



A pozdorjaadalékos beton elemzése

Analysis of Concrete with Chaff

Fekete L. Mátyás

Építőmérnöki Kar, Kolozsvári Műszaki Egyetem, e-mail: feketematyas01@gmail.com

Témavezetők: dr. Raluca Iştoan, e-mail: raluca.fernea@ccm.utcluj.ro

és dr. Elena Jumate, elena.jumate@ccm.utcluj.ro

Abstract

Can the reintroduction of a traditional building material lessen the emission of greenhouse gas emissions of the construction industry? The study below will present the search for the answer to this question. Given that the used hemp shives, compared to cement, have low mechanical strength but act as a great thermal insulator, I tried four recipes to find the best ratio among the elements after determining the bending, compressive and tensile strengths. The study also analyzes the price of hempcrete, comparing it to the price of hollow bricks, to examine the material's viability from a financial perspective. Additionally, it compares the carbon dioxide emissions of hempcrete and bricks.

Keywords: *environmentally friendly, sustainable, pollutant-free, natural, thermal insulator.*

Összefoglalás

Vajon egy hagyományos anyag visszavezetése segíthet-e csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását az építőiparban? A jelen tanulmány e kérdés látszólag egyszerű válaszában a kutatását mutatja be. Tudva, hogy a felhasznált pelyvák, a kender mechanikai szilárdsága kicsi, de a hőszigetelő képessége nagy a cementhez képest, négy különböző receptet próbáltam ki, hogy megtaláljam az optimális arányt az összetett anyag összetevő elemei között a hajlító- és nyomószilárdságok meghatározása után. A tanulmányban elemzés tárgya a kenderbeton ára is, összehasonlítva az üreges téglák árával, hogy pénzügyi szempontból is meg lehessen vizsgálni az anyag életképességét, valamint összehasonlítom a kenderbeton és a téglák szén-dioxid-kibocsátását.

Kulcsszavak: *környezetbarát, fenntarthatóság, szennyezőanyag-mentesség, természetesség, hőszigetelés.*

1. Bevezetés

Az utóbbi években növekvő tendencia az, hogy „zöld” építőanyagokat használjunk, és várható, hogy ez a piac 2030-ig megduplázódik [1]. Ennek a piacnak a szükségleteit új és innovatív anyagok létrehozásával vagy már meglévő anyagok javításával lehet kielégíteni.

Az utóbbi években a textilipar elkezdte visszavezetni a kendert a termelésbe. Mivel a kenderrost iránti igény növekszik, és ez az ipar csak a törzs külső rostját használja fel, a növény többi részét hulladéknak tekintik. Ez a maradék a kémény rost, amelyből a kenderpelyva készül.

Az építőipar és a feldolgozóipar együttesen az üvegházhatású gázok 21%-át állítják elő, ugyanakkor befolyásolják az energiafogyasztást is, amely a kibocsátott gázok 40%-át teszi ki [2]. Egy hőszigetelt épület 10%-kal kevesebb energiát igényel [3], tehát a kisebb hőátbocsátó tényezőjű anyagok használata csökkenti az energiafogyasztást.

A kenderpelyva, amelynek sűrűsége 85–90 kg/m³ [4], keverhető cementtel és mésszel egy kitűnő hőszigetelő képességű, de kis mechanikai szilárdságú anyag létrehozásához; ezt az anyagot a tudományos közösség már évek óta kutatja.

2. Anyagok és módszer

2.1. Használt anyagok

Egy kiindulási pont meghatározásához reprodukáltuk Nguyen és társai 2010-ben készült HH1-es receptjét [5]. Ebben a receptben a kötőanyag és a pelyva közötti arány 2,12, a víz és a kötőanyag közötti arány 1,52.

A felhasznált pelyva a Hempflax Romania terméke volt, a cement Holcim ExtraDur 52, a hidralt mész Carmeuse – Super Calco M. A tömörítést kézi módon végeztük.

A kenderpelyva az apróra darált, 3 milliméternél kisebb átmérőjűre darált szár. A használt cement 52,5 N/mm²-es nyomószilárdságú.

Az összes keverékbe 2,14-szer több kötőanyag került, mint pozdorja, és 1,52-szer több víz, mint kötőanyag. A négy recept különbsége a kötőanyag összetételében rejlett: a kontrollreceptben (R0) 100% oltott meszet használtunk, az első receptben (R1) 33% cementet és 67% oltott meszet, a második receptben (R2) 67% cementet és 33% oltott meszet, a harmadik receptben (R3) pedig 100% cementet.

