A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

Betonok életciklus értékelése – irodalmi áttekintés alapján

TÓTHNÉ SZITA KLÁRA

MTA MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

Érintett kérdések

Cement és beton a világtermelési adatok

Betonok csoportosítása

Kutatás célja – alkalmazott módszerek

Beton LCA-k a publikációkban

Betonok életciklus adatai adatbázisokban

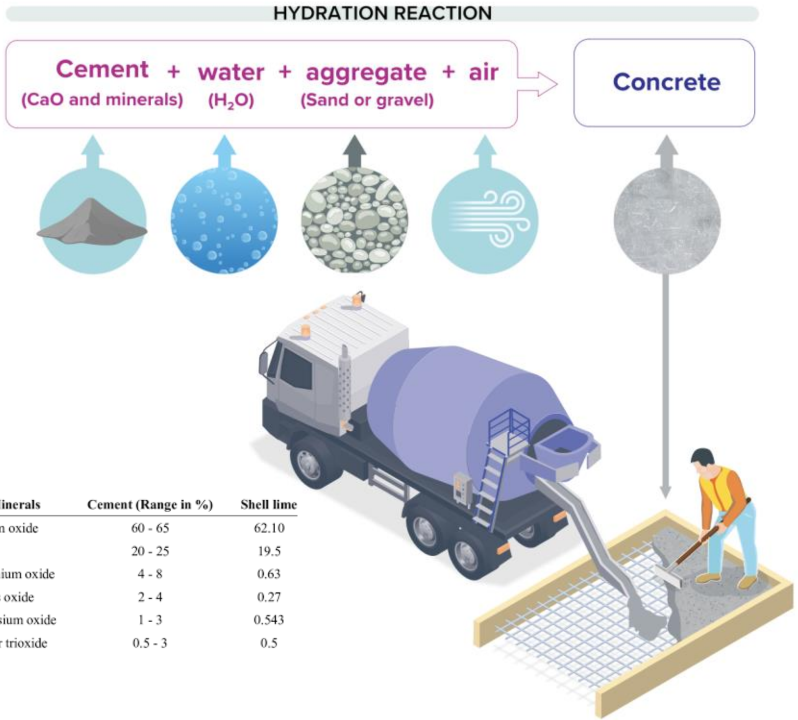
EPD-k és beton LCA-k összehasonlítása, LCA alkalmazások

Körforgásos megoldások LCA elemzése

Konklúzió

Cement és beton

Turning cement into concrete

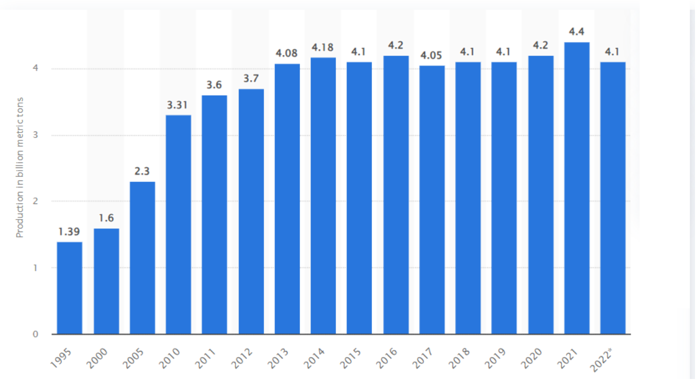


S. No.	Minerals	Cement (Range in %)	Shell lime
1	Calcium oxide	60 - 65	62.10
2	Silica	20 - 25	19.5
3	Aluminium oxide	4 - 8	0.63
4	Ferrous oxide	2 - 4	0.27
5	Magnesium oxide	1 - 3	0.543
6	Sulphur trioxide	0.5 - 3	0.5

Forrás https://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/2022/11/cement-to-concrete.png

Production volume of cement worldwide from 1995 to 2022

(in billion metric tons)



Forrás: Statista Account

A beton összetétele:

- cement 10-20 %, (sokféle)
- homok, kavics 60-75 %
- víz 10 %
- adalékanyag

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

A kutatás célja, alkalmazott módszerek

A BETONOK KÖRNYEZETI HATÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK MEGHATÁROZÁSA

A KÖRNYEZETBARÁT BETONOK KIALAKÍTÁSÁT SEGÍTŐ MEGOLDÁSOK

BIOBETONOK

KÜLÖNLEGES TULAJDONSÁGOK

ÉS A KÖRNYEZETI HATÁSOK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK

· _ ·

BIBLIOMETRIKUS VIZSGÁLAT

LCA ÖSSZEHASONLÍTÁSOK

Betonok csoportosítása (MSZ 4798)

