plaat: vezelcement
	Zachthout	50			50	
Flexibel	PVC	10			10	
	Polyester	10			10	
Pleister	Cement				50	Wandafwerking: pleister: cement
	Gips		35		35	
	Kalk				50	Wandafwerking: pleister: kalk
	Leem				50	Wandafwerking: pleister: leem
Coating	Olie				8	Vloerafwerking: coating: olie
	Verf					
	Vernis					

Tabel 10 Overzicht van de levensduurdata van demonteerbare vloerafwerkingen.

Groep	Materiaal	BBSR (8)	BCIS (3)	Perret (12)	Fossdal (13)	Lippiatt (10)	Gemiddelde waarde	Gebaseerd op
Plaat	Aluminium						38	Plafondafwerking: plaat: aluminium
	Bamboe	50	30	40			40	
	Hardhout	50	30	40			40	
	HDF						50	Plafondafwerking: plaat: HDF
	Koper							
	Kurk	20	15			50	28	
	Laminaat	20					20	
	Linoleum						21	Vloerafwerking: flexibel: linoleum

	MDF					40	Plafondafwerking: plaat: MDF
	Multiplex	40				40	
	OSB					50	Plafondafwerking: plaat: OSB
	Spaanplaat	30				30	
	Staal	50				50	
	Vinyl					22	Vloerafwerking: flexibel: vinyl
	Zachthout	50	30	40		40	
Flexibel	Kurk	20	15		50	28	
	Linoleum	20	20	15	30	21	
	Tapijt	10	12			11	
	Vinyl		15	10	40	22	
Tegel	Graniet	50		50	40	47	
	Keramisch	50	50	50	40	48	
	Marmer	50		50	40	47	
Gietvloer	Cement		20			20	
	Kunsthars	30	12			21	
Coating	Olie	8				8	
	Houtlak	15				15	
	Vernis						

4 BIBLIOGRAFIE

1. Vandenbroucke M. & Brancart S. Catalogus veranderingsgericht bouwen: Functionele lagen. Mechelen: OVAM; 2020.
2. OVAM, SPW, BIM. Levensduren van materialen in TOTEM [Internet]. 2018 [cited 2018 Jul 8]. Available from: <https://www.totem-building.be/>
3. BCIS. Life Expectancy of Building Components: Surveyors' experiences of buildings in use - A practical guide. 2de editie. Londen: BCIS; 2006.
4. Berge B. The Ecology of Building Materials. 2nd ed. Oxford, UK: Elsevier; 2009.
5. ISO. Buildings and constructed assets- Service life planning. ISO 15686 2011.
6. NIBE. Milieuclassificaties [Internet]. 2018. Available from: <https://www.nibe.info>
7. Vissering CL. Levensduur van bouwproducten: Methode voor referentiewaarden. SBR; 2011.
8. BBSR. Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). 2017.
9. Goverse T, Hekkert MP, Groenewegen P, Worrell E, Smits RE. Wood innovation in the residential construction sector; opportunities and constraints. *Resour Conserv Recycl.* 2001;34(1):53–74.
10. Lippiatt BC. BEES 4.0 Building for Environmental and Economic Sustainability. Technical Manual and User Guide. Gaithersburg August: NIST; 2007.
11. Minke G. Building with earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Basel: Birkhäuser; 2006.
12. Perret J. Guide de la maintenance des bâtiments. Paris: Le Moniteur Editions; 1995.
13. Fossdal S. Energi og miljøregnskap for bygg. Oslo: NBI; 1995.