1. táblázat. 5,43 dm³ kötőanyag elkészítéséhez szükséges összetevő anyagok

	Kender (g)	Cement (g)	Mész (g)	Víz (L)
R0	535	0	1145	1,74
R1	535	378	767	1,74
R2	535	767	378	1,74
R3	535	1145	0	1,74

2.2. A sűrűség meghatározása

Minden tesztet laboratóriumi körülmények között, 15–20 °C hőmérsékleten és 30–50% relatív páratartalom mellett végeztünk el.

Az eredeti sűrűség meghatározásához az elkészített anyagot egy 1 liter (1000 cm³) térfogatú hengerbe helyeztük, majd lemértük az anyag tömegét.

A sűrűség görbéjének meghatározásához a próbatestek tömegét lemértük a mechanikai szilárdsági tesztek előtt.

2.3. A hajlítószilárdság meghatározása

Az anyag hajlítószilárdságának meghatározásához 3, 7, 14, 28 és 90 napos tesztek végeztünk hidraulikus présen.

Az 1-es képlet (1) [6] segítségével számíthatjuk ki a hajlítószilárdságot.



1. ábra. A hozzávalók összekeverése



2. ábra. A sűrűség meghatározása

$$R_{ti} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2} \quad (1)$$

ahol R_{ti} az anyag hajlítószilárdsága, P a newtonban kifejezett erő, l a milliméterben mért távolság a gép támaszai között, b a szélessége és h a magassága a keresztmetszetnek, milliméterben kifejezve.

2.4. A nyomószilárdság meghatározása

Az anyag nyomószilárdságának meghatározásához 3, 7, 14, 28 és 90 napos tesztek végeztünk hidraulikus présen. A 2-es képlet (2) segítségével számíthatjuk ki a nyomószilárdságot.

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

ahol R_c az anyag nyomószilárdsága, P a newtonban kifejezett erő, A pedig a keresztmetszet.

3. Eredmények

3.1. A sűrűség

Ahogy a **3. ábra** adataiból látható, az anyag sűrűsége az első 3 napban jelentősen csökkent, amikor a víz aránya átlagosan 50,88%-ról 47,64%-ra csökkent. Mivel a szilárd összetevők (cement, mész és a pozdorja) nem tudnak elpárologni, csak a víz lehet a változás forrása.

Már a 7 napos teszten a sűrűség minden mintánál majdnem elérte a végleges értéket.

A cementet tartalmazó receptek (R2 – 66,67% kötőanyag, R3 – 100% kötőanyag) lassabban száradtak, mint a mészalapú receptek.

Annak ellenére, hogy száradásról beszélünk, a mésztartalmú receptekkel készült anyagok sűrűsége nőtt a száradási időszakban, ugyanis az utolsó két hét esős volt, tehát a környezeti páratartalom megnőtt.

3.2. A húzószilárdság

A betonnak nem jó a húzószilárdsága, a kenderpozdorja pedig túl rövid ahhoz, hogy a betonvashoz hasonlóan jelentős mértékben ellenálljon a húzásnak. Az eredmények ezt támasztják alá.

Az R0-s kontrollanyag maximális húzószilárdsága $0,41 \text{ N/mm}^2$ volt 14 nap után, a végső értéke pedig $0,24 \text{ N/mm}^2$. A modellezett recepttel készült kötőanyagnak 90 nap után $0,105 \text{ N/mm}^2$ volt a húzószilárdsága. Az eredmények közti különbséget a felhasznált mész okozta, mivel nem azonos típusúak voltak – a pozdorja mindkét anyag esetén azonos méretű volt.

A húzással szemben a legjobb ellenállást az R2-es keverék érte el, amelyben a kötőanyag 33,33%-a volt mész és 66,67%-a 52,5-ös cement, mivel a

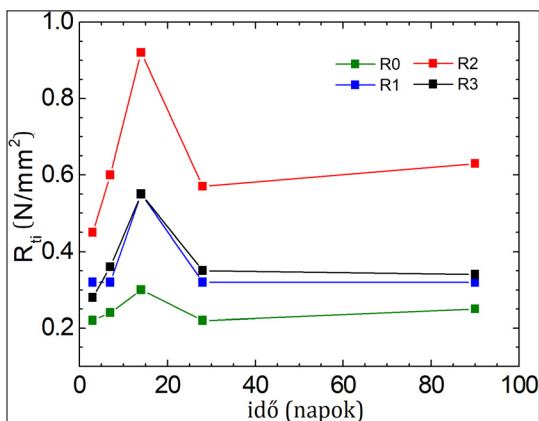
cementalapú habarcs nagyobb szilárdságú, mint egy mészalapú.