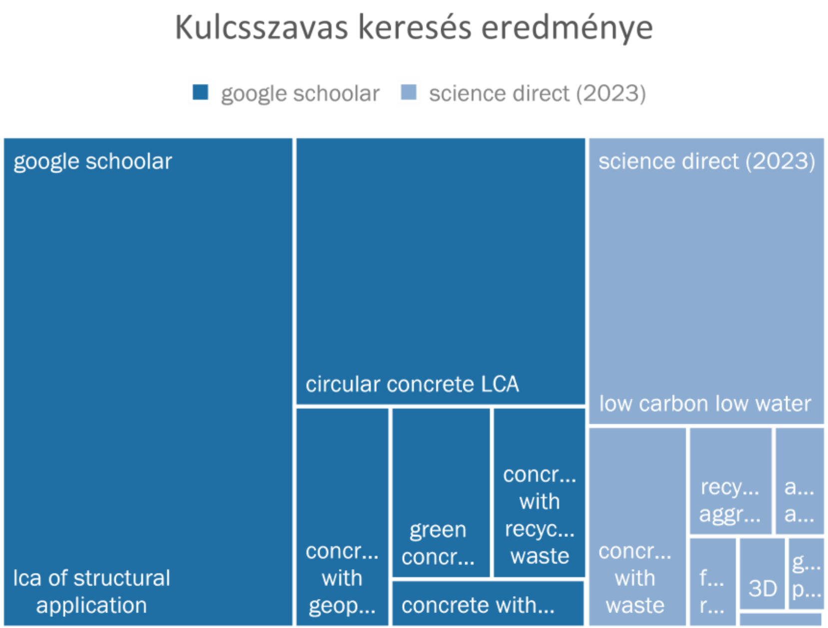
- Csoportosítás-Jelölés

Testsűrűség	Konzisztencia	Tartósság
Könnyűbeton	Földnedves (FN)	Fagyás (XF)
Normálbeton	Kissé Képlékeny (KK)	Korrózió (XK)
Nehézbeton	Képlékény (K)	Víznyomás (XV)
	Folyós (F)	Kopás (XK)

C8/10-XN(H)-16-F2
C: concrete
8/10: nyomószilárdság N/mm2
X: környezeti osztályozás
Azt követő számok a kavics szemcseméretét jelölik
F: konzisztencia, a számok növekvő sorrendben egyre folyósabb állagot jelölnek

Az **XD2 és XD3** - újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyaggal készíteni nem szabad.
Az **XF2, XF3, XF4, XF2(H) és XF4(H)** – nem használható 4 mm alatti újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyag
Az **XA4(H) és XA6(H)** – nem használható újrahasznosított vagy visszanyert adalékanyag

LCA irodalmak keresése



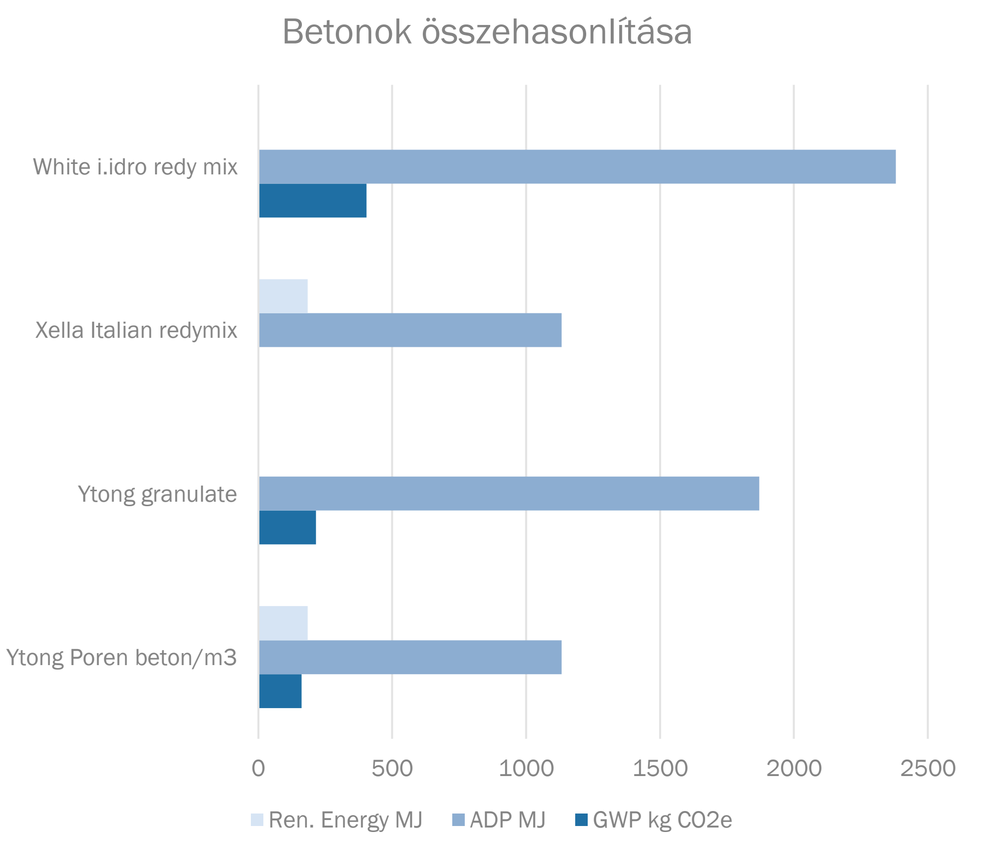
google schoolar	concrete with recycled waste	5760
	green concrete	6140
	concrete with slag	3300
	lca of structural application	50300
	concrete with geopolimer	7420
	concrete with sewage sludge ash	30
	circular concrete LCA	27700
science direct (2023)	ready mix	4
	3D	1278
	alkali activated	2020
	concrete with waste	7115
	low carbon low water	24221
	sewage sludge	11
	fiber reinforced concrete	1593
	recycled aggregate	3297
	glass powder in concrete	1026
	circular concrete LCA	489

LCA Adadatbázisok

- Digital Environmental Hub for Global construction products

https://lcadatabase.com/

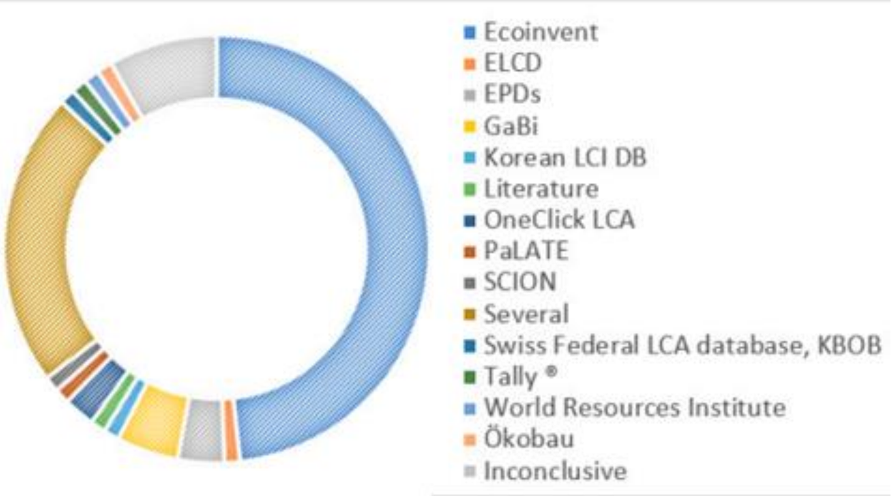
-

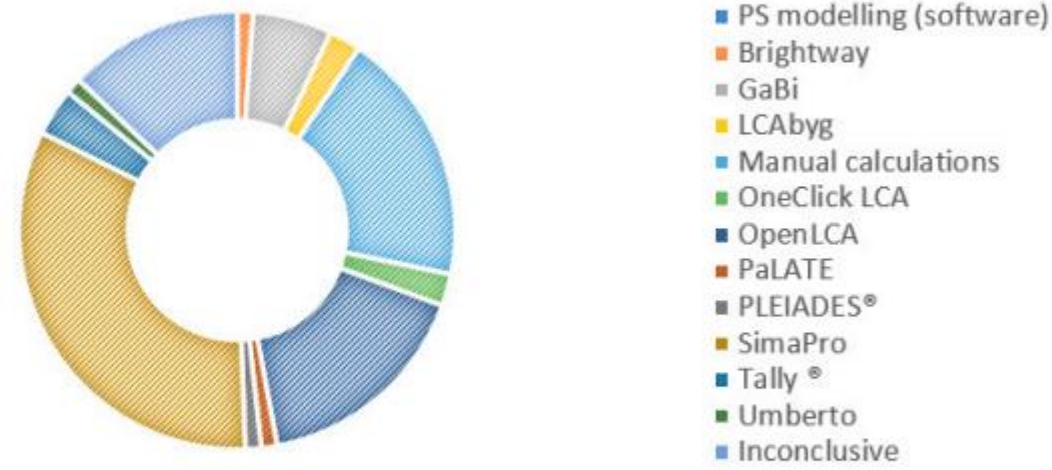


A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

Publikációk mögötti LCA Adatbázisok

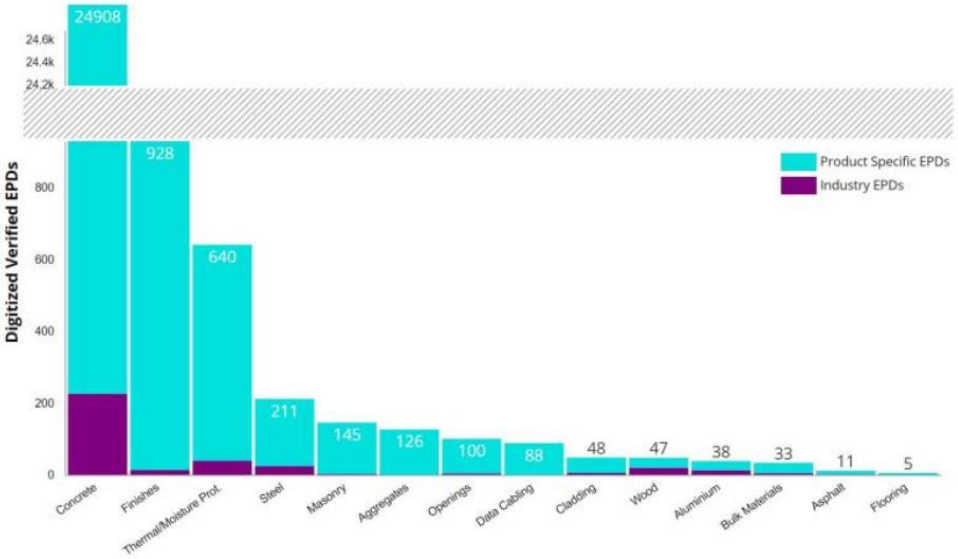




Termékrendszer modellező szoftverek (Anderson et al. 2022)