A nagy kezdeti ellenállást a cement adalékanyagai okozták, mivel „R” jelzésű, azaz gyorskötésű cementet használtam.

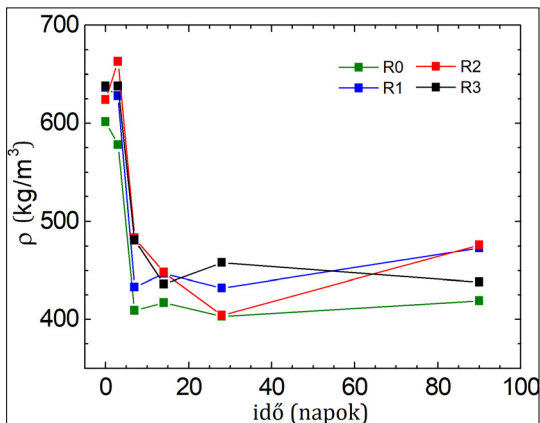
3.3. A nyomószilárdság

A pozdorja kis sűrűségű és mechanikai szilárdságú anyag, így a létrehozott kenderbeton szilárdsága kisebb a hagyományos betonénál.

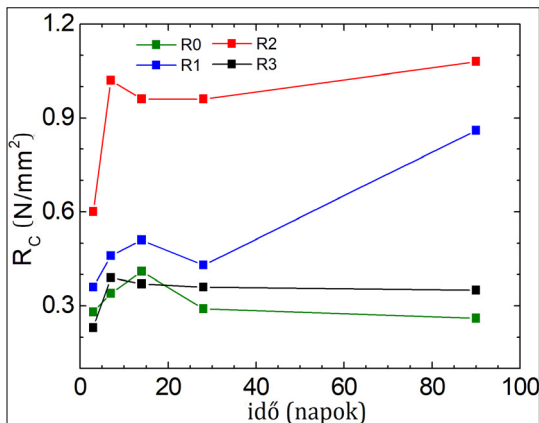
A kontrollrecepttel készült beton végleges nyomószilárdsága $0,2625 \text{ N/mm}^2$ -t ért el, szemben Nguyen $0,7 \text{ N/mm}^2$ -es eredményével. Mivel a R0 recept alapján készült anyag jobb értékeket ért el, mint Nguyen HH1 jelű betonja, de a nyomószilárdsága kisebb; ennek okát abban látom, hogy a kenderpozdorja eloszlása más lehetett. Annak ellenére, hogy a keverés azonos módon történt, lehetséges, hogy a kézi kompaktálás során a modellanyagban a rostok az anyag hossza mentén



4. ábra. A hajlítószilárdság változása a száradási idő függvényében



3. ábra. A kötőanyagok sűrűségének változása a száradási idő függvényében



5. ábra. A nyomószilárdság változása

rendeződték el, így jelentősen hozzájárultak a húzószilárdsághoz, de szabotálva a nyomószilárdságát.

4. Gazdasági szempontok

4.1. Az alapanyagárak elemzése

Egy zsák 40 kilogrammos Holcim Extradur 52 cement ára 35 RON. Egy zsák 20 kilogrammos CL-70-S mész ára 30 RON. Egy 14 kilogrammos zsáknyi kender ára 5,415 euró, azaz 1 kilogramm 1,92 RON-ba kerül.

Összehasonlítva 1 köbméter kenderbeton árát 1 köbméter üreges téglával (520 RON/m³) megállapítható, hogy mindegyik tesztelt recept gazdaságosabb a téglafalnál.

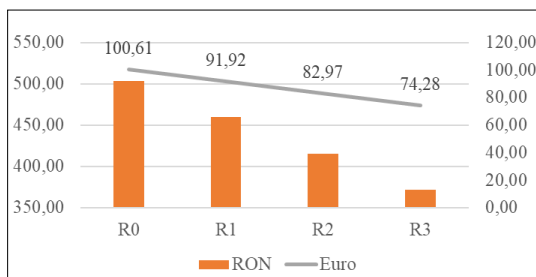
2. táblázat. Az anyagárak

Recept	5,43 dm ³ = 0,00543 m ³				1 m ³	1 m ³
	Kender	Cement	Mész	Teljes	RON	Euro
R0	1,0165	0	1,7175	2,734	503,056	100,6112
R1	1,0165	0,33075	1,1505	2,49775	459,586	91,9172
R2	1,0165	0,671125	0,567	2,254625	414,851	82,9702
R3	1,0165	1,001875	0	2,018375	371,381	74,2762

Ezen árakhoz még hozzá kell adni a közvetett költségeket (víz, laboratóriumi szolgáltatások, munkadíj), amelyek nem szerepelnek az alapanyagok költségében, és a készítmény költségének 10%-át jelentik. Nagyobb beszerzés esetén az alapanyagok (cement, mész, kender) árát lehet tárgyalni a beszállítókkal, ami a termelés költségének csökkenéséhez vezethet.