EPD

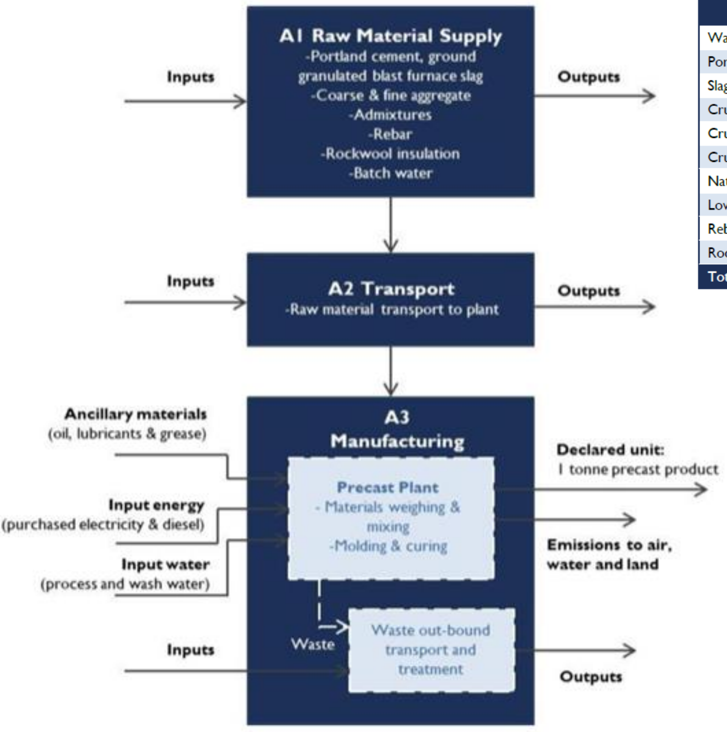
Kötelező hatásmutatói
- *GWP, kg CO_2eq*
- *ODP, kg CFC11eq*
- *AP, kg SO_2e*
- *EP, Neq kg*
- *POCP, kg O_3eq*
- *ADP_f MJ*



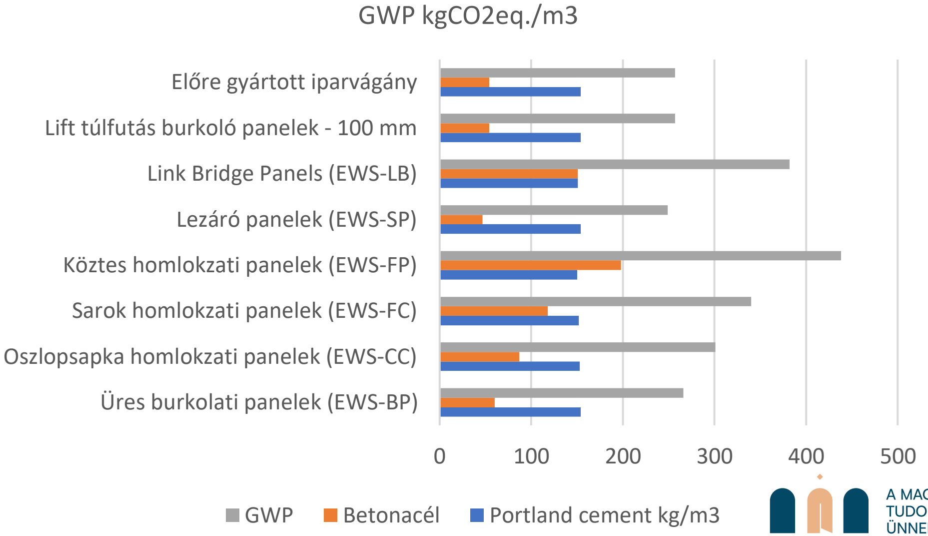
Előregyártott betonelemek (A1-A3)

Material Content for HPBS-PC-01 Façade Cladding Panels – kg per m³ product

Material	Blank Cladding Panels (EWS-BP)	Column Cap Facade Panels (EWS-CC)	Corner Facade Panels (EWS-FC)	Intermediate Facade Panels (EWS-FP)	Capping Panels (EWS-SP)	Link Bridge Panels (EWS-LB)	Lift Overrun Cladding Panels - 100mm	Precast Siding
Water	87	87	86	85	87	86	87	87
Portland Cement	154	153	152	150	154	151	154	154
Slag Cement (GGBFS)	87	86	86	84	87	85	87	87
Crushed Coarse Aggregate, 20mm	418	416	413	406	419	410	419	419
Crushed Coarse Aggregate, 10mm	235	233	232	228	235	230	235	235
Crushed Fine Aggregate, 0-5mm	392	390	388	381	393	385	393	393
Natural Fine Aggregate, dune sand	137	136	136	133	138	135	137	137
Low Range Water Reducing Admixture	3	3	3	3	3	3	3	3
Rebar	60	87	118	198	47	151	54	54
Rockwool Insulation	50	50	50	50	50	50	50	50
Total	1,624	1,642	1,663	1,717	1,614	1,685	1,619	1,619



Product Stage (module A1 to A3) System Boundary



Declaration No: EPD 081

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

EPD10639

Material	*Amount*
Binders	10 – 20 %
Sands	25 – 35 %
Aggregates	35 - 45 %
Admixtures	< 1 %
Water	5 - 10 %

Note: emerging LCA impact categories and inventory items are still under development and can have high levels of uncertainty that preclude international acceptance pending further development. Use caution when interpreting data in these categories.

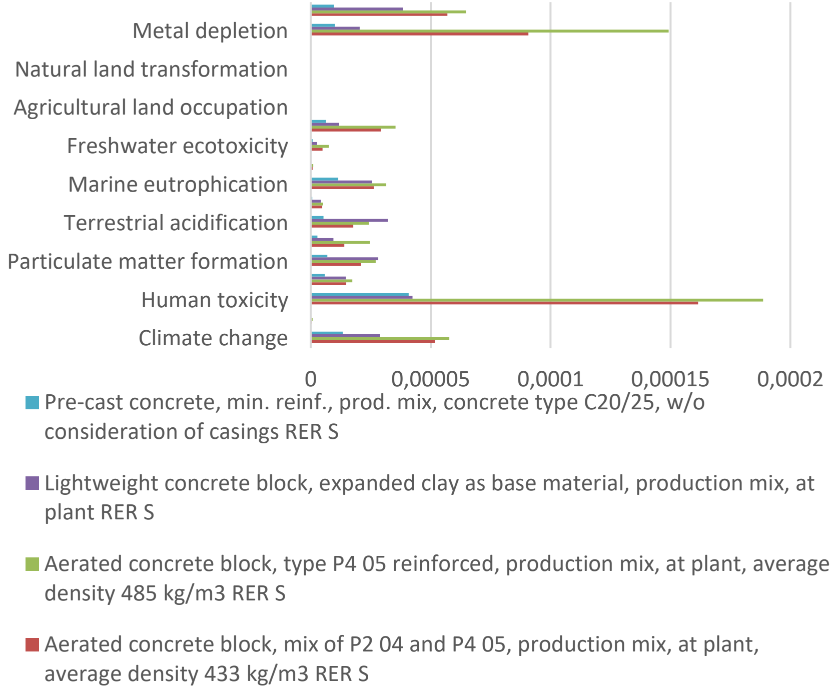
Results of the LCA - environmental impact:1 m3 Ready Mix Concrete - TRACI v 2.1	A1	A2	A3	Total
Global warming potential (GWP 100) [kg CO2 eq.]	1.58E+02	5.04E+00	9.87E-01	1.64E+02
Ozone depletion potential (ODP) [kg CFC 11 eq.]	8.58E-06	1.27E-06	2.91E-07	1.01E-05
Acidification potential (AP) [kg SO2 eq]	5.20E-01	1.86E-02	5.20E-03	5.44E-01
Eutrophication potential (EP) [kg N eq.]	4.39E-02	2.62E-03	1.02E-03	4.75E-02
Photochemical smog creation potential (POCP) [kg O3 eq]	7.29E+00	4.09E-01	8.97E-02	7.79E+00
Abiotic depletion potential for non fossil resources (ADPelements) [kg Sb eq]	1.27E-03	8.69E-05	2.15E-05	1.38E-03
Abiotic depletion potential for fossil resources (ADPfossil) [MJ]	1.00E+03	7.92E+01	2.48E+01	1.11E+03