4.2. A gyakorlatba ültetés könnyűsége

Az új technológiák bevezetésének megvalósítása nagyban függ attól, mennyire könnyű áttérni a régi modellről az újra.



6. ábra. A különféle receptek alapján készített betonok ára

A kenderbeton esetében minden intuitív, mert pont ugyanúgy zajlik, mint a hagyományos betonozás: mindent összekeverünk a betonkeverőben, fokozatosan hozzáadva a vizet, majd mindent beöntünk az öntőformába.

Ennek a módszernek az egyetlen hátránya az, hogy a mésztartalom miatt a falak csak 90 nap után érik el végleges szilárdságukat, ami késedelmet okozhat, ha az ütemtervben nem alkalmazkodtak az új módszerhez.

5. Környezeti szempontok

5.1. Szén-dioxid-kibocsátás

Egy környezetbarát anyagnak kis szén-dioxid-kibocsátásúnak kell lennie a „régí” alternatívához képest. Minden felhasznált kilogramm cement 0,81 kg CO₂-t termel [7], és minden felhasznált kilogramm mész 0,75 kg CO₂-t [8]. 1 kg kender 1,29 kg CO₂-t szív magába [9].

3. táblázat. 1 m³ kenderbeton szén-dioxid-kibocsátása

	Kender (kg)	Cement (kg)	Mész (kg)	Összesen (kg)
R0	-127,12	0	157,5	31,925
R1	-127,12	56,94	105	36,36
R2	-127,12	113,87	52,5	40,80
R3	-127,12	170,81	0	45,23

Tehát kijelenthető, hogy a kenderbeton közel szén-dioxid-semleges.

Átszámítva, 1 tonna kenderbeton 50,8–71,43 kg CO₂-t bocsát ki. Tekintettel arra, hogy egy tonna téglá 258 kg CO₂-t bocsát ki [10], a különbség igen csak számottevő.

6. Következtetés

Végző soron megállapítható, hogy a kenderbeton alternatívája lehet a téglák használatának, de csak nem jelentősen terhelt szerkezeti funkciókban, mivel nincsenek meg a szükséges tulajdonságai ehhez a feladathoz; ebből a szempontból tehát elmarad a hagyományos téglától.

Környezetvédelmi szempontból a létrehozott anyag kibocsátása csak harmada az üvegtéglák szén-dioxid-kibocsátásának, de még mindig nem negatív a szén-dioxid-egyensúly, tehát csak részleges sikernek tekinthető.

Gazdasági szempontból az anyag költséghatékonyabb, mint a hagyományos téglázat, ezért ez egy javulás az építőiparban, még akkor is, ha nem veszi figyelembe a pozitív környezeti hatást.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Sushant M.: *Green Building Materials Market by Product Type (Exterior Products, Interior Products, Building Systems, Solar Products, and Others) and Application (Residential Buildings and Non-Residential Buildings): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030s*. Allied Market Research, (2022).
- [2] Aydogan H., Hirz M. et al.: *The use and future of biofuels*. International Journal of Social Sciences (2014).
- [3] US Department of Energy, Guide to Home Insulation. Energy Efficiency and Renewable Energy, https://www.energy.gov/sites/prod/files/guide_to_home_insulation.pdf
- [4] Jiang Y. et al.: *Cell wall microstructure, pore size distribution and absolute density of hemp shiv*. The Royal Society Publishing, (2018).
- [5] Nguyen T., Picandet V. et al.: *Effect of compaction on mechanical and thermal properties of hemp concrete*. European Journal of Environment and Civil Engineering, (2010).
- [6] Netea A., Manea D., et al.: *Materiale de Construcții*. Chimie. UTPress (2019).
- [7] Kavitha S.: *Evaluation of CO2 emissions for green concrete with high volume slag, recycled aggregate, recycled water to build eco environment*. International Journal of Civil Engineering and Technology, (2017).
- [8] European Environment Agency, Jeronen Kuenen, et al., *Lime Production. Lime. Manufacture of cement, lime and plaster*. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016.
- [9] Scrucca F., Ingrao C., et al.: *Energy and carbon footprint assessment of production of hemp hurds for application in buildings*. Environment Assessment Review, 84. (2020).
- [10] Henning Larsen: *Recycled Bricks Reduces CO2 Emissions Enormously*. Henninglarsen.com (2017).