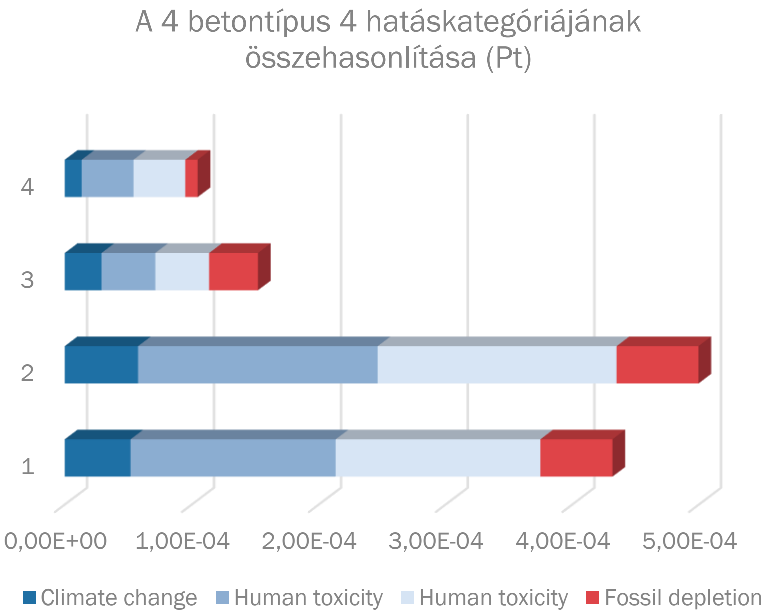
Results of the LCA - resource use:1 m3 Ready Mix Concrete	A1	A2	A3	Total
Renewable primary energy as energy carrier (PERE) [MJ]	8.74E+01	9.97E-01	2.30E+01	1.11E+02
Renewable primary energy resources used as raw materials (PERM) [MJ]	0.00E+00	0.00E+00	4.70E+01	4.70E+01
Total use of renewable primary energy resources (PERT) [MJ]	8.74E+01	9.97E-01	7.00E+01	1.58E+02
Non-renewable primary energy as energy carrier (PENRE) [MJ]	9.99E+02	7.92E+01	2.48E+01	1.10E+03
Non-renewable primary energy resources used as raw materials (PENRM) [MJ]	7.23E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.23E+00
Total use of non-renewable primary energy resources (PENRT) [MJ]	1.01E+03	7.92E+01	2.48E+01	1.11E+03
Use of secondary material (SM) [kg]	3.72E-01	0.00E+00	6.35E-04	3.72E-01
Use of renewable secondary fuels (RSF) [MJ]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of non-renewable secondary fuels (NRSF) [MJ]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Recovered energy (RE) [MJ]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of net fresh water (FW) [m3]	3.69E+00	1.65E-02	5.32E-03	3.71E+00

Results of the LCA - output flows and waste categories:1 m3 Ready Mix Concrete	A1	A2	A3	Total
Hazardous waste disposed (HWD) [kg]	3.63E+00	7.70E-02	6.63E-02	3.77E+00
Non-hazardous waste disposed (NHWD) [kg]	1.38E+02	8.51E+00	1.67E+00	1.48E+02
High level radioactive waste (RWD) [kg]	1.83E-05	4.14E-08	5.23E-06	2.36E-05
Intermediate and low level radioactive waste[kg]	5.15E-04	1.31E-06	6.54E-05	5.82E-04
Components for reuse (CRU)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for recycling (MFR)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for energy recovery (MER)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Exported electrical energy (EEE) [MJ]	x	x	x	x
Exported thermal energy (EET) [MJ]	x	x	x	x

Betonok környezeti hatásának összehasonlítása

(SimaPro 7.2 - Recipe-midpoint)



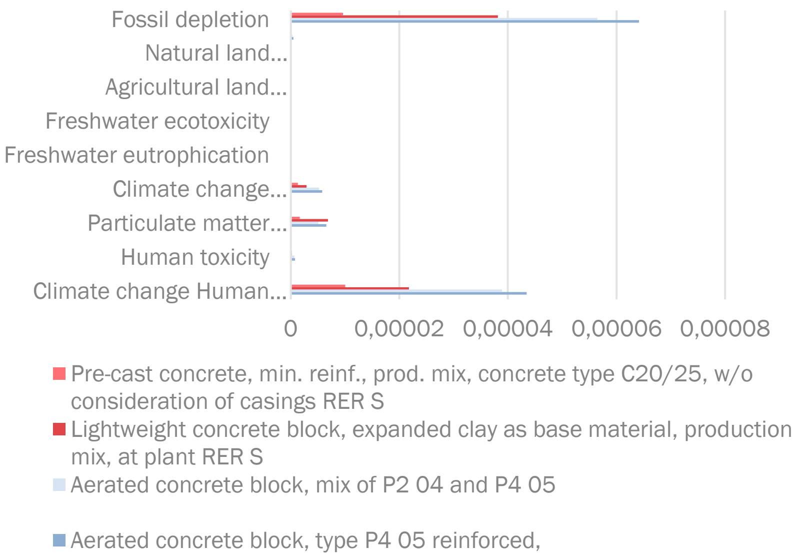


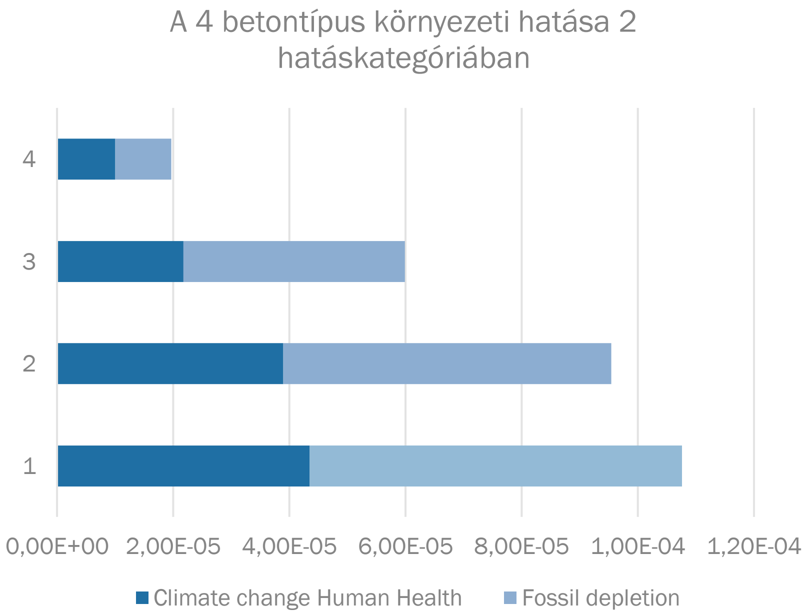
A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

Betonok környezeti hatásának összehasonlítása

(SimaPro 7.2 - Recipe-endpoint)





A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

Beépített terület költsége, víz és szénlábnyoma és a hatások %-os megoszlása

Chapter	ELEMENT/ TYPOLOGY	Cost (€/m^2) PL	PZ	PC	PP	Water Footprint ($m^3{}_{water}/m^2$) PL	PZ	PC	PP	Carbon Footprint ($kgCO_2eq/m^2$) PL	PZ	PC	PP
03-FOUNDATIONS	Rebar	5.56	8.28	8.63	0.19	0.13	0.19	0.20	0.00	6.83	10.17	10.61	0.24
	Piles	0.00	0.00	0.00	19.79	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	19.72
	Formwork	4.47	4.47	7.59	4.47	0.69	0.69	1.18	0.69	−1.14	−1.14	−1.93	−1.14
	Reinforced concrete (foundation)	1.72	1.85	1.30	0.68	0.09	0.10	0.07	0.04	6.32	6.79	4.79	2.48
	Bulk concrete	27.50	2.33	2.24	0.00	1.01	0.09	0.08	0.00	35.51	3.01	2.89	0.00
05-STRUCTURES	Hot-rolled steel	16.53	6.20	5.96	9.34	0.61	0.23	0.22	0.34	37.02	13.88	13.34	20.91
	Forged steel	0.00	0.00	0.00	6.18	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	7.59
	Rebar	64.54	5.15	6.39	8.30	4.12	0.33	0.41	0.53	275.72	22.00	27.32	35.48
	Reinforced concrete (structure)	5.20	38.78	38.78	21.26	0.07	0.51	0.51	0.28	5.07	37.83	37.83	20.74
06-MASONRY	Walls of concrete blocks	0.44	0.30	1.10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.56	0.38	1.41	0.00
	Partition walls	3.06	1.53	0.94	1.53	0.04	0.02	0.01	0.02	6.74	3.37	2.08	3.37
	Interior brickwork	17.81	30.35	53.69	11.71	0.73	1.24	2.20	0.48	53.17	90.60	160.27	34.95
	Precast concrete	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00
10-COATINGS	Finishes	3.46	2.04	2.04	2.04	0.15	0.09	0.09	0.09	4.64	2.73	2.73	2.73
	Floors	52.58	61.16	64.24	61.16	1.13	1.27	1.33	1.27	21.16	22.62	23.66	22.62
	Ceilings	2.09	1.07	0.26	1.07	0.01	0.01	0.00	0.01	0.87	0.45	0.11	0.45
	Finishes and windowsills	2.73	2.73	8.03	4.66	0.71	0.71	2.08	1.21	2.27	2.27	6.69	3.88
	% TOTAL	77.8%	53.6%	66.5%	78.9%	92.5%	73.9%	90.1%	95.4%	87.6%	78.7%	89.0%	97.0%

Forrás: Lopes R. Silva, D.; Rivero-Camacho, C.; Rusu, D.; Marrero, M. Methodology for Improving the Sustainability of Industrial Buildings via Matrix of CombinationsWater and Carbon Footprint Assessment. Sustainability **2022**, 14, 15297. https://doi.org/10.3390/su142215297

Mit tud aCarbon Cure – boxplot diagram

CarbonCure at Ozinga's Miami plant, which became the first CarbonCure system installed in the state of Florida in 2020.

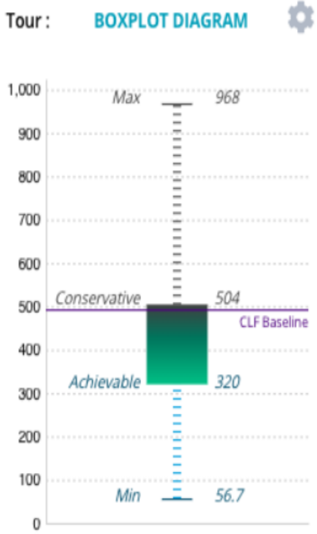
Figure 1: CarbonCure's Impact on GWP (CO_2e) of Select Ozinga Concrete Mixes

Mix ID	Strength (psi @ 28 days)	GWP without CarbonCure (kg CO_2e/ yd^3)	GWP with CarbonCure (kg CO_2e/ yd^3)	GWP Reduction
1686SH	4000	294.48	274.63	6.74%
1474SH	6000	279.44	262.38	6.11%
1145S	8750	366.46	347.4	5.20%

Source: Environmental Product Declaration, Ozinga Ready Mix, issued March 26, 2020.

On average, across the 30 Ozinga mix design variations in which CarbonCure was used, CO_2 mineralization reduced the GWP of the concrete by 6.0%.

kgCO2e embodied per 1 yd3



An EC3 generated boxplot diagram of the GWP of 1,926 concrete mixes meeting 6000 psi design strength

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA

Körforgásos gazdaság

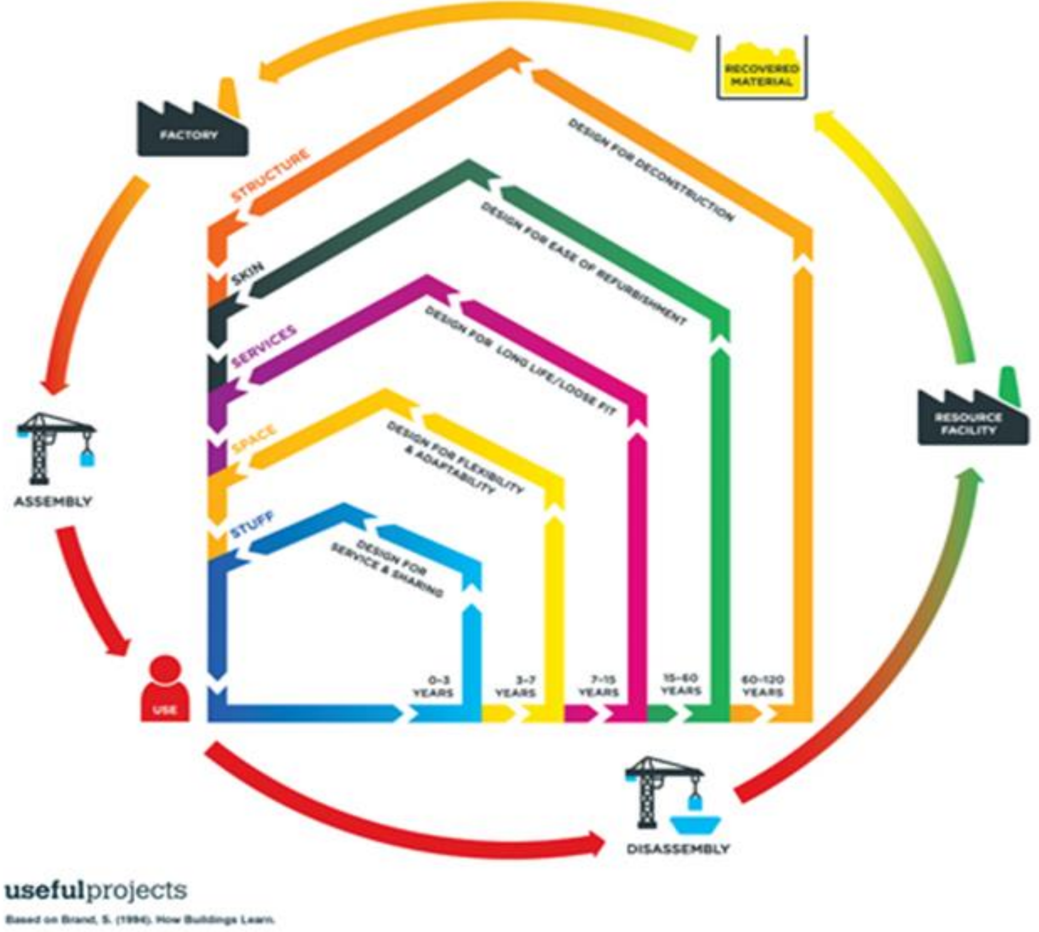
European Building Summit 2023 Barcelona

-Surfing the "renovation wave"

- The importance of well measuring
- Értékelés CF szerint

CF_{CB} =∑_(i=1)^n CF $_{i}$

Ahol i: az egyes hurkok jelölése



Forrás: Dobson, 2017

Konklúzió

- A beton az építésgazdaság nélkülözhetetlen alapanyaga
  - Környezetterhelését főként a cement magas erőforrás és energia igénye determinálja
  - Gyártása CO_2 emisszóval jár
  - Megtestesült karbontartalma magas
  - Hulladékok mennyisége magas
- LCA nélkülözhetetlen az EPD kidolgozásához – legtöbb EPD betonra készült
- LCA szerepe nő a szerepe a Körforgásos gazdaság tervezésénél – a CF számításokál
- LCA segíti a környezetbarát betonok tervezését (biobetonok, speciális betonok stb.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

mta.hu

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE

MTA MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA