XA4(H) – XA6(H) KÖRNYEZETI OSZTÁLYÚ KORRÓZIÓÁLLÓ BETONOK MEGFELELŐSÉGI FELTÉTELEI

Dr. Kausay Tibor
BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Budapest, 2017. május 22.
frissítve: 2017. július 8.

2014. július

MAGYAR SZABVÁNY MSZ EN 206

Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség

Az MSZ EN 206:2014 európai betonszabvány a beton kémiai korrózióját illetően csak a természetes talaj és talajvíz okozta kémiai korrózióval foglalkozik (XA1 – XA3 környezeti osztály).

Table 2 — Limiting values for exposure classes for chemical attack from natural soil and ground water

Chemical characteristic	Reference test method	XA1	XA2	XA3
Ground water				
SO_4^{2-} mg/l	EN 196-2	≥ 200 and ≤ 600	> 600 and ≤ 3 000	> 3 000 and ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 and ≥ 5,5	< 5,5 and ≥ 4,5	< 4,5 and ≥ 4,0
CO_2 mg/l aggressive	EN 13577	≥ 15 and ≤ 40	> 40 and ≤ 100	> 100 up to saturation
NH_4^+ mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 and ≤ 30	> 30 and ≤ 60	> 60 and ≤ 100
Mg^{2+} mg/l	EN ISO 7980	> 300 and < 1 000	> 1 000 and < 3 000	> 3 000 up to

A beton azonban nemcsak a talaj és talajvíz, hanem egyéb agresszív vizek és folyadékok, mint például a

- **csapadékvizek,**
- **szennyvizek,**
- **hulladékleralók csurgalékvize,**
- **mezőgazdasági tároló- és erjesztősilók nedvei,**
- **faanyagszárítók gőze és kondenzátuma,**
- **trágyalevek,**
- **hűtőtornyok kondenzvize, kéményfüstök,**
- **vasúti kocsimosók mosóvize stb.**

kémiai hatására is károsodhat.

A németek a NAD-jukban átírták az EN 206 szabvány 1. táblázatát

DIN EN 206:2014

6 Chemischer Angriff		
Wenn Beton chemischem Angriff durch natürliche Böden und Grundwasser ausgesetzt ist, muss die Expositionsklasse wie folgt zugeordnet werden:		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung	Beton, der natürlichem Boden und Grundwasser nach Tabelle 2 ausgesetzt ist
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung	Beton, der natürlichem Boden und Grundwasser nach Tabelle 2 ausgesetzt ist
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung	Beton, der natürlichem Boden und Grundwasser nach Tabelle 2 ausgesetzt ist

DIN 1045-2:2014 Entwurf

6 Betonkorrosion durch chemischen Angriff		
Wenn Beton chemischem Angriff durch natürliche Böden, Grundwasser, Meerwasser nach Tabelle 2 und Abwasser ausgesetzt ist, muss die Expositionsklasse wie folgt zugeordnet werden:		
ANMERKUNG Bei XA3 und unter Umgebungsbedingungen außerhalb der Grenzen von Tabelle 2, bei Anwesenheit anderer angreifender Chemikalien, chemisch verunreinigtem Boden oder Wasser, bei hoher Fließgeschwindigkeit von Wasser und Einwirkung von Chemikalien nach Tabelle 2 sind Anforderungen an den Beton oder Schutzmaßnahmen in 5.3.2 dieser Norm vorgegeben.		
XA1	chemisch schwach angreifende Umgebung nach Tabelle 2	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter
XA2	chemisch mäßig angreifende Umgebung nach Tabelle 2 und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden
XA3	chemisch stark angreifende Umgebung nach Tabelle 2	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung

Az osztrákok a szennyvizek agresszív széndioxid-tartalmát szabályozták.

Lösend (L)	CO_2 mg/l angreifend	ÖNORM EN 13577[a]	von 15 bis 40	über 40 bis 100	über 100 bis zur Sättigung
Lösend (L)	NH_4^+ mg/l	ÖNORM ISO 7150-1	von 15 bis 30	über 30 bis 60	über 60 bis 100
Lösend (L)	Mg^{2+} mg/l	ÖNORM EN ISO 7980	von 300 bis 1 000	über 1 000 bis 3 000	über 3 000 bis zur Sättigung
Lösend (L)	°dH	ÖNORM EN 13577[a]	6 bis 9		
Boden					
Treibend (T)	SO_4^{2-} mg/kg[b] insgesamt	ÖNORM EN 196-2[c]	von 2 000 bis 3 000[d]	über 3 000[d] bis 12 000	über 12 000 bis 24 000
Lösend (L)	Säuregrad nach Baumann-Gully	~~DIN 4030 2~~ prEN 16502	über 200	in der Praxis nicht anzutreffen	

VORSCHLAG ÖNORM B 4710-1:2014

[a] Zur Berechnung des CO_2 Gehaltes muss das nationale Vorwort der ÖNORM EN 13577 berücksichtigt werden.

[b] Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10^{-5} m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

[c] Das Prüfverfahren beschreibt die Auslaugung von SO_4^{2-} durch Salzsäure; Wasserauslaugung darf stattdessen angewandt werden, wenn am Ort der Verwendung des Betons Erfahrung hierfür vorhanden ist.

[d] Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton – zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen – besteht, ist der Grenzwert von 3 000 mg/kg auf 2 000 mg/kg herabzusetzen.

[e] Ein der ISO 4316 gleichwertiges Verfahren ist in ÖNORM M 6612 beschrieben.

Munkaanyag MSZ

Grenzwert für CO_2-Gehalt bei Abwasseranlagen:

Der rechnerische Grenzwert aus der im Abwasser enthaltenen Menge und der im Zuge der Abwasserreinigung freigesetzten Menge für aggressive Kohlensäure ist im Abwasser für XA2 mit 60 mg/l und für XA3 mit 100 mg/l begrenzt.

XA1: schwach XA2: mässig XA3: stark

BETONSUISSE

Expositionsklasse XA (CH) – SN EN 206-1, Tab. 2

	Chemisches Merkmal	XA1	XA2	XA3
Grundwasser	SO_4^{2-}	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3000	> 3000 und ≤ 6000
	pH-Wert	≤ 6.5 und ≥ 5.5	< 5.5 und ≥ 4.5	< 4.5 und ≥ 4.0
	CO_2 mg/l angreifend	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 ung
	NH_4^+ mg/l	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
	Mg^{2+} mg/l	≥ 300 und ≤ 1000	> 1000 und ≤ 3000	> 3000 bis zur Sättigung
Boden	SO_4^{2-} mg/kg [a] insgesamt	≥ 2000 und ≤ 3000[c]	> 3000[c] und ≤ 12000	> 12000 und ≤ 24000
	Säuregrad	> 200 Baumann-Gully	in der Praxis nicht anzutreffen	

Gilt nicht für Abwasser !

Kausay

4.2 Anforderungen an Beton

4.2.1

Für die Anforderungen an die Zusammensetzung von Beton in Biologiebecken von Abwasserreinigungsanlagen gilt Tabelle 3. Werden von der Tabelle 3 abweichende Betonzusammensetzungen verwendet, ist deren Eignung mittels dem Prinzip der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit nach Norm SN EN 206-1 nachzuweisen.

Tabelle 3: Anforderungen an die Zusammensetzung von Beton mit einem Grösstkorn der Gesteinskörnung von 32 mm bei einem chemischen Angriff

Anforderungen an	Expositionsklasse XAA(CH)
Maximaler w/z-Wert [–]	0,45
Mindestzementgehalt[a] [kg/m³]	320

[a] ohne Anrechnung von Zusatzstoff

cem suisse

Svájci CEMSUISSE-Merkblatt MB 01:2010 műszaki irányelv

cemsuisse-Merkblatt MB 01

Betonerosion in Biologiebecken von Abwasserreinigungsanlagen

Juni 2010

4.2.2

Ein Beispiel für die Ausschreibung der Betonwand eines Biologiebeckens, basierend auf den Formatvorgaben der Norm SIA 262 ist nachfolgend angegeben:

- Beton gemäss SN EN 206-1
- C 30/37 Festigkeit
- XC4(CH), XF4(CH), XD3(CH), XAA (CH) Exposition
- D_{max} 32 Grösstkorn
- Cl 0,10 Chloridgehalt
- F4 Konsistenz

A svájci CEMSUISSE-Merkblatt MB 01:2010 műszaki irányelv 4.3.1 szakasza szerint az XAA(CH) környezeti osztályban csak az XD3(CH) környezeti osztályban engedélyezett cementfajták alkalmazhatók.

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, 1. táblázat: Környezeti osztályok (részlet)

Jel	Környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák az előfordulásra
6.2. Szennyvizek, valamint egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió		
Amikor a betont szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok hatása éri, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA4(H)	***Közcsatornába bocsátható, enyhén agresszív szennyvizek***	***Új létesítésű szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja a NAD 2. táblázat szerinti kémiai jellemzőktől függetlenül.*** ***Ha a meglévő, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***
	Enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezete	***Enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, esővíz tároló műtárgyak stb. betonja a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, 1. táblázat: Környezeti osztályok (részlet)

Jel	Környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák az előfordulásra
6.2. Szennyvizek, valamint egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió		
Amikor a betont szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok hatása éri, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA5(H)	***Közcsatornába bocsátható, közepesen agresszív szennyvizek***	***Új létesítésű, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők és szennyvíztisztító telepi elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyak, valamint szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja a NAD 2. táblázat szerinti kémiai jellemzőktől függetlenül.*** ***Ha a meglévő, közepesen agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***
	Közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezete	***Közepesen agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, 1. táblázat: Környezeti osztályok (részlet)

Jel	Környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák az előfordulásra
6.2. Szennyvizek, valamint egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió		
Amikor a betont szennyvizek, agresszív csapadékvizek, ipari és mezőgazdasági technológiai vizek, kondenzációs vizek, egyéb agresszív folyadékok, gázok, gőzök, permetek vagy erjedő anyagok hatása éri, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA6(H)	***Közcsatornába nem bocsátható, fokozottan agresszív szennyvizek***	***Új létesítésű, közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja a NAD 2. táblázat szerinti kémiai jellemzőktől függetlenül.*** ***Ha a meglévő, fokozottan agresszív szenny-vizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***
	Fokozottan agresszív vizek és folyadékok gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezete	***Fokozottan agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsi mosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja a NAD 2. táblázat szerint sorolandó környezeti osztályba.***

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, *NAD 2. táblázat:* A környezeti osztályok határértékei a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korróziótól függően RÉSZLET

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Agresszív szennyvizek és egyéb agresszív vizek [a)], folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok [b)] okozta kémiai korrózió MEGJEGYZÉS: Új létesítésű, agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyak betonjait a NAD 2. táblázat szerinti kémiai jellemzőktől függetlenül az 1. táblázat 6.2. szakasza szerint kell környezeti osztályba sorolni.				
pH-érték [c)] Oldódásos korrózió Kénsavkorrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	MSZ EN ISO 10523 *) MSZ EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	≤ 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	≥ 3 és ≤ 7 nk°, ill. ≥ 0,54 és ≤ 1,25 mmol/liter lágy víz	< 3 nk°, ill. < 0,54 mmol/liter nagyon lágy víz	
Vízben oldott agresszív széndioxid (CO_2), mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577 * MSZ 448-23	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, *NAD 2. táblázat:* *A környezeti osztályok határértékei a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korróziótól függően* RÉSZLET

Kémiai jellemző	*Vizsgálati módszer*	*Környezeti osztály*		
		XA4(H)	*XA5(H)*	*XA6(H)*
Magnéziumion (Mg^{2+}), mg/l *Oldódásos korrózió*	*MSZ EN ISO 7980 * *MSZ 260-52* *MSZ EN ISO 14911* *MSZ 1484-3*	*≥ 100 és ≤ 1000*	*>1000 és ≤ 2500*	*> 2500*
Ammóniumion (NH_4^+), mg/l *Oldódásos korrózió*	*MSZ ISO 7150-1 * *MSZ 260-9* *MSZ EN ISO 14911*	*≥ 15 és ≤ 30*	*> 30 és ≤ 60*	*> 60*
			Szennyvizek esetén:	
			> 30 és ≤ 100	*> 100*
SO_4^{2-}-tartalom, mg/l *Duzzadásos korrózió* *Kénsavkorrózió esetén oldódásos korrózió is*	*MSZ EN ISO 10304-1*	*≥ 200 és ≤ 600*	*> 600 és ≤ 1500*	*> 1500*

MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány, *NAD 2. táblázat:* *A környezeti osztályok határértékei a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korróziótól függően* RÉSZLET

Kémiai jellemző	*Vizsgálati módszer*	*Környezeti osztály*		
		XA4(H)	*XA5(H)*	*XA6(H)*
További követelmények agresszív szennyvizekkel érintkező meglévő, felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonjának szennyvizek okozta kémiai korróziója esetén				
Dikromátos kémiai oxigénigény, KOI_k, mg/l *Oldódásos korrózió*	*MSZ ISO 6060* *MSZ 12750-21*	–	–	–
Biokémiai oxigénigény 5 napos, BOI_5, mg/l *Oldódásos korrózió*	*MSZ EN 1899-1* *MSZ EN 1899-2*	–	–	–
Dikromátos kémiai oxigénigény (KOI_k) és 5 napos biokémiai oxigénigény (BOI_5) aránya, KOI_k/BOI_5) *Oldódásos korrózió*	–	≥ 4	< 4,0 és ≥ 2,5	< 2,5
Redoxi potenciál, ORP, mV *Oldódásos korrózió*	*ASTM D1498*	≤ -50 és ≥ -100	< - 100 és ≥ -150	< -150

ASTM D1498, Standard Test Method for Oxidation-Reduction Potential of Water

Megjegyzések az MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány NAD 2. táblázatához:

a) ***A NAD 2. táblázat akkor vonatkozik a csapadékvizekre (esővizekre), ha azok a betonnal tartósan érintkeznek.***

b) ***A szennyvíziszap vizsgálatához az MSZ 318-1:1985 „Szennyvíziszap vizsgálata. Általános irányelvek" című szabvány nyújthat segítséget, a szerves trágyák az MSZ-08-1744-…:1988 „Szerves trágyák vizsgálata" című szabványsorozat szerint vizsgálhatók.***

Tájékoztatás:

Az MSZ 318-1:1985 szabvány ma (2017. július) is érvényes, de a sorozat többi tagjának nagy részét már visszavonták.

Az MSZ-08-1744-…:1988 szabványsorozat ma is érvényes.

Megjegyzések az MSZ 4798:2016/2M:2017 betonszabvány NAD 2. táblázatához:

c) A szennyvíz általában nem savas jellegű, de a szerves szennyeződésekből utólag is keletkezhetnek pH-értéket csökkentő savas anyagok.

A környezeti osztályba sorolástól függetlenül kommunális szennyvízzel érintkező környezetben fokozottan figyelmet kell fordítani a H_2S kialakulására, illetve annak korróziós hatásaira. A kritikus helyeken (pl. települési folyékony hulladék fogadók, csatornaiszap fogadók, primer iszap tárolók, átemelők, átemelők utáni fogadók, illetve csillapító aknák, az elsődleges tisztítási fokozat – beleértve az anaerob biológiai tisztítást is – olyan műtárgyai, ahol fokozott kipárolgásra lehet számítani) a H_2S elleni többszörös védelem, vagyis megfelelő bevonatolás, bélelés, burkolás szükséges.

****) Referencia módszer***

① Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH-érték Oldódásos korrózió Kénsavkorrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	MSZ EN ISO 10523 *) MSZ EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	< 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5

A kommunális szennyvizek korrozív voltát egyebek mellett a pH-érték alapján lehet megítélni („Sulfide in Abwasseranlagen", Zement-Merkblatt Tiefbau T3, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., 2005. és *Bielecki, R. – Schremmer, H.*: „Biogene Schwefelsäure-Korrosion in teilgefüllten Abwasserkanälen", Leichtweiß-Institut, Braunschweig 1987):

pH-Wert im Kondenswasser-tropfen an der Kanalwandung	Zell-zahlen	Angriffs-grad der Korrosion	Abtrag der Betonober-fläche pro Jahr	Sanierungs-maßnahmen erforderlich nach Jahren	Korrosionsschutz-maßnahmen
13 12 11 10 9 8 7					Dichter Beton, keine besonderen Maß-nahmen erforderlich
6	$0 - 10^2$	schwach	absandend	> 80	
5 4 3	$10^3 - 10^5$	mittel	< 0,5 mm	> 40	HS-Zement, Hartkalk-stein, Opferbeton
2 1 0	$10^6 - 10^8$	stark	> 0,5 mm	> 5	Schutz des Betons durch Auskleidungen

Bosseler, B.* és *Puhl, R. **(„Beschichtigungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten". IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur. Gelsenkirchen, 2005) és *Pöllmann, Ch.* (Umgang mit Korrosion in freispiegel-Abwasserkanälen. Demografischer Wandel. pp. 65-82. DWA 2008) a szennyvizek és savak agresszivitását a cementhabarcsra a pH-érték függvényében adta meg:**

Ható közeg	pH-érték	Agresszivitás
Ipari szennyvíz	1,0 – 14,0	Agresszivitása a közepestől a nagyon erősig terjed
Kommunális szennyvíz	6,6 – 10,0	Gyengén agresszív
Esővíz	4,5 -7,0	Agresszivitása a gyengétől a közepesen savasig terjed
Szervetlen savak	3,0 – 4,5	Erősen savas agresszivitás
Szerves savak (például tejsav)	3,0 – 4,5	Erősen savas agresszivitás
Biogén kénsav	< 3,0	Nagyon erős savas agresszivitás

A DIN 4030-1:2008 („Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte") szabvány az 5,5 – 6,5 közötti pH-értékű vizet gyengén agresszívnek, a 4,5 – 5,5 közötti pH-értékűt erősen agresszívnek és a 4,5-nél kisebb pH-értékűt erősen agresszívnek tekinti,

Közcsatornába eresztheő nem háztartási, hanem üzemi, ipari és hasonló eredetű szennyvizek szennyező anyag tartalmának néhány megengedett értéke a DWA-M 115-2:2005 (Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers. Teil 2: Anforderungen. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) műszaki irányelv A.1. függeléke szerint:

Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben	Fontosabb megjegyzések
Általános tulajdonságok		
pH-érték	6,5 – 10,0	Átmenetileg nagyobb érték is lehet, ha a munkabiztonságot és a csatorna üzemeltetését nem veszélyezteti.

A szennyvíz agresszív kémiai hatásának tartósan ellenálló, betonanyagú közcsatornába ereszthető szennyvíz összetételének határértékei a német DWA-M 168:2010 műszaki irányelv (Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) 2. táblázata szerint

Korrózió típusa	Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben		Követelmény a betonnal szemben
		általában, tapasztalati érték	előírt érték, tartósan ellenálló beton esetén	
Oldódásos korrózió savhatás folytán	Szervetlen és szerves savak	6,5 ≤ pH-érték ≤ 10	pH érték ≥ 6,5	Víz-cement tényező: x ≤ 0,5 [2) 3)] Vízbehatolás a DIN EN 12390-8 szabvány szerint: max. 30 mm
	[2)] Kis víz-cement tényező és különleges összetétel esetén a beton kémiai ellenállása számottevően javul. [3)] DIN EN 1916:2003 és DIN EN 1917:2003 szabvány szerint a víz-cement tényező nem lehet nagyobb, mint 0,45.			

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Kémiai jellemző	Korrózió veszélye			Határérték saválló beton esetén
	Gyenge	Erős	Nagyon erős	
pH-érték	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	4,5 – 4,0	≥ 3,5

A beton felületén lévő biofilm hidrogénion koncentrációja helyenként például pH = (4 – 5) értékre is süllyedhet, annak ellenére, hogy a szennyvíz hidrogénion koncentrációja mintegy pH = 7, amely körülmény a beton oldódásos korrózióját okozza.

A szennyvíz okozta kémiai korróziót a biológiai medencében a szennyvíz összetétele, a biofilm, a lejátszódó vegyi folyamat, a technológiából vagy a medencetisztításból eredő mechanikai igénybevétel, valamint a víz keménysége is befolyásolja.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 4. számú melléklete szerint közcsatornába 6,5 – 10,0 pH-értékű szennyvizet szabad bocsátani.

② Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	≥ 3 és ≤ 7 nk°, III. ≥ 0,54 és ≤ 1,25 mmol/liter lágy víz	< 3 nk° < 0,54 mmol/liter nagyon lágy víz	

A víz összes keménysége a változó és az állandó keménység összege.

A *változó keménységet* (karbonát keménységet) a vízben oldott kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát ($Mg(HCO_3)_2$) mennyisége határozza meg, amely – tekintettel arra, hogy a pH-érték a vizes oldatban lévő hidrogénionok molban kifejezett anyagmennyiségének negatív logaritmusa – hatással van a víz pH-értékére.

Az *állandó keménységet* a vízben oldott szulfátok (például kalcium-szulfát, $CaSO_4$; magnézium-szulfát, $MgSO_4$), kloridok (például kalcium-klorid, $CaCl_2$) és nitrátok (például kalcium-nitrát, $Ca(NO_3)_2$), más szóval sók okozzák, amelyek a víz pH-értékére nincsenek hatással, mert a vizes oldatban lévő hidrogénionok mennyiségét nem befolyásolják.

A víz jellemzése keménység szerint (*Biczók I.: „*Betonkorrózió, betonvédelem”. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1956, és „Betonkorrosion, Betonschutz”. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1960):

A víz jellemzése keménység szerint	Változó keménység (karbonát keménység)	Összes keménység
	német keménységi fokban (nk^0)	
Igen lágy		0-4
Lágy	< 6	4-8
Közepesen kemény	6-15	8-12
Elég kemény		12-18
Kemény	15-24	18-25
Igen kemény	24-30	25-50
Rendkívül kemény	> 30	> 50

1 német keménységi foknak (nk^0) 1 liter vízben oldott 10 mg kalcium-oxid (CaO) vagy ezzel egyenértékű kalcium- vagy magnézium vegyület felel meg.

Az esővíz összes keménysége általában (2 – 3) nk°, tehát az esővíz nagyon lágy víz, és betonkorrózióra veszélyes.

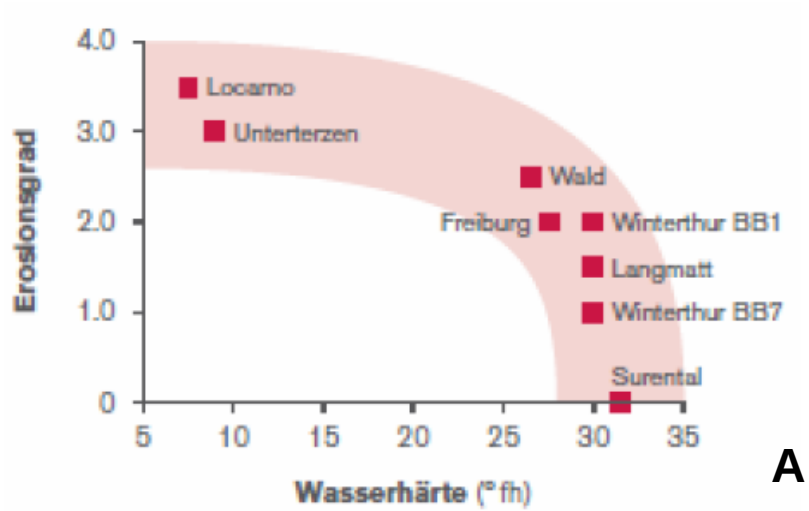
A betonkorrózió kockázata a CEMSUISSE-Merkblatt MB 01:2010 (Betonerosion in Biologiebecken von Abwasserreinigungsanlagen) műszaki irányelv szerint

Kockázati osztály	A (kisebb)	B (közepes)	C (nagyobb)
Víz-keménység, mmol/liter	> 1,5 (8,4 °dH)	> 1,5 (8,4 °dH) vagy ≤ 1,5 (8,4 °dH)	≤ 1,5 (8,4 °dH)
Megjegyzés: °dH a német keménységi fok (nk°) jelölése német nyelvterületen (deutsche Härte). Átszámítása SI mértékegységre: 1,0 °dH ≡ 1,0 nk° = 0,1783 mmol/liter.			

Kemény, kalcium dús vízben a mész-sók kevésbé oldódnak, ezért olyan vízben, amelynek összes keménysége 24 nk° (43 °fh) felett van, ritkán fordul elő komolyabb korrózió (*Biczók I.*, 1956).

BETONSUISSE

Einfluss der Wasserhärte



Lágy víz **Kemény víz**

Erosionsgrad als Funktion der Wasserhärte im Zulauf von Biologiebecken

- Betonerosion nimmt mit zunehmender Wasserhärte ab
- Linearer Zusammenhang vom Erosionsgrad und Wasserhärte scheint im Bereich von 25 ° bis 32 ° fH vorhanden zu sein.

A szennyvíz keménységének növekedésével a beton kémiai korróziója csökken. 1 °fh francia vízkeménységi fok 0,560 °dH német (Magyarországon nk°) vízkeménységi fokkal, az ábrán kiemelt (25 – 32) °fh francia vízkeménységi fok (14 –18) °dH német vízkeménységi fokkal egyenértékű.

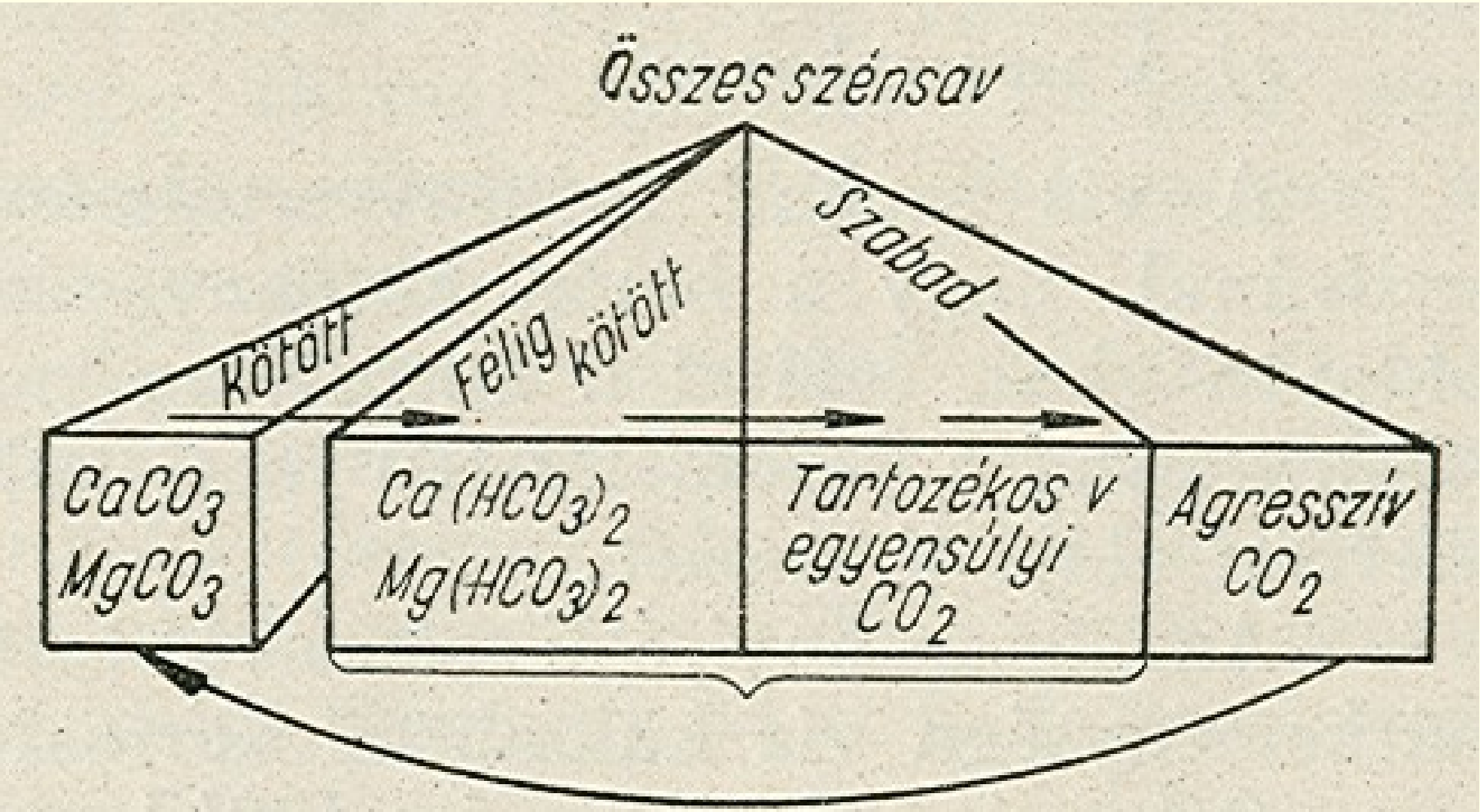
Huggenberger, U.: **Ausmass der Betonerosion in Schweizer ARA (Abwasserreinigungsanlage), 2010.**

Urs Huggenberger, Seite 10
Betonerosion in ARA, 07.06.2010

③ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Vízben oldott agresszív szén-dioxid (CO_2) mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577 *) MSZ 448-23	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100

A vízben oldott agresszív szén-dioxid-tartalmak *dőlt betűs* NAD 2. táblázatban (csapadékvizek, szennyvizek, kondenzációs vizek és egyéb agresszív folyadékok környezeti osztálya) lévő határértékei megegyeznek az álló betűs 2. táblázatban (természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek) az agresszív szén-dioxid-tartalmakra vonatkozó határértékekkel.

A víz szabad szén-dioxid-tartalma (szabad szénsav-tartalma) a kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$) és magnézium-hidrogén-karbonát ($Mg(HCO_3)_2$) oldatban tartásához szükséges egyensúlyi (tartozékos) szén-dioxid (egyensúlyi szénsav) és az agresszív szén-dioxid (agresszív szénsav) mennyiségének az összege. Korróziós hatása az agresszív szén-dioxidnak (agresszív szénsavnak) van. (*Hunkár B.*: „A természetes vizek, felhasználásuk és tisztításuk”. Fejezet „A természet világa. V. A kémia és vívmányai” című könyvben, pp. 222-247. Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940; és *Biczók I.*: „Betonkorrózió, betonvédelem” Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).



37. ábra. A szénsav megjelenési formái

Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem” Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).

A víz, talajvíz,talaj (talajnedvesség) szabad szénsavtartalmának agresszivitása abban nyilvánul meg, hogy az agresszív széndioxid a beton kötőanyagának kationjait (Ca, Mg, Al) oldatba viszi; hideg víz esetén is könnyen oldódó kalcium- és magnézium-hidrokarbonátot hoz létre, amelyek igen könnyen kilúgozódnak:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

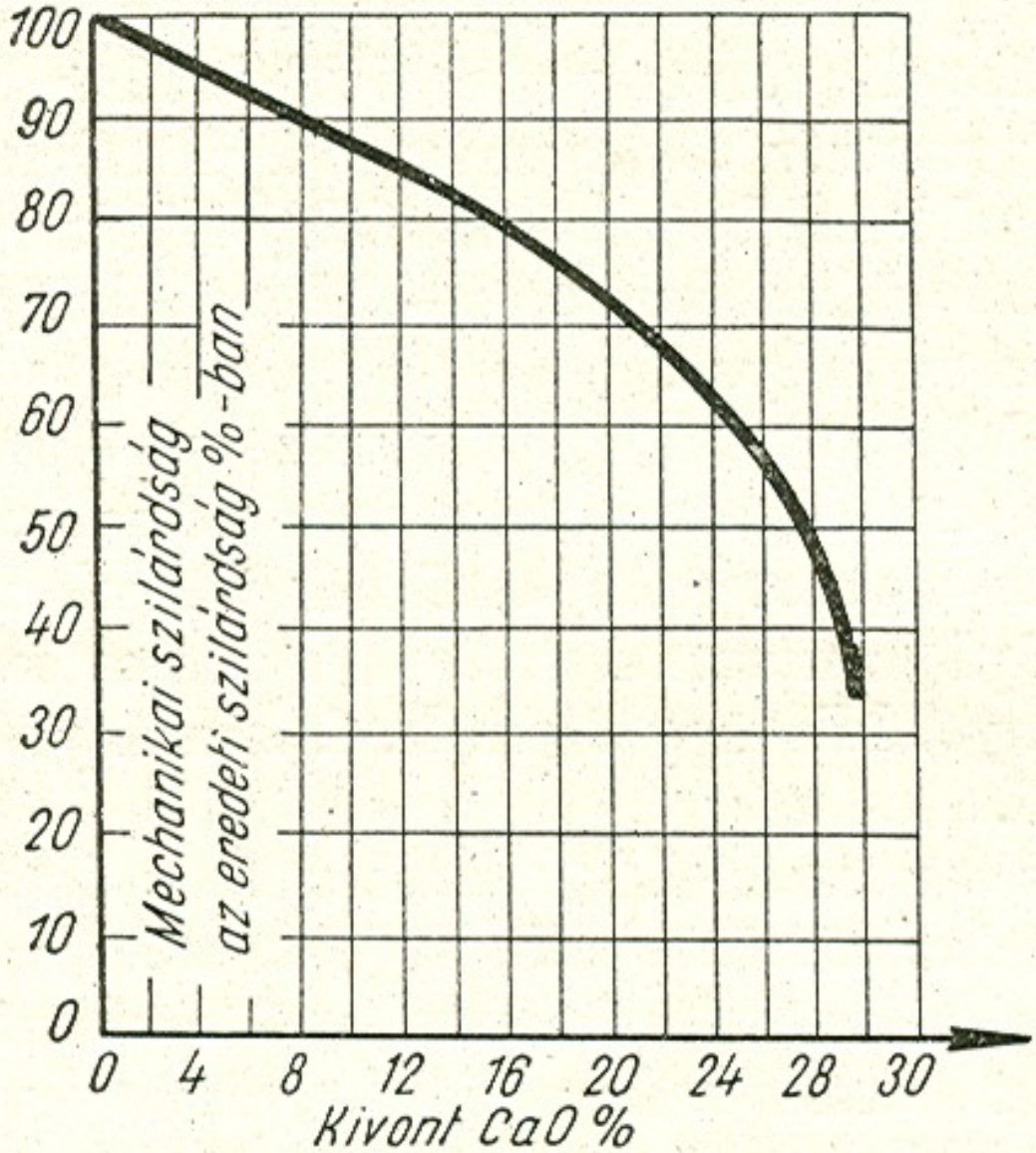
A folyamat még bonyolultabbá válik, amikor a keletkezett kalcium-hidrokarbonát a beton kötőanyagának kalcium-hidroxidjával lép reakcióba, mert ekkor a kalcium-karbonát kicsapódik, a felszabaduló lágy víz pedig újra kalcium-hidrokarbonátot oldhat fel, és az egész folyamat kezdődik elölről:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\cdot CaCO_3 + 2\cdot H_2O$$

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

Bár a keletkező kalcium-karbonát a beton pórusait időlegesen eltömi, az agresszív széndioxid a kalcium-karbonát újból bekövetkező feloldása folytán a beton nagymértékben kilúgozódik.

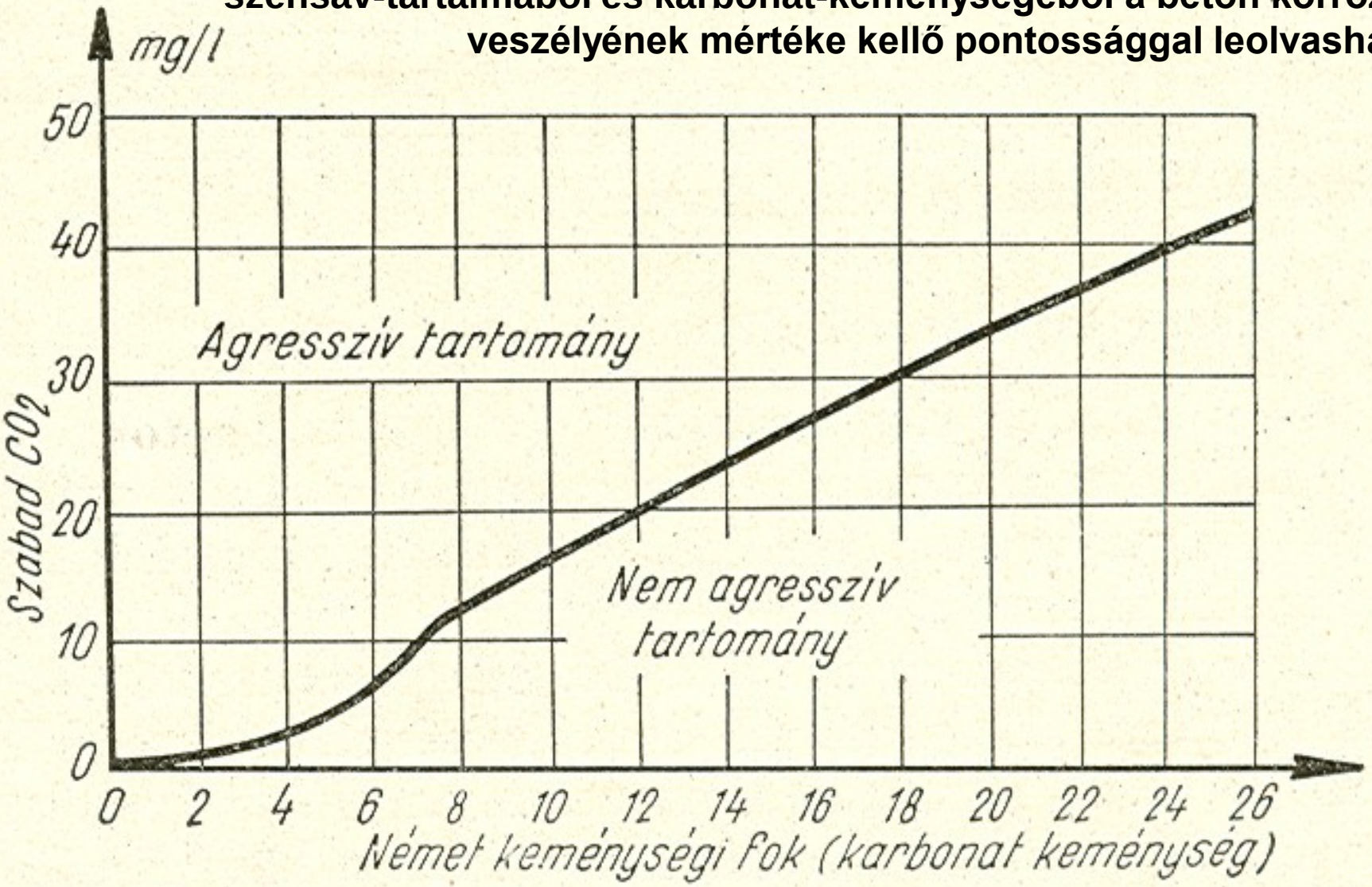
Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem” Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).



38. ábra. Szilárdságcsökkenés portlandcement kilúgozás esetén

Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem” Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).

***Tillmans* és *Heublein* görbéjéből a (17 ºC hőmérsékletű) víz szabad szénsav-tartalmából és karbonát-keménységéből a beton korrózió-veszélyének mértéke kellő pontossággal leolvasható.**



39. *ábra.* Tillmans-görbe a szénsavkorrózió számítására

Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem” Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).

Das Reaktionsgleichgewicht ist vom pH-Wert abhängig:
Abb. 1: Anteil der Kohlensäureformen in Abhängigkeit vom pH-Wert

192 Grundlagen des „Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts“

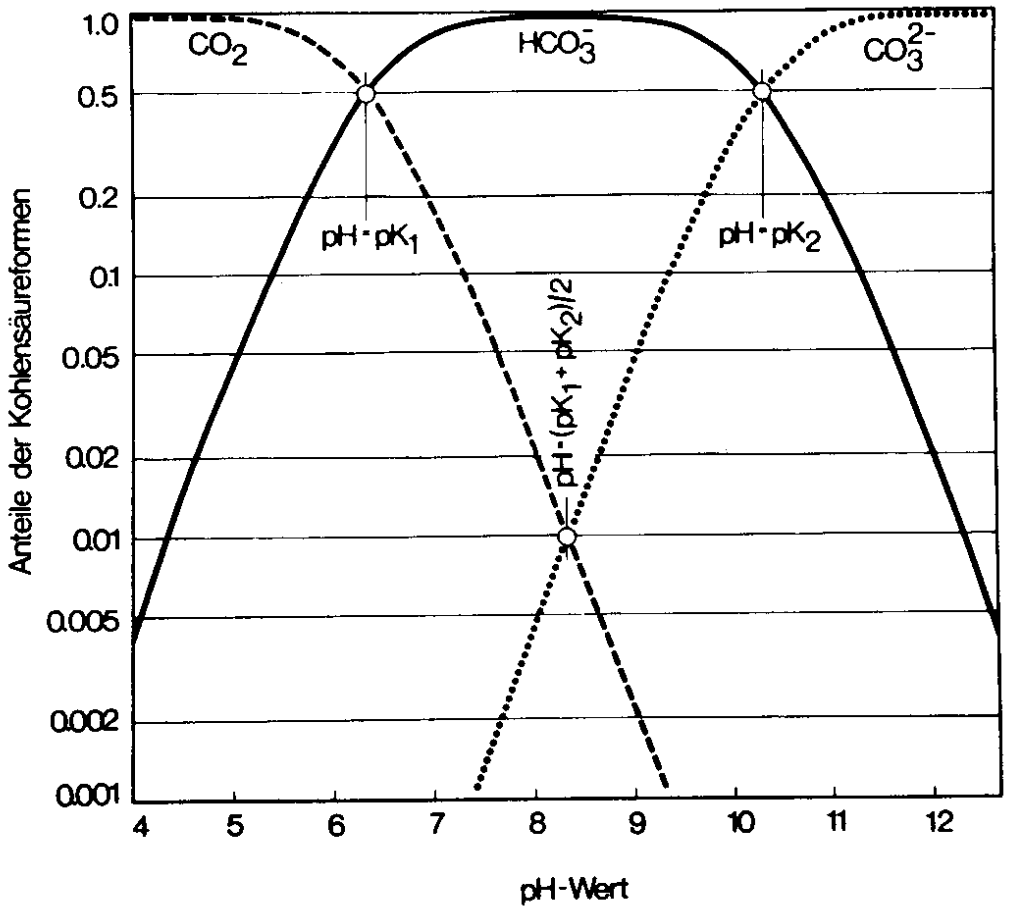


Bild 3: Anteile der „Kohlensäureformen“ CO_2, HCO_3^- und CO_3^{2-} an der Konzentrationssumme $c(CO_2) + c(HCO_3^-) + c(CO_3^{2-})$
(Berechnet für Ionenstärke I = 0 mmol/l und 25°C)

Forrás::
http://www.trinkwasserspezi.de/Kohlensaure.pdf

Abb. 1. Zeigt die Verteilung der Komponenten des anorganischen Kohlenstoffs (DIC - Dissolved Inorganic Carbon, s. unten) entlang der pH-Achse. Die hier dargestellten Gesetzmäßigkeiten gelten unabhängig von den beteiligten Kationen, also beispielsweise auch für die Lösung von Natriumcarbonat und -hydrogencarbonat. Aus Abb. 1 kann man ablesen, dass bei jedem pH-Wert, der in natürlichen Wässern üblicherweise vorkommt, immer zwei Komponenten des anorganischen Kohlenstoffs in Anteilen von mehr als einem Prozent gemeinsam miteinander existieren. Diese Koexistenz zweier Komponenten wird üblicherweise im Zusammenhang mit der Calcitsättigung als“ zugehörige” Kohlensäure zur anderen Komponente bezeichnet. In der Vergangenheit hat man die Bezeichnung der Konzentration von Hydrogencarbonat als “Karbonathärte” als Ausgangspunkt genommen und das CO_2 als “zugehörig” behandelt. So entstand der Begriff der “zugehörigen Kohlensäure”.

Merke:

Der Anstieg der Konzentration des zugehörigen CO_2 beschleunigt sich mit zunehmender Konzentration von Hydrogencarbonat (= ungefähr Säurekapazität bis pH 4,3). Dies hat eine Reihe wichtiger Konsequenzen:

- Mit zunehmender Konzentration an Hydrogencarbonat wird jede weitere Konzentrationserhöhung immer aufwändiger, weil der Zusatzbedarf an zugehörigem Vorlesung Trinkwasseraufbereitung CO_2 überproportional zunimmt. Dadurch entsteht eine natürliche Barriere gegen extrem hohe Konzentrationen von Hydrogencarbonat in harten Wässern.

-Zwei Wässer A und B, die im Zustand der Calcitsättigung befinden, sich aber hinsichtlich ihres Hydrogencarbonatgelhates deutlich unterscheiden, ergeben im Fall einer Mischung Wässer, die sich nicht mehr in der Calcitsättigung befinden. Diese Mischwässer enthalten überschüssiges CO_2. Bilden sich solche Wässer z.B. in einem Verteilungssystem, müssen sie daraufhin überprüft werden, ob sie hinsichtlich ihrer Calcitlösekapazität noch innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches liegen oder ob die unkontrollierte Mischwasserbildung vermieden werden muss.

Forrás:: http://www.trinkwasserspezi.de/Kohlensaure.pdf

A szénsav oxigén, víz vagy párás levegő jelenlétében a vasbeton acélbetétjének korrózióját is okozza. A szénsav hatására az acélból ferro-karbonát képződik:

$$Fe + CO_2 + H_2O = FeCO_3 + H_2$$

Ez a reakció gyorsabban megy végbe, ha a katódon felszabaduló hidrogén-ion (H^+) nem hidrogéngázzá (H_2) alakul, hanem ionállapotból kötődik le vízzé, miközben ferro-hidrokarbonát keletkezik:

$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O = Fe(HCO_3)_2,$$

A ferro-hidrokarbonát oxigén-ion hatására oxidálódik, és bázisos vas(III)-oxid, más néven ferri-oxid (vasrozsda) keletkezik:

$$2 \cdot Fe(HCO_3)_2 + O^{2-} = Fe_2O_3 \cdot H_2O + 4 \cdot CO_2$$

Forrás: *Biczók Imre*: „Betonkorrózió, betonvédelem" Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1956).

Megjegyzés: A tudomány összesen 16-féle vasoxidot ismer.

A szennyvíz agresszív kémiai hatásának tartósan ellenálló, betonanyagú közcsatornába ereszthető szennyvíz összetételének határértékei a német DWA-M 168:2010 műszaki irányelv (Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) 2. táblázata szerint

Korrózió típusa	Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben		Követelmény a betonnal szemben
		általában, tapasztalati érték	előírt érték, tartósan ellenálló beton esetén	
Oldódásos korrózió savhatás folytán	Meszet oldó szénsav (CO_2)	< 10 mg/liter	≤ 15 mg/liter	Víz-cement tényező: x ≤ 0,5 [2) 3)] Vízbehatolás a DIN EN 12390-8 szabvány szerint: max. 30 mm
	[2)] Kis víz-cement tényező és különleges összetétel esetén a beton kémiai ellenállása számottevően javul. [3)] DIN EN 1916:2003 és DIN EN 1917:2003 szabvány szerint a víz-cement tényező nem lehet nagyobb, mint 0,45.			

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Kémiai jellemző	Korrózió veszélye			Határérték saválló beton esetén
	Gyenge	Erős	Nagyon erős	
Agresszív CO_2, mg/liter	15 – 40	40 – 100	> 100	≤ 150

④ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Magnéziumion (Mg^{2+}), mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980 *) MSZ 260-52 MSZ EN ISO 14911 MSZ 1484-3	≥ 100 és ≤ 1000	>1000 és ≤ 2500	> 2500

A szennyvíz agresszív kémiai hatásának tartósan ellenálló, betonanyagú közcsatornába ereszthető szennyvíz összetételének határértékei a német DWA-M 168:2010 műszaki irányelv (Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) 2. táblázata szerint

Korrózió típusa	Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben		Követelmény a betonnal szemben
		általában, tapasztalati érték	előírt érték, tartósan ellenálló beton esetén	
Oldódásos korrózió cserebomlás folytán	Magnézium (Mg^{2+})	< 100 mg/liter	≤ 1000 mg/liter	Víz-cement tényező: x ≤ 0,5 [2) 3)] Vízbehatolás a DIN EN 12390-8 szabvány szerint: max. 30 mm
	[2)] Kis víz-cement tényező és különleges összetétel esetén a beton kémiai ellenállása számottevően javul. [3)] DIN EN 1916:2003 és DIN EN 1917:2003 szabvány szerint a víz-cement tényező nem lehet nagyobb, mint 0,45.			

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Kémiai jellemző	Korrózió veszélye			Határ-érték saválló beton esetén
	Gyenge	Erős	Nagyon erős	
Mg^{2+}, mg/liter	300 – 1000	1000 – 3000	> 3000	≤ 6000

A magnéziumkorrózió a savas kilúgozó korrózióhoz hasonlít. A magnéziumkorrózió a kis karbonát-keménység és a szénsav hatását fokozza, ezért a hatások összegezendők. Ha például a karbonát-keménység és a szénsav hatására a korrózió „közepes”, a magnézium hatására pedig „gyenge”, az agresszivitás végeredményben „jelentős” (*Biczók*, 1956).

A sósav sói közül az ammónium-klorid (NH_4Cl), alumínium-klorid ($AlCl_3$), magnézium-klorid ($MgCl_2$) káros (*Biczók I.* 1956, 1960).

Az agresszív vizekben előforduló magnéziumsók (például $MgCl_2$) cserebomlásra hajlamosak, és a $MgCO_3$ kivételével a betont megtámadják, oly módon, hogy

- **egyrészt a cementkő szabad mészhidrátjával ($Ca(OH)_2$-val, portlandittal) könnyen oldódó kloridokat képeznek;**
- **másrészt az oldott magnézium a lúgos beton-környezetben brucit ($Mg(OH)_2$) alakjában válik ki, mely a beton felületén eleinte védőréteget képez, de végül – előrehaladva a betonstruktúrában, térfogatnövekedés folytán – a beton összerepedezéséhez vezet:**

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mg(OH)_2$$

(*Thienel, K.-Ch.*: „Werkstoffe des Bauwesens Dauerhaftigkeit von Beton ”, Institut für Werkstoffe des Bauwesens. München, 2011.; és *Fintor K.*: „Betonműtárgyak cementásványai. A beton degradációja III. Karbonátosodás, kloridos korrózió”, Szeged 2014.)

⑤ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Ammóniumion (NH_4^+) [b)], mg/l Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1 *) MSZ 260-9 MSZ EN ISO 14911	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60
			Szennyvizek esetén:	
			30 – 100	> 100

Az ammóniumion *dőlt betűs* NAD 2. táblázatban (csapadékvizek, kondenzációs vizek és egyéb agresszív folyadékok környezeti osztálya) lévő határértékei megegyeznek az álló betűs 2. táblázatban (természetes talaj és talajvíz, valamint felszíni vagy felszínre jutó természetes vizek) az ammóniumion-tartalmakra vonatkozó határértékekkel.

Az ammónia-tartalom (NH_3) a szerves szennyezések egyik legfontosabb mutatója. Amikor az ammónia gáz (NH_3) vízben oldódik, ammóniumion képződik (NH_4^+):

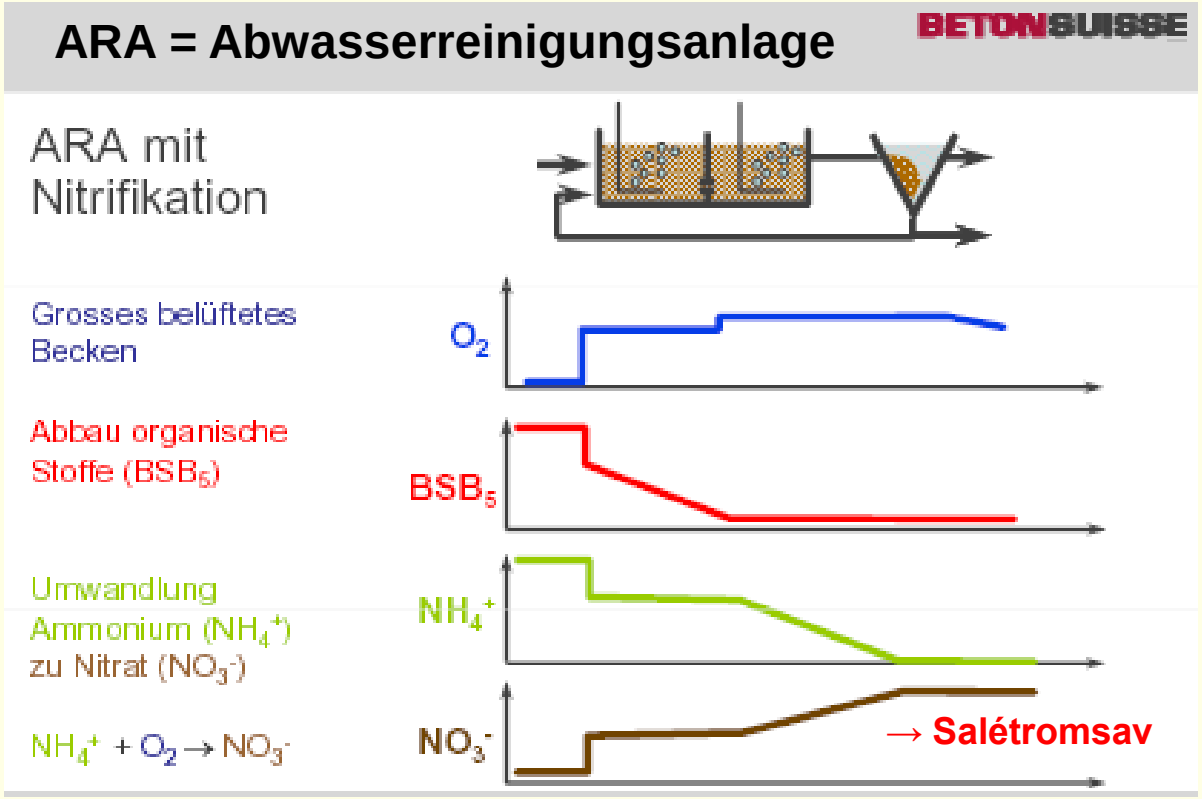
$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

Az ammónia és az ammónium-ion a talajvizekben és a szennyvizekben a mikrobák tevékenységeként keletkezik. A felszíni vizekben nagyobb ammónia tartalom a kommunális és ipari szennyvizek beömlése következtében fordul elő.

A nitrifikáló baktériumok, amennyiben elegendő oxigén áll rendelkezésre a vizekben az ammóniatartalmat nitritté, majd nitráttá oxidálják. Ez a folyamat jelentős mennyiségű oxigént fogyaszt a vízből.

A nitrifikáló baktériumok oxigéndús környezetben a szennyvízben oldott ammóniát (az ammónium-hidroxidot: $NH_3 \cdot H_2O$) először nitritté (NO_2^-), majd nitráttá (NO_3^-) oxidálják, miközben H^+ hidrogénionok válnak szabaddá (nitrifikáció), majd salétromossav (HNO_2), illetve salétromsav (HNO_3) képződik.

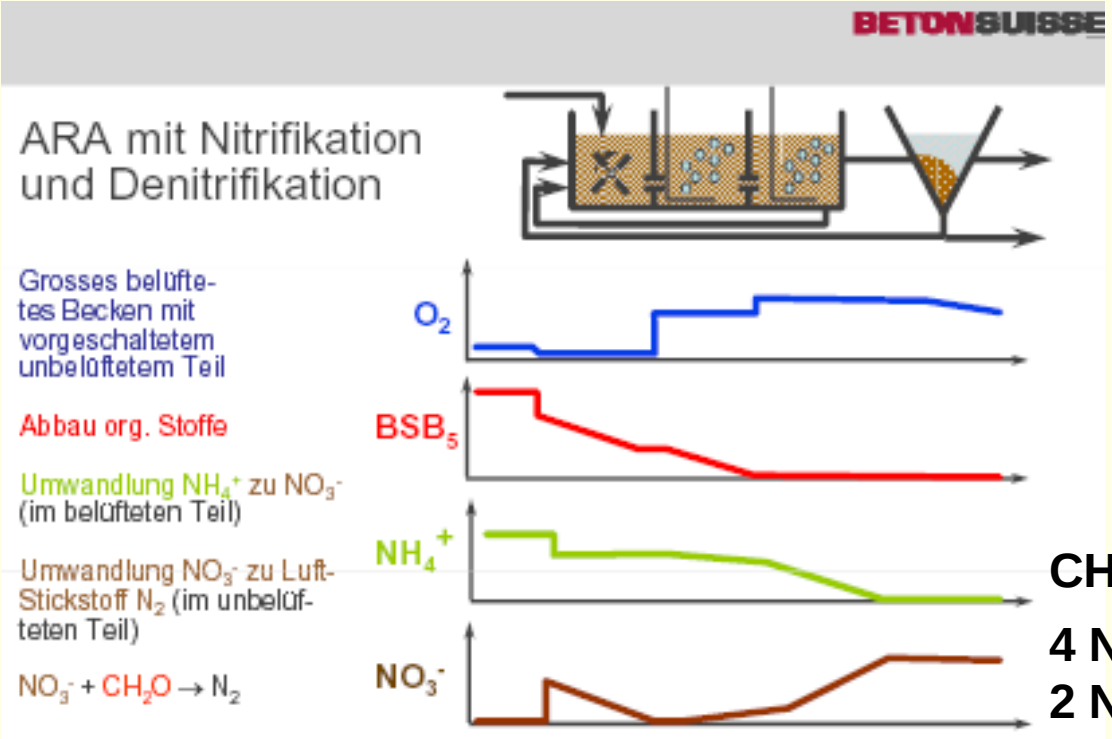
Azokban a szennyvíz-tisztítómedencékben, amelyekben főképp nitrifikáció játszódik le, a betonkorrózió a legnagyobb. Ha a medencékben denitrifikáló baktériumok tevékenységének eredményeképpen a nitrogéntartalmú ionok visszaalakítása elemi nitrogénné is folyik (denitrifikáció), a betonkorrózió kisebb.



BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf) = BOI (Biokémiai oxigénigény), a szervesanyag-tartalom kifejezője.

A tisztítómedencébe belépő szennyvíz szerves anyaggal és ammóniumionnal (NH_4^+) terhelt.

Forrás: *Schulthess, R.*: „Betonerosion in Biologiebecken von ARA", Betonsuisse. Bern, 2010.



6,5-es pH leállítja a nitrifikációt

A denitrifikáló medencében a szennyvizet keverik, a nitrifikáló medencében levegőztetik. (*Schulthess*, 2010)

CH_2O = formaldehid → kezelőszer

$4\ NO_3^- + 5\ CH_2O + 4\ H^+ \rightarrow 2\ N_2 + 5\ CO_2 + 7\ H_2O$

Az ammóniumsók agresszív vizekben előforduló cserebomlásra hajlamos sók: az ammóniumnitrát, -klorid, -szulfid, -szulfát, valamint –hidrogénkarbonát a betont megtámadják. Például az ammóniumklorid (NH_4Cl) a cementkő szabad mészhidrátjával ($Ca(OH)_2$) ammónia (NH_3) keletkezése mellett könnyen oldódó kalciumkloridot ($CaCl_2$) képez:

$$NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + H_2O + NH_3$$

(*Thienel, K.-Ch.*: „Werkstoffe des Bauwesens Dauerhaftigkeit von Beton ", Institut für Werkstoffe des Bauwesens. München, 2011.; és *Fintor K.*: „Betonműtárgyak cementásványai. A beton degradációja III. Karbonátosodás, kloridos korrózió", Szeged 2014.)

Közcsatornába ereszthető nem háztartási, hanem üzemi, ipari és hasonló eredetű szennyvizek szennyező anyag tartalmának néhány megengedett értéke a DWA-M 115-2:2005 (Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers. Teil 2: Anforderungen. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) műszaki irányelv A.1. függeléke szerint:

Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben	Fontosabb megjegyzések
Szervetlen anyagok		
Ammónium-nitrogén (NH_4-N) és ammónia-nitrogén (NH_3-N)	≤ 100 mg/liter	Ha a szennyvíz tisztító legfeljebb 5000 lakost szolgál ki.
	≤ 200 mg/liter	Ha a szennyvíz tisztító több, mint 5000 lakost szolgál ki.
Nitrit-nitrogén (NO_2-N)	≤ 10 mg/liter	Az előírt érték 100 mg/literig növelhető, ha a csatornából a kommunális tisztítóműbe száraz időben legfeljebb 10 mg/liter, csapadékos időben legfeljebb 1,0 mg/liter nitritből származó nitrogén jut.

A szennyvíz agresszív kémiai hatásának tartósan ellenálló, betonanyagú közcsatornába eresztheő szennyvíz összetételének határértékei a német DWA-M 168:2010 műszaki irányelv (Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) 2. táblázata szerint

Korrózió típusa	Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben		Követelmény a betonnal szemben
		általában, tapasztalati érték	előírt érték, tartósan ellenálló beton esetén	
Oldódásos korrózió cserebomlás folytán	Ammónium-nitrogén (NH_4-N)	< 100 mg/liter	≤ 3000 mg/liter	Víz-cement tényező: x ≤ 0,5 [2) 3)] Vízbehatolás a DIN EN 12390-8 szabvány szerint: max. 30 mm
	[2)] Kis víz-cement tényező és különleges összetétel esetén a beton kémiai ellenállása számottevően javul. [3)] DIN EN 1916:2003 és DIN EN 1917:2003 szabvány szerint a víz-cement tényező nem lehet nagyobb, mint 0,45.			

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Kémiai jellemző	Korrózió veszélye			Határérték saválló beton esetén
	Gyenge	Erős	Nagyon erős	
NH_4^+, mg/liter	15 – 30	30 – 60	60 – 100	≤ 300

Az ammónium nitrifikálása során salétromsav képződik, de a folyamat pH ~ 6,5 alatt leáll.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 4. számú melléklete szerint közcsatornába legfeljebb 100 mg/l ammóniumion-tartalmú szennyvizet szabad bocsátani.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 4. számú melléklete szerint közcsatornába legfeljebb 150 mg/l összes nitrogén-tartalmú szennyvizet szabad bocsátani és 1. számú melléklete szerint a szennyvíztisztító telepről ≤ 10001 - 100000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 15 mg/l és > 100000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 10 mg/l nitrogén-tartalmú szennyvizet szabad kibocsátani.

⑥ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
SO_4^{2-}-tartalom, mg/l Duzzadásos korrózió Kénsavkorrózió esetén oldódásos korrózió is	MSZ EN ISO 10304-1 (Vízminőség. Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész: A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása)	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 1500	> 1500

A szennyvíz agresszív kémiai hatásának tartósan ellenálló, betonanyagú közcsatornába ereszthető szennyvíz összetételének határértékei a német DWA-M 168:2010 (Korrosion von Abwasseranlagen. Abwasserableitungen. DWA-Regelwerk. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) műszaki irányelv 2. táblázata szerint:

Korrózió típusa	Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, ill. a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben		Követelmény a betonnal szemben *
		általában, tapasztalati érték	előírt érték, tartósan ellenálló beton esetén	
Duzzadásos korrózió	Szulfát (SO_4^{2-})	< 250 mg/liter	≤ 600 mg/liter	HS** jelű szulfátálló cement nélkül
			≤ 1500 mg/liter	HS** jelű szulfátálló cement nélkül 4)
			≤ 3000 mg/liter	HS** jelű szulfátálló cementtel

*** Víz-cement tényező: x ≤ 0,5 3); vízbehatolás a DIN EN 12390-8 szabvány szerint: max. 30 mm**
**** HS-Zement: Zement mit hohem Sulfatwiderstand = Szulfátálló cement (DIN 1164-10:2004)**
3) és 4) megjegyzést lásd a következő diakockán

Megjegyzések az előző diakockához:

[3)] **A DIN EN 1916:2003** (Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton) **és DIN EN 1917:2003** (Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton) **szabvány** (illetve az MSZ EN 1916:2003 és MSZ EN 1917:2003 szabvány) **szerint a víz-cement tényező nem lehet nagyobb, mint 0,45.**

[4)] **Szulfátkorróziónak nagymértékben ellenálló beton készítéséhez a DIN 1164-10:2004 szabvány szerinti HS jelű szulfátálló cement helyett szabad cement és pernye keverékét használni, ha a következő feltételek teljesülnek:**

- **CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL vagy CEM III/A cement esetén**
- **A pernyének a cement- és pernye-tartalomra vetített részaránya CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S és CEM II/A-LL cement esetén legfeljebb 20 tömeg%,**

  CEM II/A-T, CEM II/B-T és CEM III/A cement esetén legfeljebb 10 tömeg% lehet.

Közcsatornába eresztheto nem háztartási, hanem üzemi, ipari és hasonló eredetű szennyvizek szennyező anyag tartalmának néhány megengedett értéke a DWA-M 115-2:2005 (Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers. Teil 2: Anforderungen. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) műszaki irányelv A.1. függeléke szerint:

Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben	Fontosabb megjegyzések
Szervetlen anyagok		
Szulfát (SO_4^{2-}), a korlátozást a betonkorrózió veszélyének csökkentése teszi szükségessé	≤ 600 mg/liter	Ha a beton nem szulfátálló (nem HS jelű) cementtel készül.
	≤ 3000 mg/liter	Ha a beton szulfátálló, HS jelű cementtel készül.
		Kivételesen nagyobb határérték is megengedhető egyes esetekben, ha a szennyvíz a csatornahálózatban keveredik.
Szulfid (S^{2-}), könnyen szabaddá váló	≤ 2 mg/liter	A határérték akkor érvényes, ha a szennyvíz a csatornában elegendő oxigénhez jut, kémhatása semleges vagy lúgos és hőmérséklete legfeljebb 20 °C.

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Kémiai jellemző	Korrózió veszélye			Határ-érték saválló beton esetén
	Gyenge	Erős	Nagyon erős	
SO_4^{2-}, mg/liter	200 – 600	600 – 3000	3000 – 6000	≤ 6000

A szennyvízben oldott szulfátok a beton *duzzadásos korrózióját* okozzák azáltal, hogy a cementkő aluminát-hidrátjaival (…·Al_2O_3·xH_2O) és szabad kalcium-hidroxidjával (portlandit, $Ca(OH)_2$) nagytérfogatú másodlagos ettringit kristályokat (6CaO·Al_2O_3·3SO_3·32H_2O) képeznek, amelyek duzzadás közben a betont képesek teljesen összerepeszteni.

A cement annál kevésbé hajlamos a másodlagos ettringit képződésre és a szulfát duzzadásra, és annál szulfátállóbb, minél kisebb a trikalcium-aluminát-hidrát-tartalma. Ha a klinkerből a trikalcium-aluminát fázis (C_3A, felit) hiányzik vagy kicsi a mennyisége, akkor a cement szulfátálló.

A svájci CEMSUISSE-Merkblatt MB 01:2010 műszaki irányelv 4.3.1 szakasza szerint az XAA(CH) környezeti osztályban, ha a szennyvíz átlagos szulfát-tartalma (SO_4^{2-}) nagyobb, mint 600 mg/liter, akkor az SN EN 197-1:2011 szabvány szerinti nagy szulfátállóságú cementtel kell a betont készíteni.

***Biczók Imre* a könyveiben (1956, 1960) kifejtette, hogy a szulfátkorrózió a pH-érték csökkenésével, tehát a savasság növekedésével erősen fokozódik, mert a savas vizek oldó hatása erősebb.**

A betonkorrózió veszélyességét nem lehet csupán a szulfáttartalom és a pH-érték meghatározásával megállapítani. Ha a vízben egyidejűleg többféle agresszív ion van jelen, akkor azok hatását súlyozottan kell figyelembe venni.

A szennyvíz csatornában elemi kénné alakult, majd kénsavvá oxidálódott szulfát-, szulfidionok kénsavkorróziót is okoznak, amely *oldódásos korrózió*.

A csatorna elemek esetén nagy jelentősége van a *biogén kénsav-korróziónak*, amely a szennyvíz vízszintje feletti gáztérben károsítja a betont.

A szulfát-, szulfidionok diffúzióval és turbulenciával kerülnek a szennyvízből a gáztérbe és onnan a csatorna, illetve az akna falára, ahol elemi kénné alakulnak, és végül a csatorna falán élő thiobacilusok elegendő nedvesség esetén kénsavvá (H_2SO_4) oxidálják.

A kénsav megtámadja a betont (tulajdonképpen oldódásos betonkorrózió), a kénsav hatására a cementkő CO-tartalmából duzzadó gipsz-kristályok ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) keletkeznek (járulékos duzzadásos betonkorrózió), (*Biczók* 1956).

Körszelvényű csatorna falán a szennyvízszint felett a biogén kénsav-korrózió éves előrehaladási mélysége mintegy 3 mm. (*Bosseler, B. – Puhl, R.:* „Beschichtigungsverfahren zur Sanierung von Abwasserschächten.” IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur. Gelsenkirchen, 2005)

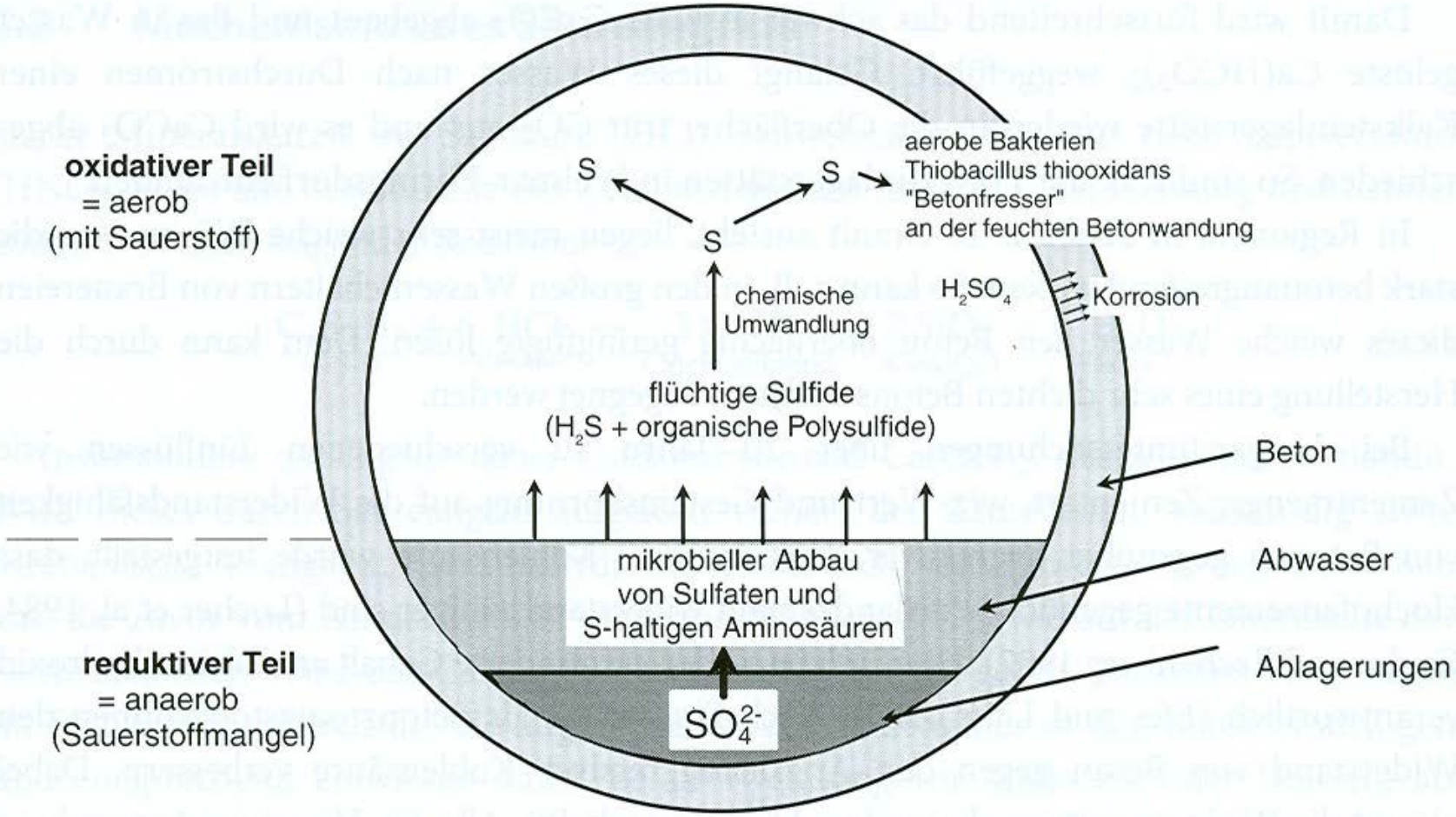


Abb. 6.1 Prinzipielle Darstellung der biogenen Schwefelsäurekorrosion in teilgefüllten Abwasserrohren

Forrás: *Stark, J. – Wicht, B.*: Dauerhaftigkeit von Beton. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 2013)

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 4. számú melléklete szerint közcsatornába legfeljebb 400 mg/l szulfát-tartalmú szennyvizet szabad bocsátani.

További követelmények agresszív szennyvizekkel érintkező meglévő, felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonjának szennyvizek okozta kémiai korróziója esetén

⑦ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Dikromátos kémiai oxigénigény, KOI_k, mg/liter [a)] Oldódásos korrózió	MSZ ISO 6060*) MSZ 12750-21	–	–	–

⑧ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Biokémiai oxigénigény 5 napos, BOI_5, mg/liter [a)] Oldódásos korrózió	MSZ EN 1899-1 MSZ EN 1899-2	–	–	–

⑨ Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Dikromátos kémiai oxigénigény (KOI_k) és 5 napos biokémiai oxigénigény (BOI_5) aránya, KOI_k/BOI_5) Oldódásos korrózió	–	≥ 4	< 4,0 és ≥ 2,5	< 2,5

FOGALOM MEGHATÁROZÁS

Dikromátos kémiai oxigénigény, KOI_k

CSB (DWA-M 115-2) = Chemischer Sauerstoffbedarf

Der CSB-Wert kennzeichnet die Menge an Sauerstoff, welche zur Oxidation der gesamten im Wasser enthaltenen organischen Stoffe verbraucht wird in mg/l.

Biokémiai oxigénigény, BOI_5

BSB5 (DWA-M 115-2) = Biochemischer Sauerstoffbedarf

BSB5 gibt die Menge an Sauerstoff in mg/l an, welche die Bakterien und andere Kleinstlebewesen in einer Wasserprobe während 5 Tagen bei 20 ºC verbrauchen, um die Wasserinhaltsstoffe aerob abzubauen.

(Forrás: http://dezentrales-abwasser.de/Allgemein/lexikon.htm)

Vízvédelmi minősítés dikromátos kémiai oxigénigény alapján *Burucs* (2011) szerint:

$KOI_k \leq 2$ mg/liter esetén
a víz nagyon tiszta, figyelemre méltó szerves hulladékot nem tartalmaz;

$KOI_k = (2\text{-}6)$ mg/liter esetén
a szennyvíz mérsékelten tiszta, kissé szennyezett;

$KOI_k = (6\text{-}25)$ mg/liter esetén
a szennyvíz szennyezett, szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

$KOI_k = (25\text{-}70)$ mg/liter esetén
a szennyvíz erősen szennyezett, szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

$KOI_k = (70\text{-}200)$ mg/liter esetén
a szennyvíz nagyon szennyezett, számottevő szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

$KOI_k \geq 200$ mg/liter esetén
a szennyvíz rendkívül szennyezett, szerves hulladék tartalma igen nagy.

Forrás: Burucs Zoltán: Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk. 7. fejezet - VÍZVÉDELEM
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch07.html

Vízvédelmi minősítés biokémiai oxigénigény alapján *Burucs* (2011) szerint:

BOI_5 ≤ 2 mg/liter esetén
a víz nagyon tiszta, figyelemre méltó szerves hulladékot nem tartalmaz;

BOI_5 = (2-4) mg/liter esetén
a szennyvíz mérsékelten tiszta, kissé szennyezett;

BOI_5 = (4-10) mg/liter esetén
a szennyvíz szennyezett, szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

BOI_5 = (10-40) mg/liter esetén
a szennyvíz erősen szennyezett, szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

BOI_5 = (40-120) mg/liter esetén
a szennyvíz nagyon szennyezett, számottevő szerves hulladékot és baktériumokat tartalmaz;

BOI_5 ≥ 120 mg/liter esetén
a szennyvíz rendkívül szennyezett, szerves hulladék tartalma igen nagy.

Forrás: Burucs Zoltán: Globális környezeti problémák és néhány társadalmi hatásuk. 7. fejezet - VÍZVÉDELEM
http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_fenntarthato_fejlodes/ch07.html

Közcsatornába ereszthető nem háztartási, hanem üzemi, ipari és hasonló eredetű szennyvizek szennyező anyag tartalmának néhány megengedett értéke a DWA-M 115-2:2005 (Indirekteinleitung nicht häuslichen Abwassers. Teil 2: Anforderungen. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef) műszaki irányelv A.1. függeléke szerint:

Szennyvíz jellemzője, illetve káros összetevőjének megnevezése	Szennyvíz jellemzőjének értéke, illetve a káros összetevő megengedett mennyisége a szennyvízben	Fontosabb megjegyzések
Kémiai és biokémiai jellemzők		
Biokémiai oxigénigény, 5 napos, BOI_5	≤ 100 mg/liter	
Teljes aerob biológiai lebonthatóság	Nincs határérték	A vizsgálatot akkor kell elvégezni, ha a szennyvíz tisztítóműben üzemelési nehézségek lépnek fel vagy várhatók. Határértékként a kémiai oxigénigény (KOI) határértéke vehető fel. Ha a biológiai lebonthatóság meghatározása nem elegendő, akkor az oldott, szerves eredetű szén (DOC) 24 órás lebonthatósága értékének 75 %-a tekinthető irányszámnak.

MaSzeSz hír
CSATORNA
2005 A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség Lapja március-április

CSATORNAHÁLÓZATOK MEGFELELŐSÉGE

Dulovics Dezsőné dr.

Csatornákban kialakuló szennyezőanyag koncentrációk, UNESCO 1987.

Vízminőségi jellemzők mg/l-ben		Lakóterület	
		Egyesített csatorna	Csapadék csatorna
BOI_5	**min. – max. (átlag)**	2-600 (23–114)	1–145 (8–55)
KOI	**min. – max. (átlag)**	33–1762 (138–209)	4–1740 (28–213)

hulladékOnline elektronikus folyóirat 4. évfolyam 1. szám 2013 ISSN 2062-9133

KOMMUNÁLIS SZENNYVIZEK TÁPANYAGTARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGE

Dr. Takács János

Kommunális szennyvizek legfontosabb jellemzői:

Biokémiai oxigénigény, átlagos **BOI_5 = 200 – 300 mg/liter**
Biokémiai oxigénigény, legnagyobb **BOI_5 = 240 – 1000 mg/liter**

Dikromátos kémiai oxigénigény, átlagos **KOI_k = 500 – 600 mg/liter**
Dikromátos kémiai oxigénigény, legnagyobb **KOI_k = 480 – 2000 mg/liter**

Az összegző paraméterek szerepe a szennyvizek minőségi jellemzésében

Oláh József* – Öllős Géza**

*Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. – **professzor emeritus

1. táblázat. Ipari eredetű szennyvizek BOI_5 értékei különböző oltóiszapok alkalmazása mellett

(Oláh: 1988. VITUKI, 1995. FCsM Rt.)

A szennyvíz eredete	KOI	BOI_5 értéke a különböző oltóiszapok alkalmazása mellett			RBOI **Rövid idejű mérés**	
		Kommunális	Ipari-kommunális	Adaptált iszap **Hozzá illesztett eleven iszap**	Kommunális	Adaptált eleveniszappal
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Gyógyszergyári I.	6 350	1 050	2 310	2 860	1 860	2 610
Gyógyszergyári II.	4 320	840	1 460	1 980	1 380	1 910
Gyógyszergyári fermentációs üzem	3 150	1 810	1 920	2 250	2 010	2 030
Festékipari + olefin üzem	1 960	230	640	810	540	680
Szintetikus vegyipari	2 260	310	530	860	630	790
Tejipari	1 980	1 120	-	1 380	1 205	1 440

http://statex.hu/cikkek/Osszegzo_parmeterek.pdf

ClearWater

BSB_5 = Biologischer Sauerstoffbedarf = Biokémiai oxigénigény (BOI_5)

KWS

KWS Water Solutions GmbH
Scharnhorststr. 23
32052 Herford

Fon +49 (0) 5221 – 1224 – 41
Fax +49 (0) 5221 - 1224 – 42

Anleitung

- Einbau
- Inbetriebnahme
- Wartung

Im häuslichem Abwasser sind üblicherweise folgende Zulaufkonzentrationen vorhanden:

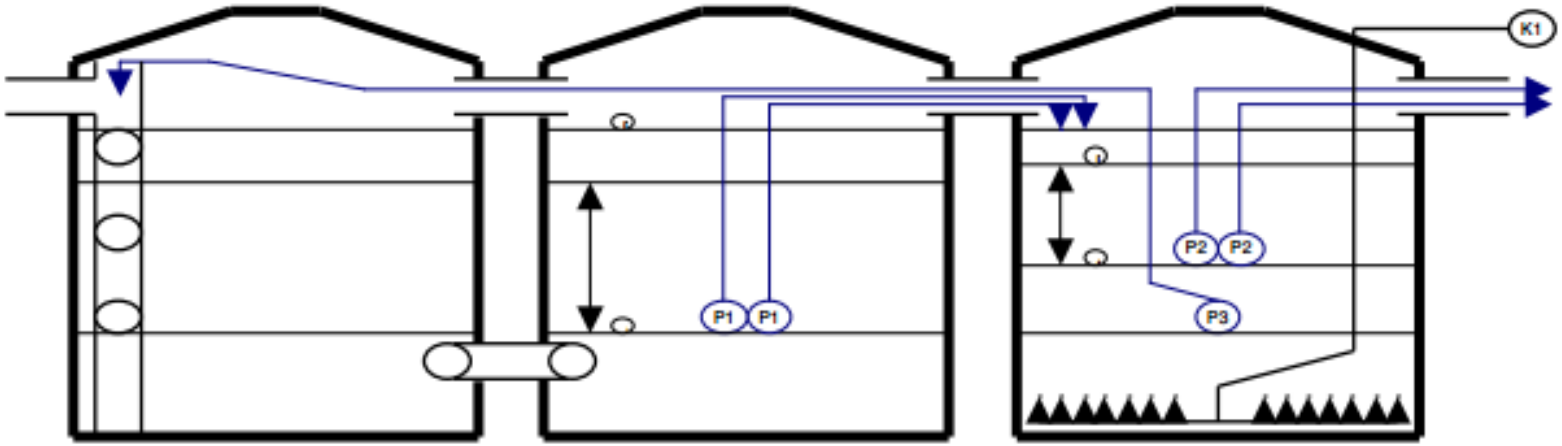
Parameter	Rohabwasser [mg/l]
BSB_5	400
TS	467
TKN	73
P	12

Nach Größenklasse 1 muss behandeltes Abwasser einen CSB < 150 mg O_2/l aufweisen.

CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf = Kémiai oxigénigény (KOI_k)

 https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Anlagen_Substitution.pdf

CLEAR WATER CW 120-B



Volumen	Vorklärung 1	Vorklärung 2	Vorklärung ges.		SBR-Reaktor 1	SBR-Reaktor ges.	
Sicherheitsreserve:	0,2	0,2	0,4	m³	1,4	1,4	m³
Puffer:	6,8	6,8	13,5	m³	4,5	4,5	m³
Vorkl./Klarw.:	2,3	2,3	4,5	m³	7,2	7,2	m³
Schlamm:	6,0	6,0	12,0	m³	9,6	9,6	m³
Volumen ges.:	15,2	15,2	30,4	m³	22,6	22,6	m³

Volumen Vorklärung

	gew.	erf.		Kapazität
Sicherheitsreserve:	0,4		m³	
Puffer:	13,5	13,5	m³	100%
Vorklärung:	4,5	4,5	m³	100%
Schlamm:	12,0	12,0	m³	100%
Gesamt:	30,4	30,0	m³	99%

Abwasserparameter

		Zulauf	Ablauf	
CSB	≤	800	90	mg/l
BSB5	≤	400	20	mg/l
NH4-N	≤		10	mg/l
Nges.	≤		18	mg/l
Pges.	≤			mg/l

Beton für Kompostierungsanlagen

Zement-Merkblatt Landwirtschaft

Bauberatung Zement

Die Kompostierung von Grün- und Bioabfällen ist ein wesentlicher Bestandteil der Abfallwirtschaftkonzepte von Landkreisen und Kommunen. Kompostierungsprozesse stellen hohe Anforderungen an die zu verwendenden Baustoffe, um Kompostqualität, Umweltschutz und eine lange Nutzungsdauer der Anlagen zu gewährleisten.

Fahrstraßen im Bereich von Kompostierungsanlagen, die mit Lkw und Arbeitsgeräten befahren werden, sind in der Regel in die Bauklasse IV nach RStO 2000 einzuordnen. Weiterführende Hinweise zum konstruktiven Aufbau sowie zur Herstellung geben:

Tafel 3: Chemische Zusammensetzung von Sickerwässern und Kondensaten bei getrennter Erfassung von Sicker- und Niederschlagswasser

Parameter	Einheit	Anteil im Sickerwasser[1)] Szivárgó víz	Anteil im Kondensat[1)] Kondenz víz	Bereich für starken chemischen Angriff auf Beton nach DIN 4030
Biologischer Sauerstoffbedarf BSB_5	mg/l	≤ 3.500	≤ 2.000	
Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	mg/l	≤ 6.500	≤ 3.000	
pH-Wert		5,5 ... 9	> 7	4,5 ... 5,5
Ammonium NH_4^+	mg/l	≤ 900	≤ 100	30 ... 60
Sulfat SO_4^{2-}	mg/l	≤ 1.800	≤ 20	600 ... 3.000
Chlorid Cl^-	mg/l	≤ 3.000	≤ 40	

Mezőgazdasági komposztáló létesítmény

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 7. táblázata szerint a szennyvíztisztító telepről legfeljebb 25 mg/l biokémiai oxigénigényű (BOI_5) szennyvizet szabad kibocsátani, és 1. számú melléklete szerint a szennyvíztisztító telepről ≤ 600 lakosegyenérték esetén legfeljebb 80 mg/l, 601 - 2000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 50 mg/l és > 2000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 25 mg/l biokémiai oxigénigényű szennyvizet szabad kibocsátani.

A 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet 4. számú melléklete szerint közcsatornába legfeljebb 1000 mg/l dikromátos kémiai oxigénigényű (KOI_k) szennyvizet szabad bocsátani, és 1. számú melléklete szerint a szennyvíztisztító telepről ≤ 600 lakosegyenérték esetén legfeljebb 300 mg/l, 601 - 2000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 200 mg/l és > 2000 lakosegyenérték esetén legfeljebb 125 mg/l biokémiai oxigénigényű szennyvizet szabad kibocsátani.

⑩ ***Redoxi potenciál, ORP, mV*** ***Oldódásos korrózió***	***ASTM D1498***	***≤ -50 és ≥ -100***	***< -100 és ≥ -150***	***< -150***

Az elektródpotenciál az elektronok oldatbeli kémiai potenciáljával arányos mennyiség. Az elektronok oldatbeli kémiai potenciálja ("energiája") pedig a rendszer oxidáló, illetve redukáló képességével mértéke: ezt a tulajdonságot fejezi ki az alábbi módon definiált *redoxpotenciál* is: Egy redoxi rendszer redoxipotenciálja az az egyensúlyi elektródpotenciál, amelyet egy fémelektród az illető redoxrendszerrel érintkezve felvesz.

A redoxi potenciál skála nullapontja a H_2/H^+ rendszer standard redoxpotenciálja.

A redoxi potenciál az oxidáló-, illetve redukálóképesség mértéke, és mint ilyen, önmagában nem, csak más rendszerek redoxi potenciáljához képest értelmezhető: mindig a pozitívabb redoxi potenciálú rendszer képes oxidálni a negatívabbat. Általában, minél pozitívabb egy redoxi potenciál, annál oxidálóbb a rendszer.

Forrás: http://chemonet.hu/hun/eloado/fizkem/elkem/eq08.htm

Redoxipár		Folyamat	Redoxi potenciál tartomány, mV
Oxidált forma	Redukált forma		
SO_4^{2-}	H_2S, FeS	Szulfátredukció	0 - -200
NO_3^-	NH_4^+	Nitrátredukció	+100 - -150
CO_2	CH_4	Metánképződés	-150 - -300
Fe^{3+}	Fe^{2+}	Fe redukció	+200 - -100
O_2	H_2O	Aerob légzés	+600 - +400
NO_3^-	N_2O, N_2	Denitrifikáció	+500 - +200
Mn^{4+}	Mn^{2+}	Mn redukció	+250 - +100
Forrás: http://kornyezet.elte.hu/cimlap/hu/doktori/Dokt_Besz/120531/HorvathSzaboKata.pdf			

A redoxi potenciál szennyvizek esetén a szulfid-képződés kifejezője.

Deszulfurikációnak (bakteriális szulfátredukciónak) azt a folyamatot nevezzük, amelynek során az anaerob, szulfátredukáló (deszulfurikáló) baktériumok a szulfátokat (SO_4^{2-}) szulfiddá (S^{2-}), majd kénhidrogénné (H_2S) redukálják:

SO_4^{2-} + szerves szén → S^{2-} + melléktermék, majd $S^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2S$

vagy $SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \rightarrow 4H_2O + H_2S$, ahol a redukálószer elemi hidrogén (H_2).

A biofilmben aerob, savtűrő thiobacilusok élnek, amelyek a kénhidrogént oxigén jelenlétében képesek kénsavvá (H_2SO_4) oxidálni.

Forrás: *Weismann, D. – Lohse, M.*: Sulfid-Praxishandbuch der Abwassertechnik. Vulkan-Verlag. Essen, 2007.

MSZ 4798:2016/2M:2017 ***NAD F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira (Részlet)***

A táblázatban szereplő követelmények függetlenek attól, hogy a betonra kerül-e szigetelés vagy bevonat, vagy nem kerül.

Vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek esetén az acélbetétek korrózió elleni védelme érdekében a környezeti hatások miatt szükséges előírt legkisebb betonfedést ($c_{min,dur}$) is be kell tartani.

Szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió hatása k) q)			
Környezeti osztály jele	XA4(H) l)	XA5(H) m)	XA6(H) n)
Legnagyobb v/c a) b)	II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz/(hatékony kötőanyag) tényező r)		
	0,45	0,43	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály c)	C30/37	C30/37	C35/45
Legkisebb cementtartalom b), kg/m³	II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb hatékony kötőanyag-tartalom r)		
	320	330	345
	de legfeljebb +5%-kal több		
Friss beton levegő-tartalma, térfogat%	Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen d) o)		
Egyéb követelmények	Vízbehatolás legnagyobb mélysége az 5.5.3. szakasz szerint meghatározva, legfeljebb, mm		
	20	20	20
	Az adalékanyag szemmegoszlása (M melléklet) célszerűen az 5.5.3. szakasz szerinti		

Saválló beton tartóssága (Anforderungen an Hochleistungsbetone für Abwasserrohre bei starkem chemischen Angriff. Materialprüfungsanstalt, MPA, Berlin-Brandenburg 2007)

Javaslat a saválló beton összetételére, illetve tulajdonságaira	
Beton nyomószilárdsági osztálya	C60/75
Kloridmigrációs tényező, 28 nap után, mm^2/s	$< 0{,}8 \cdot 10^{-12}$
Víz-cement tényező	< 0,45
HS jelű szulfátálló cement szilárdsági osztálya (DIN EN 197-1, DIN 1164)	42,5 R
Lisztfinomságú (0,125 mm alatti) szemek (Mehlkorn) mennyisége, kg/m^3	< 370
Kiegészítőanyag-tartalom (kvarcliszt + pernye + szilikapor) a kötőanyagban (cement + kiegészítőanyag), tömeg%	30 – 40
Adalékanyag frakciók szemnagysága 0/2, 2/8, 8/16 mm, a szemmegoszlási görbe az A-B tartomány felső részén helyezkedik el.	
Megjegyzés: A savas korrózió veszélye pH = 3,5 esetén ezerszer nagyobb, mint pH = 6,5 esetén (logaritmikus skála).	

Trotz des Schutzes der Betonoberfläche durch Oberflächenschutzsysteme oder Auskleidungen sind die genannten Stahlbetonbauteile der Expositionsklasse XA3 (starker chemischer Angriff) zuzuordnen, sodass die entsprechenden normativen Grenzwerte für die Betonzusammensetzung einzuhalten sind:

Beton-Kalender, 2011. 1. kötet. Ernst & Sohn

- w/z-Wert
  $\leq 0{,}45$
- Mindestdruckfestigkeitsklasse
  C35/45
- Mindestzementgehalt
  320 kg/m^3
  (270 kg/m^3 bei Anrechenbarkeit von Flugasche)

Hűtőtornyok betonösszetételének határértékei

Tabelle 10. Kühltürme aus Beton mit erhöhtem Säurewiderstand

	Nieder-außem BoA1	Neurath BoA2&3	Hamm/ Westfalen	Boxberg R	Datteln 4	Lünen
Literatur-hinweis	[15, 21]	[198]	[130]	[99, 109]	[137]	[99]
Bauherr	RWE			Vattenfall	E.ON	Trianel Power
Bauunter-nehmen	Heitkamp	Wiemer/ Trachte u. Al-pine	Wayss & Freytag	Heitkamp	ARGE WSN	Heitkamp
Baubeginn der Schale	1999	2006	2008	2007	2008	2009
Betonverant-wortung	Bauherr			Bauunter-nehmen	Bauunter-nehmen	Bauunter-nehmen
Zement	CEM I 42,5 HS	CEM I 42,5R HS-NA	„SRB“ ähnlich Nieder-außem und Neurath	CEM II/B-S 42,5 R-NA	CEM II/B-S 52,5 R	ähnlich wie Boxberg R (vgl. [99])
Zement-gehalt	250 kg/m³	251 kg/m³		270 kg/m³	bislang unveröffent-licht	
Zusatzstoffe	SFA + Mikrosilica	SFA + Mikrosilica		SFA + Feinstflug-asche	SFA + Feinstflug-asche	
$(w/z)_{eq}$		~0,40 bis 0,42				

Beton-Kalender, 2011. 1. kötet. Ernst & Sohn

Hűtőtornyok beton-összetétele

Tabelle 7. Wesentliche mögliche betonkorrosive Prozesse an Kühltürmen mit Abgaseinleitung durch anorganische Substanzen (nach [103])

Beton-Kalender, 2011. 1. kötet. Ernst & Sohn

Angreifendes Medium	Angegriffener Stoff im Zementstein	Zerstörung des Zementsteins durch	Auswirkung auf Beton	Reaktionsgleichungen (Beispiele)
Säuren, anorganisch	$Ca(OH)_2$ CSH-Phasen CAH-Phasen	Lösen des $Ca(OH)_2$, Zersetzung der CSH- und CAH-Phasen	Festigkeits-abnahme, zunehmende Undichtheit, Oberflächenangriff	$Ca(OH)_2 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$ $3\ CaO \cdot 2\ SiO_2 \cdot 3\ H_2O + 6\ HCl \rightarrow 3\ CaCl_2 + 2\ SiO_2 + 6\ H_2O$
Weiches Wasser	$Ca(OH)_2$	Herauslösen des $Ca(OH)_2$	Festigkeits-abnahme	–
Ammonium-Salze	$Ca(OH)_2$	Umsetzung des $Ca(OH)_2$	siehe Säuren	$Ca(OH)_2 + 2\ NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2\ NH_3 + 2\ H_2O$
Austauschfähige Salze (Nitrate)	$Ca(OH)_2$	Auslaugung des $Ca(OH)_2$	Festigkeits-abnahme	$Ca(OH)_2 + 2\ NaNO_3 \rightarrow Ca(NO3)_2 + 2\ NaOH$
Kalklösende Kohlensäure	$Ca(OH)_2$	Auslaugung des $Ca(OH)_2$	Festigkeits-abnahme	$Ca(OH)_2 + 2\ CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
Sulfate	$Ca(OH)_2$ Aluminate	Gips Trisulfat	Treiberscheinungen Risse Festigkeitsverlust	$Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2\ H_2O + 2\ NaOH$ $C_3AH_6 + 3\ Cs + 26\ H \rightarrow C_3A \cdot 3\ Cs \cdot 32\ H$

Hűtőtornyok betonkorróziójának reakció-egyenletei

Cementek és kiegészítőanyagok alkalmazása kémiai korrózióveszély esetén

A táblázatot az Olvasó, – ha egyetért a tartalmával – saját felelősségére alkalmazhatja.

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállóság szempontjából			
XA1	Szulfátok	Beton	duzzadás	CEM I-SR 0, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 33% V	CEM I + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
	Savak		oldódás	CEM II/B-S + 6% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/B	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XA2	Szulfátok		duzzadás	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 33% V	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
	Savak		oldódás	CEM III/B	CEM II/B-S +6% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XA3	Szulfátok		duzzadás	CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I, ha nem SR; CEM II, ha nem MSR; CEM III/A
	Savak		oldódás	CEM III/B + 4% Mk, CEM III/B + 4% D	CEM III/B	CEM II/B-S, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL); CEM III/A
XA4(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül
XA5(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D és mindegyiket *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül
XA5(H)	Savak		oldódás	CEM III/B és *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM III/B és megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM III/B	CEM I, CEM II, CEM III/A
XA6(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D, CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D, CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I, ha nem SR 0 és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül; CEM III/A
XD1	Kloridok	Acélbetét	lyukkorrózió	CEM III/B	CEM I + 11% D, CEM I + 20% V, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V), CEM II/B-S + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD2	Kloridok		lyukkorrózió	CEM III/B	CEM II/B-V+ 11% D	CEM III/A	CEM I, CEM II/A, CEM II/B kiegészítőanyag nélkül, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD3	Kloridok		lyukkorrózió	CEM III/B	CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM I + 11% D, CEM I + 20% V, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD1	Kloridok	Acélbetét és beton	lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM II/B-S-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR
XD2	Kloridok és szulfátok		lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 0 + 11% D, CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM III/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II; CEM III/A
XD3	Kloridok és szulfátok		lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR

A táblázatban szereplő valamennyi cement feleljen meg az MSZ EN 197-1:2011 szabvány követelményének, az MSR jelű mérsékelten szulfátálló cementek elégítsék ki az MSZ 4737-1:2013 szabvány követelményeit is.

A CEM III/A mérsékelten szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az MSR jel, a CEM III/B szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az SR jel.

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag (*K*) e táblázatban bordó színnel írt %-os értéke ($K_C^{\%}$) a kiegészítőanyagnak a hatékony kötőanyag-tartalomba számításba vehető, a *cementtartalomra (C) vonatkoztatott* megengedett legnagyobb %-os részaránya: $(K_C^{\%} = 100 \times K/C)$

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag-tartalomnak a *kötőanyag-tartalomra (C+K) vonatkoztatott* %-os értéke: $K_{(C+K)}^{\%} = 100 \times K_C/(K_C + 1)$ összefüggéssel határozható meg. Például, ha $K_C^{\%} = 18\%$, azaz $K_C = 0{,}18$, akkor $K_{(C+K)}^{\%} = 15{,}3\%$

Kiegészítőanyagok jelölése: D = 1. osztályú szilikapor LL = Mészkőliszt Mk = „A" típusú metakaolin S = Granulált kohósalak V = Savanyú pernye

Kausay, 2016. augusztus, frissítve: 2017. június

Nagyobb léptékben itt olvasható:
http://www.betonopus.hu/notesz/cementek-korroziv-korny.pdf

Cementek és kiegészítőanyagok alkalmazása kémiai korrózióveszély esetén

A táblázatot az Olvasó, – ha egyetért a tartalmával – saját felelősségére alkalmazhatja.

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállóság szempontjából			
XA1	Szulfátok	Beton	duzzadás	CEM I-SR 0, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 33% V	CEM I + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
	Savak		oldódás	CEM II/B-S + 6% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/B	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XA2	Szulfátok		duzzadás	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 33% V	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
	Savak		oldódás	CEM III/B	CEM II/B-S +6% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XA3	Szulfátok		duzzadás	CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I, ha nem SR; CEM II, ha nem MSR; CEM III/A
	Savak		oldódás	CEM III/B + 4% Mk, [illegible]	CEM III/B	CEM II/B-S +6% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 6% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL); CEM III/A
XA4(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I-SR 5 + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül
XA5(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D és mindegyiket *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül
XA5(H)	Savak		oldódás	CEM III/B és *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM III/B és *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM III/B	CEM I, CEM II, CEM III/A
XA6(H)	Szulfátok és savak		duzzadás és oldódás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D CEM III/B-SR + 4% Mk, CEM III/B-SR + 4% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 6% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 6% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR és mindegyikre megfelelő felületi bevonatot *kell* felhordani	CEM I, ha nem SR 0 és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül; CEM III/A
XD1	Kloridok	Acélbetét	lyukkorrózió	CEM III/B	CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V), CEM II/B-S + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD2	Kloridok		lyukkorrózió	CEM III/B	CEM II/B-V+ 11% D	CEM III/A	CEM I, CEM II/A, CEM II/B kiegészítőanyag nélkül, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD3	Kloridok		lyukkorrózió	CEM III/B	CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM I + 11% D, CEM I + 20% V, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD1	Kloridok és szulfátok	Acélbetét és beton	lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM II/B-S-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR
XD2	Kloridok és szulfátok		lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 0 + 11% D, CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM III/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II; CEM III/A
XD3	Kloridok és szulfátok		lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR

A táblázatban szereplő valamennyi cement feleljen meg az MSZ EN 197-1:2011 szabvány követelményének, az MSR jelű mérsékelten szulfátálló cementek elégítsék ki az MSZ 4737-1:2013 szabvány követelményeit is.

A CEM III/A mérsékelten szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az MSR jel, a CEM III/B szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az SR jel.

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag (K) e táblázatban bordó színnel írt %-os értéke ($K_C^{\%}$) a kiegészítőanyagnak a hatékony kötőanyag-tartalomba számításba vehető, a *cementtartalomra (C) vonatkoztatott* megengedett legnagyobb %-os részaránya: ($K_C^{\%} = 100 \times K/C$)

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag-tartalomnak a *kötőanyag-tartalomra (C+K) vonatkoztatott* %-os értéke: $K_{(C+K)}^{\%} = 100 \times K_C/(K_C + 1)$ összefüggéssel határozható meg. Például, ha $K_C^{\%} = 18\%$, azaz $K_C = 0{,}18$, akkor $K_{(C+K)}^{\%} = 15{,}3\%$

Kiegészítőanyagok jelölése: D = 1. osztályú szilikapor LL = Mészkőliszt Mk = „A" típusú metakaolin S = Granulált kohósalak V = Savanyú pernye

Kausay, 2016. augusztus, frissítve: 2017. június

Cementek és kiegészítőanyagok alkalmazása kémiai korrózióveszély (betonok duzzadását okozó szulfátok és oldódását okozó savak egyidejű hatása) esetén

Környezeti osztály	Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó
	megoldás a korrózióállóság szempontjából	
XA4(H)	CEM I-SR 0 + 14-18% Mk (metakaolin), CEM I-SR 0 + 9-11% D (szilikapor), CEM II/B-S-MSR + 5-7% Mk, CEM II/B-S-MSR + 5-7% D, CEM II/B-V-MSR + 5-7% Mk, CEM II/B-V-MSR + 5-7% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 14-18% Mk, CEM I-SR 5 + 9-11% D, CEM II/A-S-MSR + 9-11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 9-11% D, CEM II/A-V-MSR + 9-11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 9-11% D, CEM III/A-MSR
XA5(H)	CEM I-SR 0 + 14-18% Mk, CEM I-SR 0 + 9-11% D és mindegyiket *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni	CEM I-SR 3 + 14-18% Mk, CEM I-SR 3 + 9-11% D, CEM II/B-S-MSR + 5-7% Mk, CEM II/B-S-MSR + 5-7% D, CEM II/B-V-MSR + 5-7% Mk, CEM II/B-V-MSR + 5-7% D, CEM III/B-SR és mindegyiket *ajánlott* megfelelő felületi bevonattal ellátni
XA6(H)	CEM I-SR 0 + 14-18% Mk, CEM I-SR 0 + 9-11% D és mindegyiket feltétlenül el *kell* látni megfelelő felületi bevonattal	CEM I-SR 0 + 14-18% Mk, CEM I-SR 0 + 9-11% D és mindegyiket feltétlenül el *kell* látni megfelelő felületi bevonattal
Megjegyzés: A kiegészítőanyag-tartalom a cement tömegszázalékában értendő.		

Az előző diakockán lévő táblázatban szereplő valamennyi cement feleljen meg az MSZ EN 197-1:2011 szabvány követelményének, az MSR jelű mérsékelten szulfátálló cementek elégítsék ki az MSZ 4737-1:2013 szabvány követelményeit is.

A CEM III/A mérsékelten szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az MSR jel, a CEM III/B szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az SR jel.

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag (*K*) e táblázatban szereplő nagyobb %-os értéke ($K_C^{\%}$) a kiegészítőanyagnak a hatékony kötőanyag-tartalomba számításba vehető, a *cementtartalomra (C) vonatkoztatott* megengedett legnagyobb %-os részaránya: ($K_C^{\%} = 100 \times K/C$)

A cement mellé külön adagolandó kiegészítőanyag-tartalomnak a *kötőanyag-tartalomra (C+K) vonatkoztatott* %-os értéke: $K_{(C+K)}^{\%} = 100 \times K_C/(K_C + 1)$ összefüggéssel határozható meg. Például, ha $K_C^{\%} = 18\%$, azaz $K_C = 0{,}18$, akkor $K_{(C+K)}^{\%} = 15{,}3\%$

Kiegészítőanyagok jelölése:

D = 1. osztályú szilikapor **LL = Mészkőliszt**
Mk = „A” típusú metakaolin **S = Granulált kohósalak**
V = Savanyú pernye

(24) A hatékony kötőanyag-tartalom fogalma a 3.1.2.25. szakasz szerint értelmezendő.

Az alkalmazandó cementtartalom (M_{cement}) az alkalmazott hatékony kötőanyag-tartalomból ($M_{hatékony\ kötőanyag}$) és az alkalmazott kiegészítőanyag-tartalomnak a hatékony kötőanyag-tartalomba számításba vehető, a cementtartalomra vonatkoztatott részarányából (α_{add}) a következő összefüggéssel határozható meg:

$$M_{cement} = \frac{1}{1 + a_{add}} \times M_{hatékony\ kötőanyag}\ kg/m^3$$

Például CEM I-SR 0 + 11% D esetén:

$$M_{cement} = \frac{1}{1 + a_{add}} \times M_{hatékony\ kötőanyag} = \frac{1}{1 + 0{,}11} \times 330 = 297\ kg/m^3$$

Az alkalmazandó kiegészítőanyag-tartalom ($M_{kiegészítőanyag}$) – ha a hatékony kötőanyag-tartalomba teljes mennyiségét be kívánjuk számítani – a hatékony kötőanyag-tartalomba számításba vehető, a cementtartalomra vonatkoztatott részarányából (α_{add}), a hatékonysági tényezőből (k-érték) és az alkalmazott cementtartalomból (M_{cement}) a következő összefüggéssel határozható meg:

$$M_{kiegészítőanyag} = \frac{\propto_{add}}{k} \times M_{cement}\ kg/m^3$$

Például CEM I-SR 0 + 11% D esetén:

$$M_{kiegészítőanyag} = \frac{\propto_{add}}{k} \times M_{cement} = \frac{0{,}11}{2} \times 297 = 16{,}5\ kg/m^3$$

A betont a szervetlen és szerves savak egyaránt megtámadják, és ennek során elsősorban a cementkő portlandit, azaz szabad kalcium-hidroxid ($Ca(OH)_2$)-tartalmával lépnek reakcióba.

A betonok savállóságát a térbeli hálós, szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $Ca(OH)_2$) szerkezet megszakításával, és a portlandit mennyiségének korlátozásával, illetve megkötésével lehet elérni.

- **Ezért kis portlandit-tartalmat létrehozó cementet kell alkalmazni;**
- **Kiegészítőanyagként metakaolin, szilikapor, kohósalak, kőszén pernye vagy szilikapor alkalmazása javasolható, mert ezek a cementkő kalcium-hidroxid-tartalmát megkötik.**
- **A betont kis víz-cement tényezővel és a jó bedolgozhatóságot biztosító adalékszerrel kell készíteni.**

Cement fajta	Cementkő szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $Ca(OH)_2$)-tartalma, tömeg%
CEM I 32,5 R	21,5
CEM I 32,5 + pernye	13,8
CEM II/A 32,5-NA/NW	10,5
CEM III/B 32,5-NA/HS/NW	6,0

Néhány, x = 0,5 víz-cement tényezővel készített, CEM 32,5 szilárdsági osztályú, 28 napos cementkő szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $Ca(OH)_2$)-tartalma (*Dahme, U.:* Mitteilungen aus dem Institut für Bauphysik und Materialwissenschaft, Universität Duisburg – Essen. Heft. 12. Cuvillier Verlag Göttingen. Göttingen, 2006.)

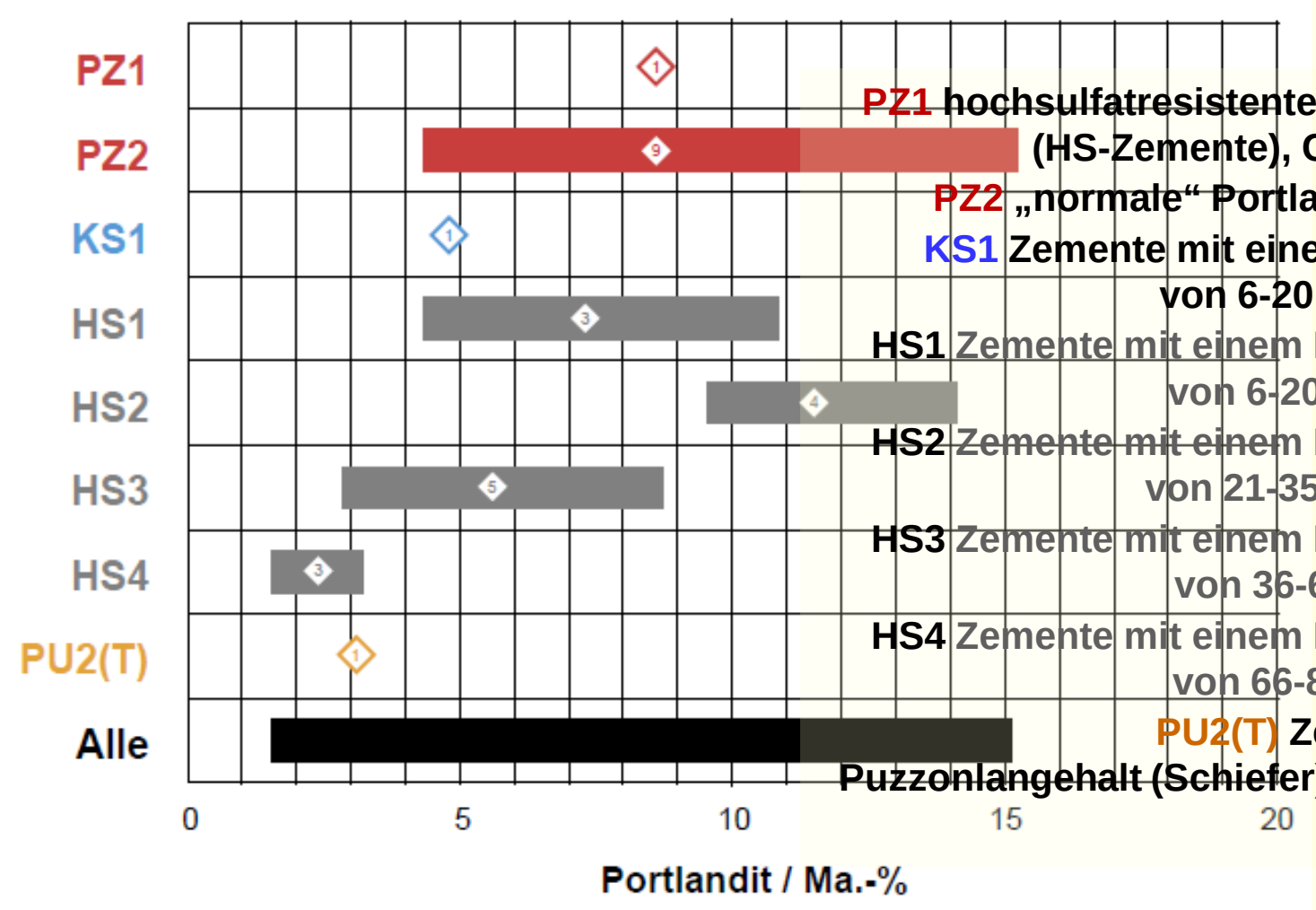
Magyarázat:

NA-Zement: Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt = Kis alkálifém-oxid-tartalmú cementek. A nátrium-oxid egyenérték CEM II/A portlandcement esetén: ≤ 0,6 tömeg%; CEM III/B kohósalakcement esetén: ≤ 2,0 tömeg% (DIN 1164-10:2004)

Nátrium-oxid egyenérték = Na_2O tartalom + 0,658·K_2O tartalom

HS-Zement: Zement mit hohem Sulfatwiderstand = Szulfátálló cement (DIN 1164-10:2004)

NW-Zement: Kis hőfejlesztésű cement (MSZ EN 197-1:2011). Az EN 197-1:2000/A1:2004 szabvány-módosítás megjelenése előtt a DIN 1164:2000 szabványban szerepelt.



PZ1 hochsulfatresistente Portlandzemente (HS-Zemente), C_3A-arm **CEM I-HS**

PZ2 „normale“ Portlandzemente **CEM I**

KS1 Zemente mit einem Kalksteinanteil von 6-20 Ma.-% **CEM II/A-L**

HS1 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 6-20 Ma-% **CEM II/A-S**

HS2 Zemente mit einem Huttensandgehalt von 21-35 Ma-% **CEM II/B-S**

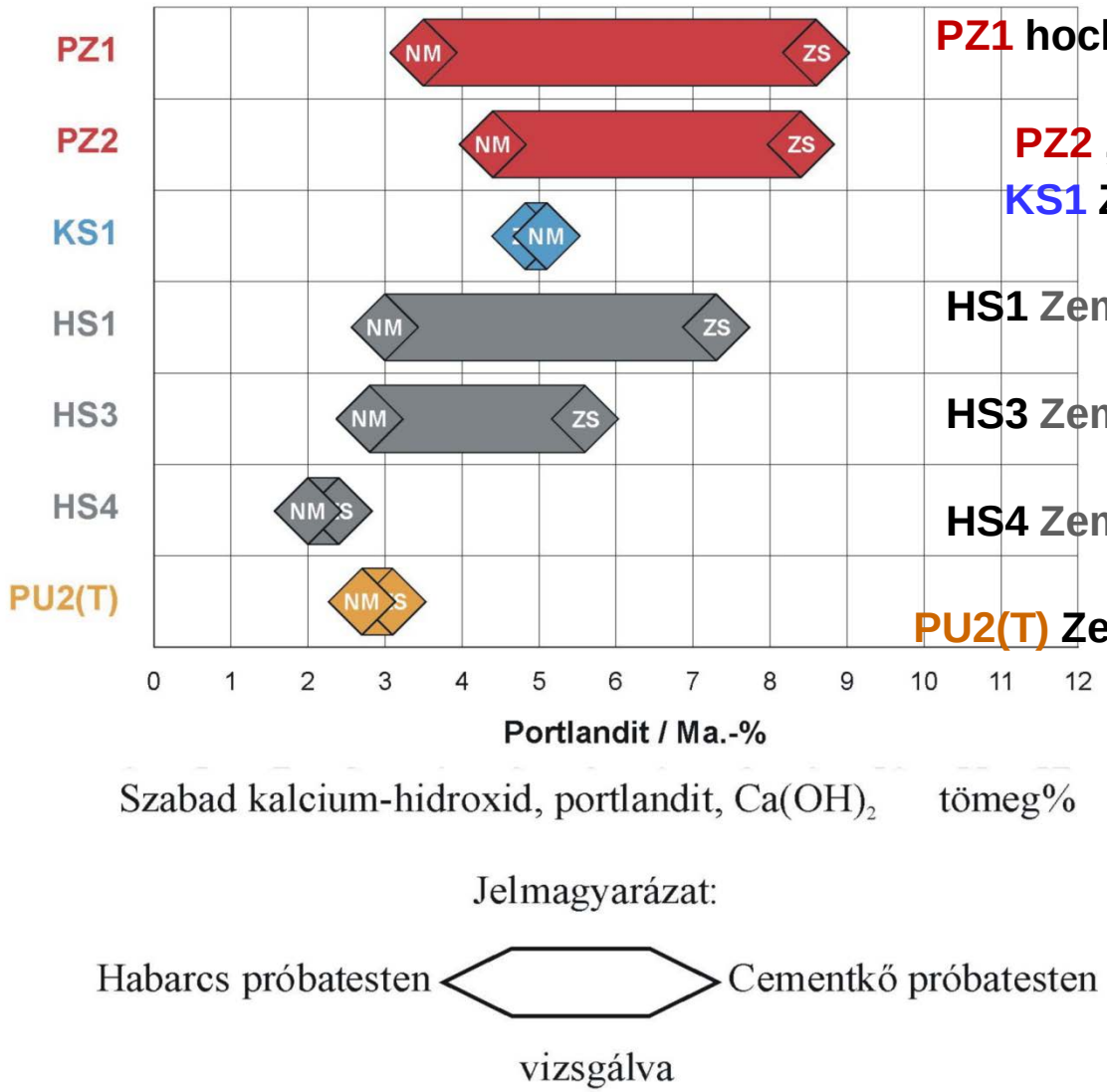
HS3 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 36-65 Ma-% **CEM III/A**

HS4 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 66-85 Ma-% **CEM III/B**

PU2(T) Zemente mit einem Puzzonlangehalt (Schiefer) von 21-35 Ma.-% **CEM II/B-T**

Különböző cementkövek kémiai elemzéssel meghatározott szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $Ca(OH)_2$)-tartalma

(*Splittgerber, F.*: Identifizierung der Zementart in Zementsteinen und die Übertragbarkeit auf Mörtel und Betone. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur. Weimar, 2012.)



PZ1 hochsulfatresistente Portlandzemente (HS-Zemente), C_3A-arm **CEM I-HS**

PZ2 „normale“ Portlandzemente **CEM I**

KS1 Zemente mit einem Kalksteinanteil von 6-20 Ma.-% **CEM II/A-L**

HS1 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 6-20 Ma-% **CEM II/A-S**

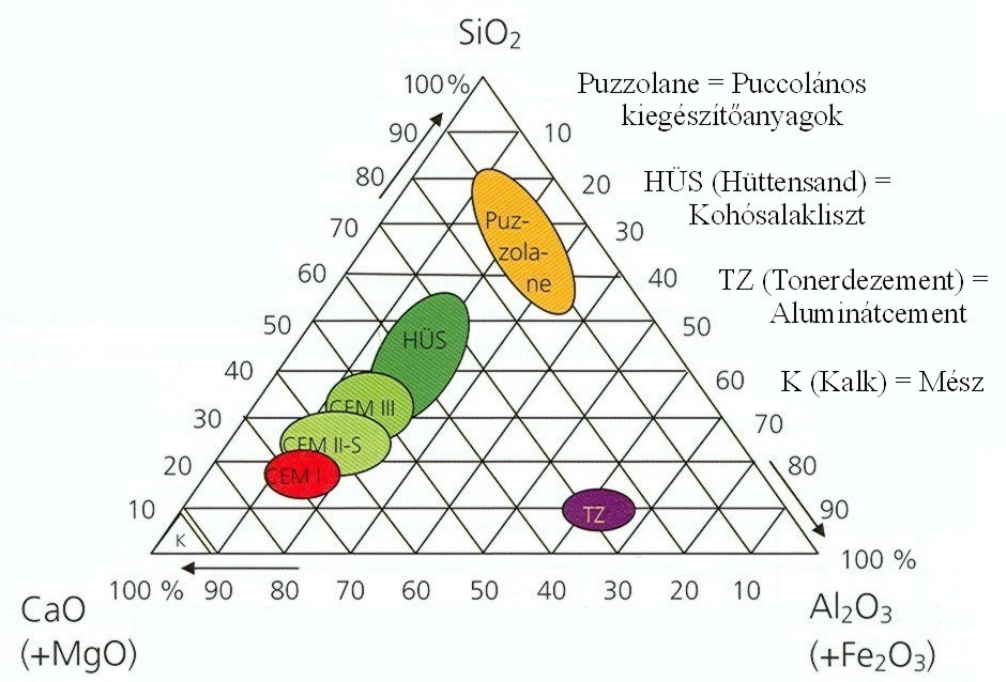
HS3 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 36-65 Ma-% **CEM III/A**

HS4 Zemente mit einem Hüttensandgehalt von 66-85 Ma-% **CEM III/B**

PU2(T) Zemente mit einem Puzzonlangehalt (gebr. Schiefer) von 21-35 Ma.-% **CEM II/B-T**

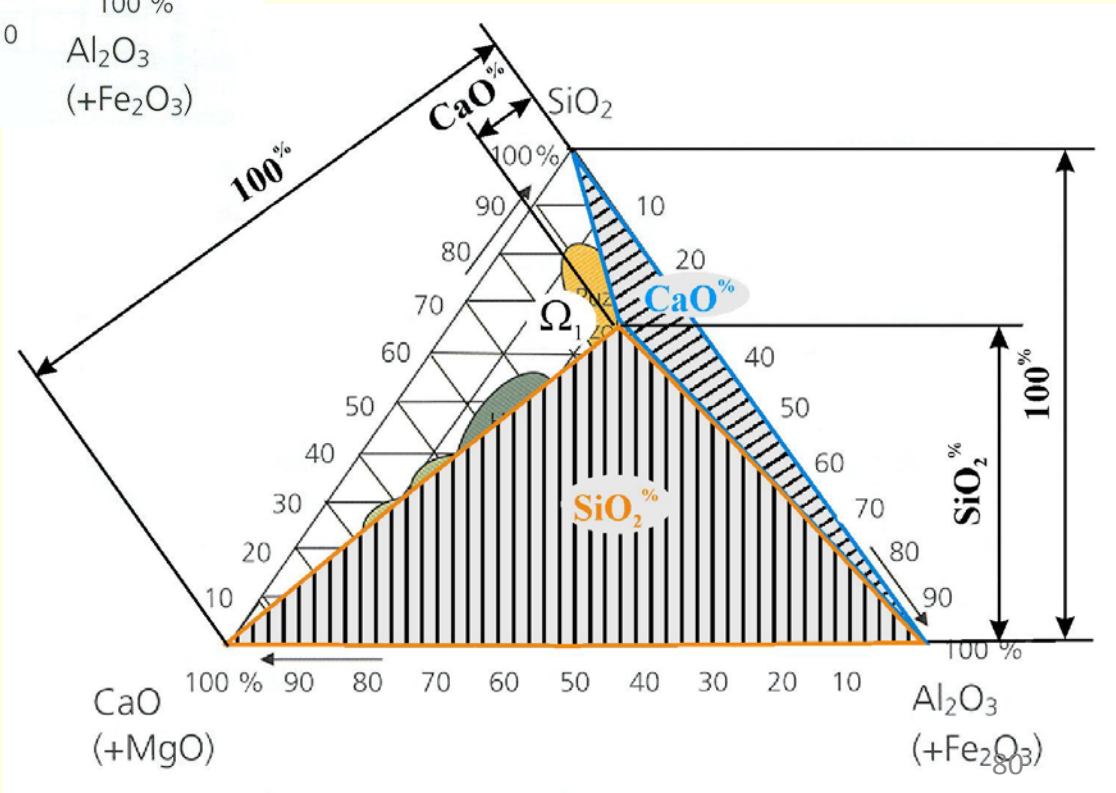
Különböző cement kövek szabad kalcium-hidroxid (portlandit, $Ca(OH)_2$)-tartalma habarcs és cementkő próbatesten vizsgálva

(*Splittgerber, F.*: Identifizierung der Zementart in Zementsteinen und die Übertragbarkeit auf Mörtel und Betone. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur. Weimar, 2012.)



***Rankin*-diagram a legfontosabb cementek és aktív, II. típusú kiegészítőanyagok mezejének feltüntetésével**

(*Röhling, S. – Eifert, H. – Jablinski, M.*: Betonbau. Band 1. Zusammensetzung, Dauerhaftigkeit, Frischbeton. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2012.)



***Rankin*-diagram a kis mész-modulusú (MM = $CaO^{\%}/SiO_2^{\%}$ < 0,5) puccolános kiegészítőanyag egyensúlyi pontjával (Ω_1) és részháromszögeivel**

Összetevő	Követelmény szilikaporra az MSZ EN 13263-1:2005 +A1:2009 szabvány szerint	Követelmény *„A” típusú metakaolinra a francia NF P18-513:2012 szabvány alapján*
SiO_2 és Al_2O_3 tartalom, tömeg%	Amorf SiO_2 tartalom: 1. osztály: > 85 2. Osztály: > 80	Amorf SiO_2tartalom: > 50 (SiO_2 + Al_2O_3) tartalom: > 90
Cl^- iontartalom, tömeg%	< 0,1	< 0,1
SO_3 tartalom, tömeg%	< 2,0	< 1,0
Szabad CaO tartalom, tömeg%	< 1,0	< 1,0
Szabad Si tartalom, tömeg%	< 0,4	–
Na_2O egyenérték	Meg kell adni	Meg kell adni
MgO tartalom, tömeg%	–	< 4,0
Izzítási veszteség, tömeg%	< 4,0	< 4,0
Metilénkék-érték, g/kg	–	< 10
Aktivitási index, %	≥ 100	≥ 110
Megkötött kalcium-hidroxid	–	> 700 (mg kalcium-hidroxid)/(g metakaolin)
Szemnagyság, tömeg%	D_{max} ≤ 0,001 mm	≤ 0,063 mm-es szemek: ≥ 90
Vízigény hányados	–	> 1,15
Fajlagos felület, m^2/g	15 - 35	–

A beton összetételének hatása a savállóságra.
Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

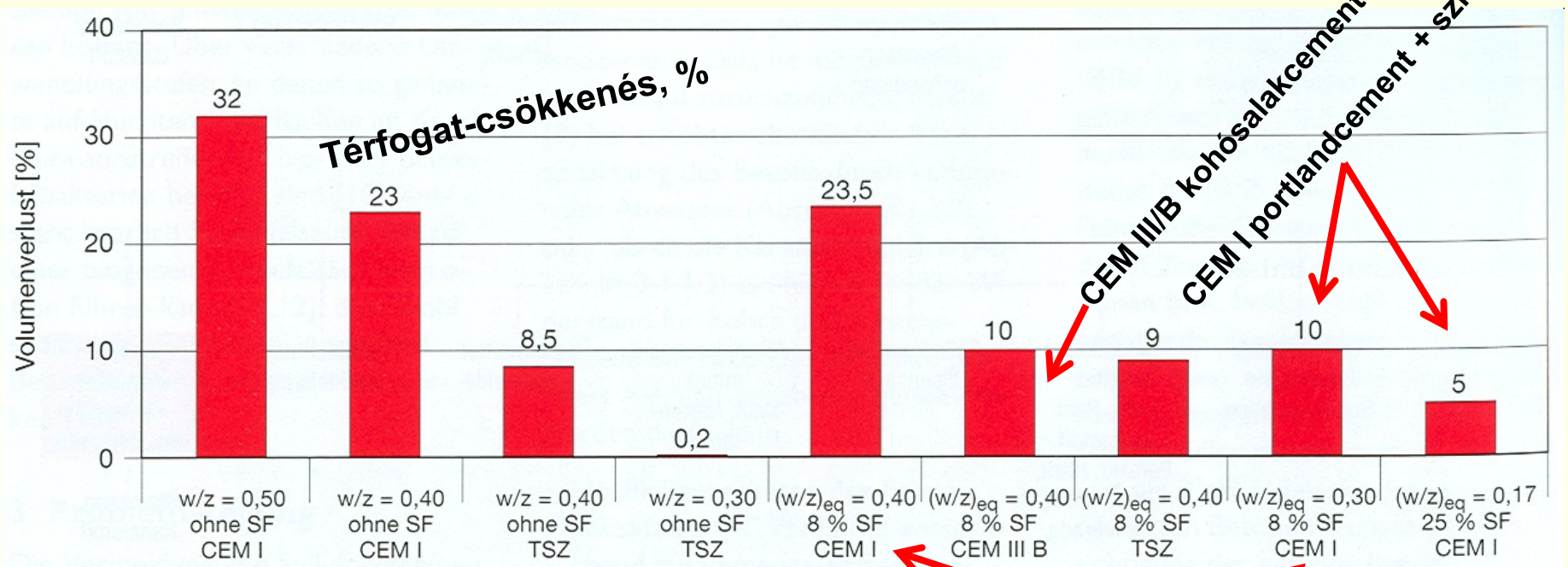


Bild 6: Einfluss der Betonzusammensetzung auf den Säurewiderstand (nach [15])

A víz-kötőanyag tényező jelentősége

SF = Silica fume = Szilikapor

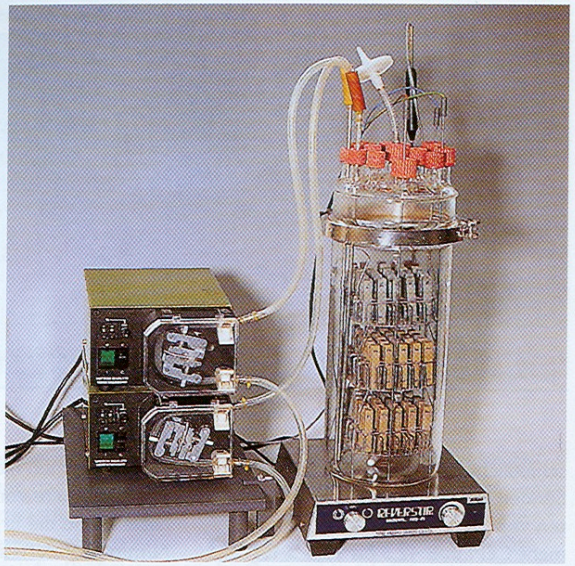
TSZ = Tonerdezement = Aluminátcement

[15] Dorner, H.: Säurewiderstand von Hochleistungsbetonen. Bericht des 38. DAfStB-Forschungskolloquiums. München, 2000. pp. 77-86.

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

Habarcskísérlet

Bild 7: Bioreaktor zur Prüfung des Widerstands der Mörtelprismen gegen biogene Schwefelsäurekorrosion (aus [18])



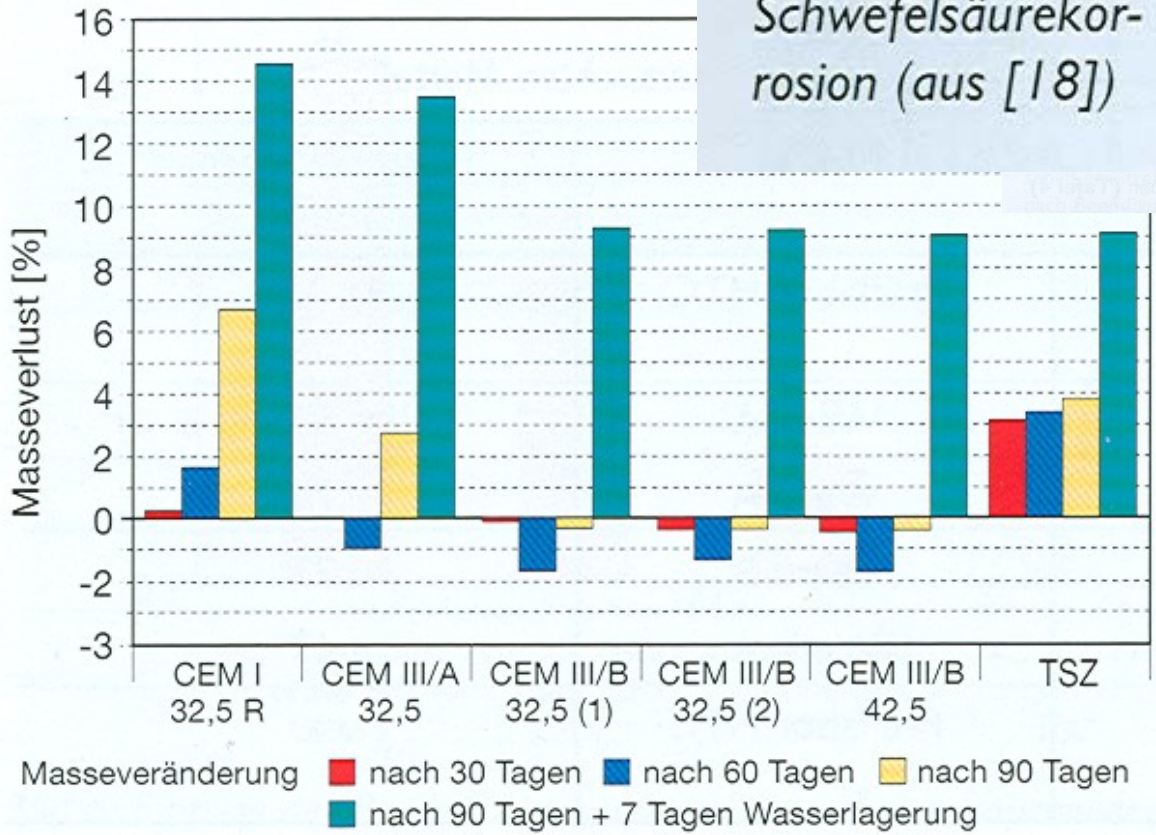


Bild 8: Masseveränderung der Mörtel nach 30, 60 und 90 Tagen Beanspruchung im Bioreaktor und nach 90 Tagen + 7 Tagen Wasserlagerung

90 napos, bioreaktorban és víz alatt tárolt habarcs próbatestek nyomó és hajlító törőejének összevetése. A bioreaktorban tárolt próbatestek törőerejének csökkenése a víz alatt tárolt próbatestek törőerejéhez viszonyítva.

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

Tafel 4: Ergebnisse der Druck- und Biegezugprüfungen an Mörteln nach 90 Tagen Lagerung im Bioreaktor im Vergleich zu den wassergelagerten Mörteln

Zement	Bruchlast (N) bei Druckbeanspruchung			Bruchlast (N) bei Biegezugbeanspruchung		
	Bio-reaktor	Wasser	Abminde-rung [%]	Bio-reaktor	Wasser	Abminde-rung [%]
CEM I 32,5 R (Ref.1)	2275	6006	62,1	147,5	175,6	16,0
CEM III / A 32,5	4950	5731	13,6	111,3	145,0	23,2
CEM III / B 32,5 (1)	5538	7056	21,5	123,8	127,5	2,9
CEM III / B 32,5 (2)	4163	5556	25,1	107,5	103,8	–3,6
CEM III / B 42,5	4975	6313	21,2	123,8	143,8	13,9

Kísérleti betonok összetétele

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

Tafel 5: Zusammensetzung der untersuchten Hochleistungsbetone

Beton Konsistenz		Referenz KS	1 KR	2 KR	3 KR	4 KR	5 KR
Zementart und Festigkeitsklasse		CEM I 42,5 R-HS/NA (Werk C)	CEM III/A 32,5 (Werk A)	CEM III/B 32,5 (1) (Werk A)	CEM III/B 32,5 (2) (Werk B)	CEM III/B 42,5 (Werk A)	CEM III/A 52,5 (Werk B)
Zementgehalt	kg/m³	350	455	455	455	455	455
Zugabewasser	kg/m³	122,5			135		
w/z-Wert		0,35			0,34		
Gesteinskörnung							
Sieblinie					A/B 16		
Sand 0/2 mm	kg/m³	580			531		
Kies 2/8 mm	kg/m³	859			430		
Kies 8/16 mm	kg/m³	559			837		
Zusatzmittel							
Art		BV			FM		
Gehalt	kg/m³	1,4			18[1)]		

[1)] anzurechnen auf den Wassergehalt (135+18)

KS = Steif (földnedves) = F1

KR = Regelkonsistenz = Weich (képlékeny) = F3

BV = Betonverflüssiger **FM = Fließmittel** **Lásd a következő diakockát**

Magyarázat az előző táblázathoz:

BV = Betonverflüssiger **FM = Fließmittel**

Der wesentliche Unterschied zwischen Betonverflüssigern und Fließmitteln liegt in der Zugabemenge und dem Zugabezeitpunkt. Betonverflüssiger müssen im Betonwerk einer Mischung zugegeben werden. Fließmittel hingegen benötigen eine deutlich geringere Dosierung und dürfen auch nachträglich, z. B. bei Ankunft auf der Baustelle, zugemischt werden. Aufgrund der stärkeren Wirkung von FM wurden diese Mittel früher auch *Hochleistungsverflüssiger*, bzw. *Hochleistungsbetonverflüssiger* (*HVB*) genannt.

In vielen Fällen werden die modernen, leistungsfähigen Fließmittel sowohl im Betonwerk, als auch auf der Baustelle verwendet, sodass die Unterscheidung zwischen BV und FM nur noch vom Zugabezeitpunkt und nicht mehr von der zugegebenen Substanz abhängt.

150 napig pH = 1 kémhatású kénsav-oldatban, illetve víz alatt tárolt kísérleti betonok vizsgálati eredménye

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

Tafel 6: Kennwerte der Betone nach 150 Tagen Schwefelsäurebeanspruchung (pH 1) bzw. Wasserlagerung (Mittelwerte)

Kenngröße	Referenz	Beton 1	Beton 2	Beton 3	Beton 4	Beton 5
	CEM I 42,5 R-HS/NA	CEM III/A 32,5 (Werk A)	CEM III/B 32,5 (1) (Werk A)	CEM III/B 32,5 (2) (Werk B)	CEM III/B 42,5 (Werk A)	CEM III/A 52,5 (Werk B)
Druckfestigkeit [N/mm²] (Wasserlagerung, n = 6)	89	91	87	87	99	94
Restdruckfestigkeit [N/mm²] (Säurelagerung, n= 6)	66	69	70	70	78	80
relative Restdruckfestigkeit [%]	74	76	80	80	79	85
visuelle Korrosionstiefe [mm]	7,0	5,3	5,6	5,1	5,1	5,0
mikroskopische Korrosionstiefe [mm]	8,2	5,6	6,0	5,4	5,6	5,6
aus Bruchlast errechnete Korrosionstiefe [mm]	7,0	6,5	5,0	5,1	5,5	4,3

Kísérleti betonok kénsav-korróziója az idő függvényében

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

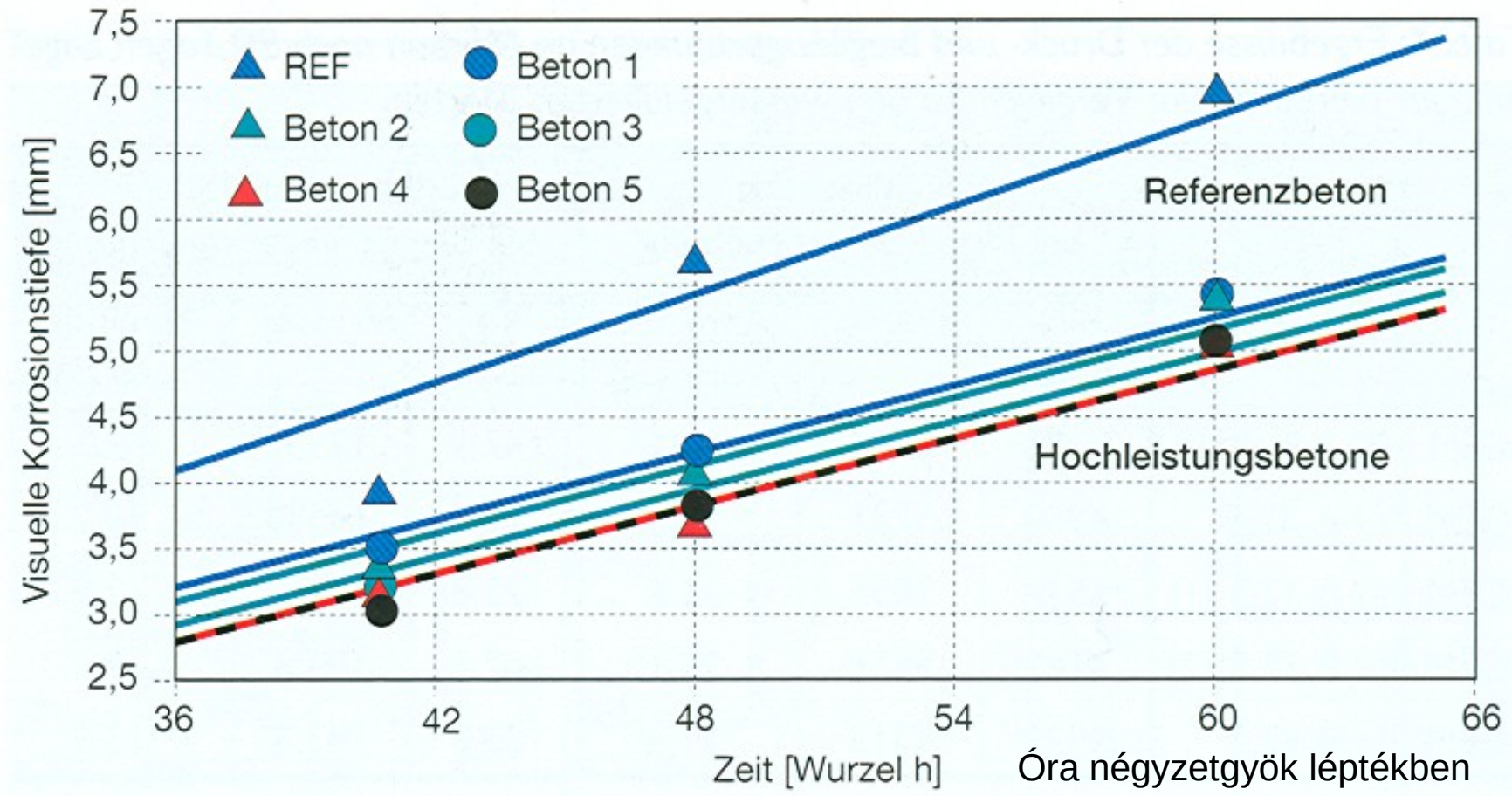


Bild 9: Zeitliche Entwicklung der Korrosion (Wurzelmaßstab)

Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.

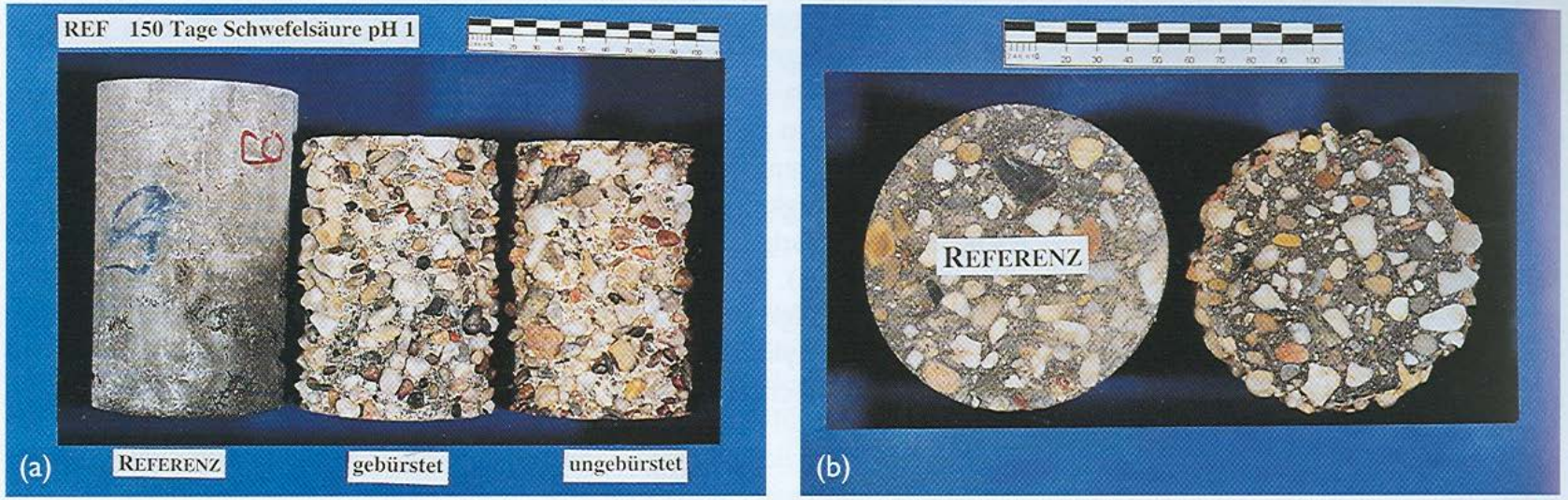


Bild 10: Referenzbeton mit CEM I 42,5 R-HS/NA vor und nach 150 Tagen Schwefelsäurebeanspruchung (pH 1) in der Ansicht (a) und im Anschnitt (b)

Bild 11: Hochleistungsbeton mit CEM III/A 52,5 vor und nach 150 Tagen Schwefelsäurebeanspruchung (pH 1) in der Ansicht (a) und im Anschnitt (b)

ELSEVIER

Cement and Concrete Research

Volume 27, Issue 1, January 1997, Pages 137-146

Refereed paper

Portlandite consumption in metakaolin cement pastes and mortars

S. Wild, J.M. Khatib

Folyóirat cikk a metakaolin portlandit megkötő képességéről
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884696001871

Abstract

Cement mortars and pastes containing 0, 5, 10 and 15% replacement of cement with metakaolin and with a waterbinder (wb) ratio of 0.55 have been moist cured for periods from 3 to 365 days. The Portlandite content at different ages has been determined by thermogravimetric analysis and this has been related to changes in relative strength. $Ca(OH)_2$ in mortars was found to be less than that in pastes. In the metakaolin mortars and pastes removal of Portlandite by pozzolanic reaction reached a maximum at about 14 days, corresponding with a maximum in relative strength. Beyond 14 days severe retardation of the pozzolanic reaction was observed and relative strength rapidly declined.

Német metakaolin termékismertető

Unser weißes Metakaolin ist ein hochreiner puzzolanischer Zusatzstoff für die Herstellung von speziellen Betonsorten in Eigenrezeptur. Sie können damit hochfesten und ultrahochfesten Beton (UHPC) selbst herstellen und darüber hinaus Betonmischungen mit hoher Sicherheit gegen Ausblühungen entwerfen.

Seine puzzolanische Wirkung besteht in einer Reaktion des Metakaolins mit den ungebundenen Kalkanteilen im Beton. Dadurch wird die Festigkeit des Betons gesteigert und der freie Kalk kann sich nicht mehr in Form von Ausblühungen auf der Oberfläche ablagern. Diese Wirkungsweise ist auch vom Trasszement bekannt, bei dem der enthaltene Trass die Rolle des Puzzolans hat. Unser Metakaolin ist allerdings erheblich heller als Trassmehl und vor allem sehr viel feiner. Mit einer mittleren Partikelgröße von nur 2,8 µm ist es etwa 10-mal feiner als Zement und deshalb in der Lage die Porenräume zwischen den Zementteilchen auszufüllen. Dadurch entsteht ein besonders dichter und fester Beton.

Wir empfehlen für weißen UHPC folgende Rezeptur: 2,5 kg BACKSTEIN® Metakaolin weiß + 25 kg Weißzement CEM I 42,5/R + 40 kg BACKSTEIN® Marmorsand weiß 0,5 - 2 mm + 250 g Fließmittel FLUP®-PCE-375 + 8,5 kg Wasser. Alle Zutaten sind hier im Shop erhältlich.

Kaufen Sie in unserem Shop bewährte Qualität zum fairen Preis und profitieren Sie von unserem unschlagbar günstigen Versand.

Metakaolin weiß, 12,30 €

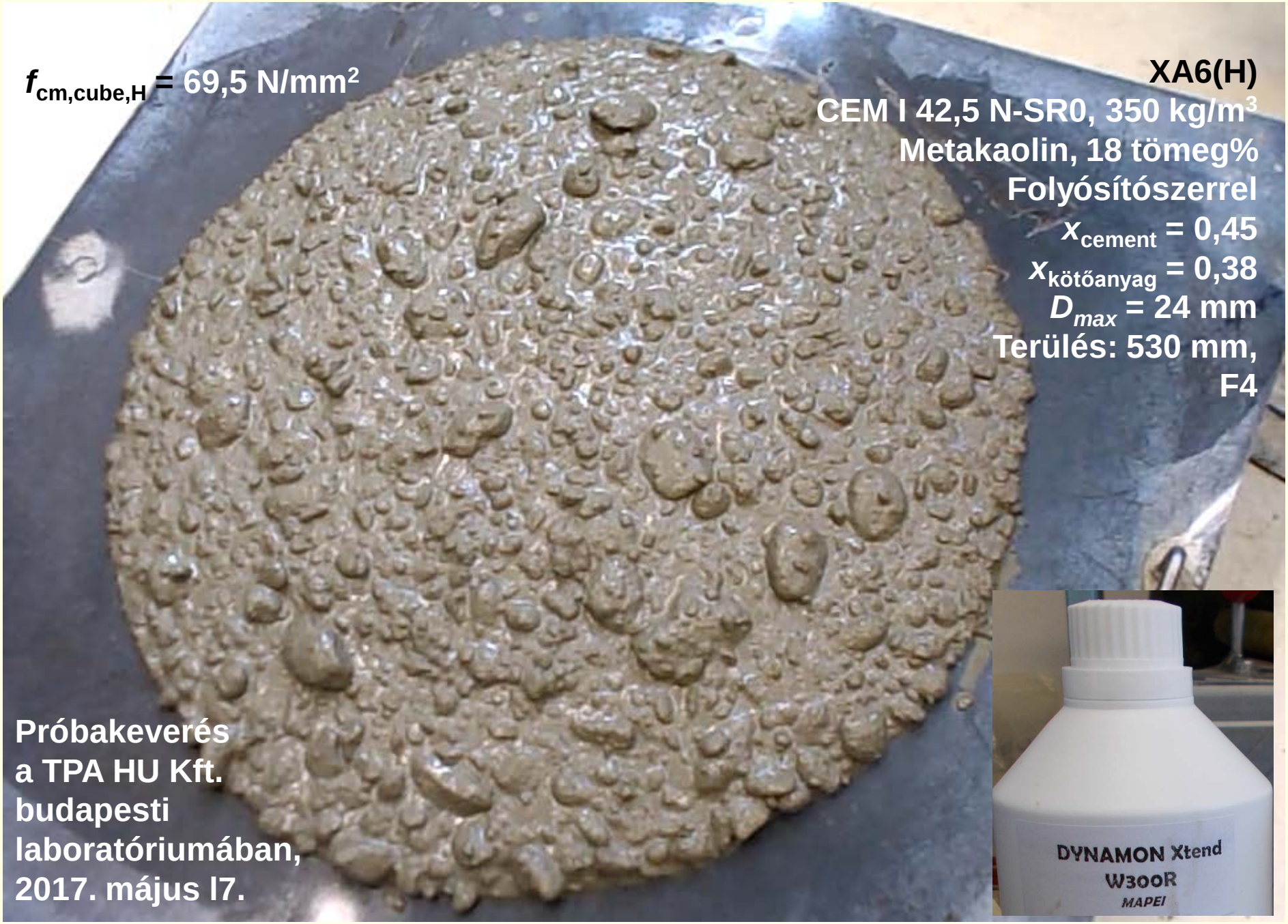
https://www.moertelshop.com/Metakaolin-weiss-guenstig-kaufen

Metakaolin alkalmazásával az első tapasztalatokat Magyarországon a **Dolomit Kőbányászati Kft.** szerezte, amelynek Betonüzeme (vezetője *Spránitz Ferenc* okl. építőmérnök) az előregyártott csatornázási aknaelemeket 2011 óta XA5(H) környezeti osztályú **metakaolin-tartalmú betonból** gyártja a magyar MSZE 15612:2014 (Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek) előszabvány szerinti minőségben.

$f_{cm,cube,H}$ = 52,6 N/mm^2

XA5(H)
CEM III/B 32,5 N-SR, 385 kg/m^3
Folyósítószerrel
x_{cement} = 0,42
D_{max} = 24 mm
Terülés:
570 mm,
F5

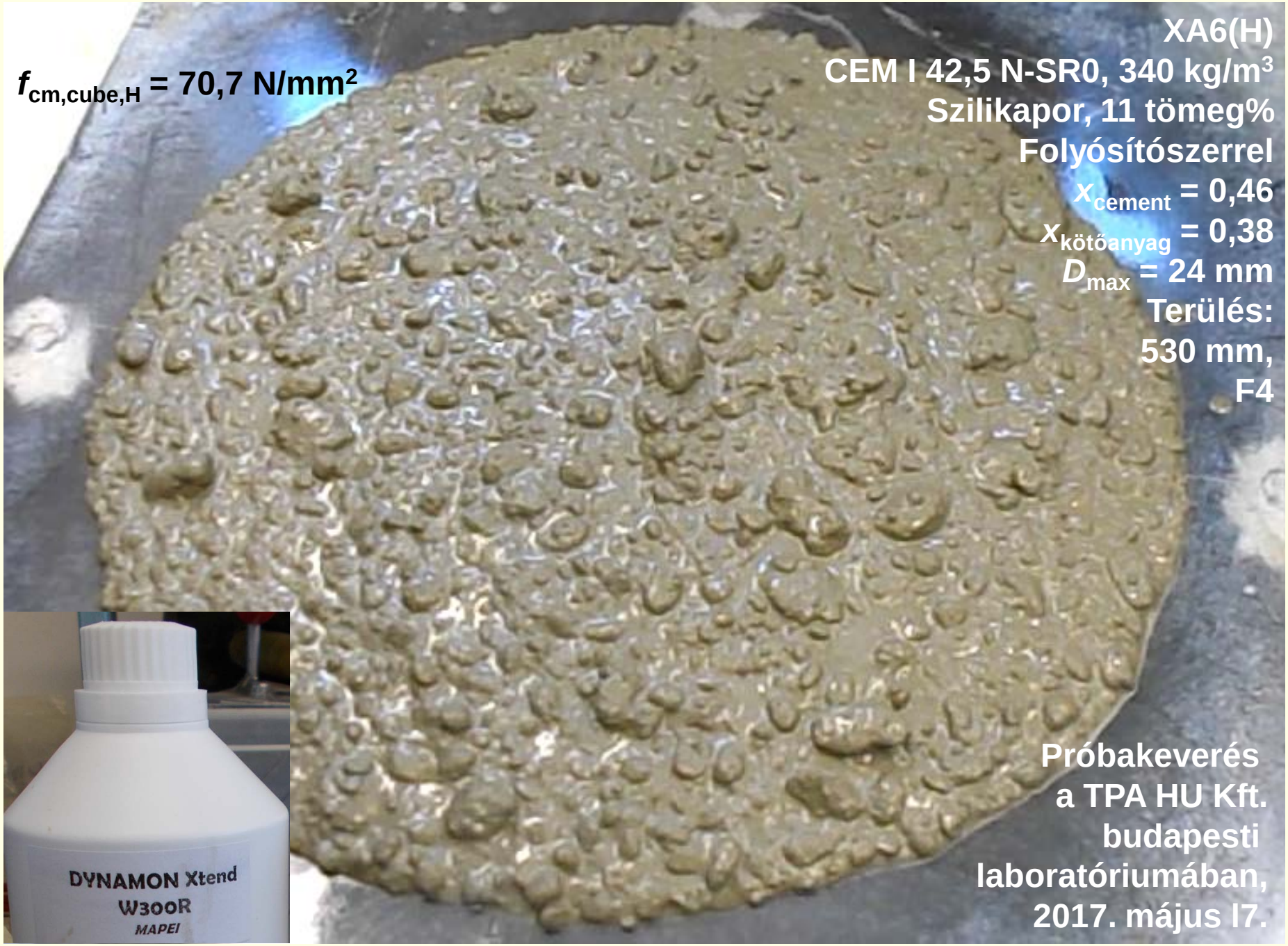
Próbakeverés
a TPA HU Kft.
budapesti
laboratóriumában,
2017. május l7.



$f_{cm,cube,H}$ = 69,5 N/mm²

XA6(H)
CEM I 42,5 N-SR0, 350 kg/m³
Metakaolin, 18 tömeg%
Folyósítószerrel
x_{cement} = 0,45
$x_{kötőanyag}$ = 0,38
D_{max} = 24 mm
Terülés: 530 mm, F4

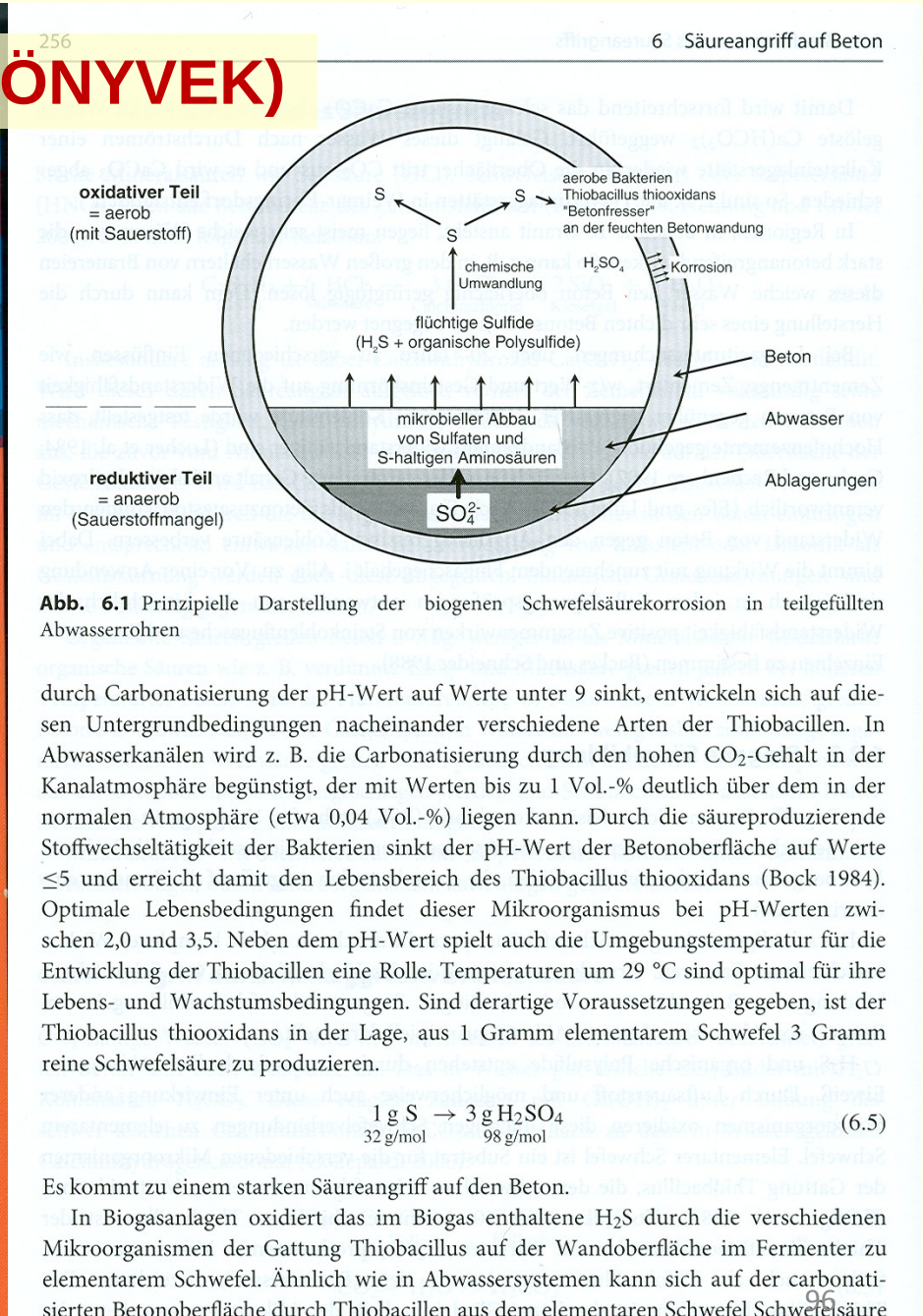
Próbakeverés a TPA HU Kft. budapesti laboratóriumában, 2017. május l7.


$f_{cm,cube,H}$ = 70,7 N/mm²
XA6(H)
CEM I 42,5 N-SR0, 340 kg/m³
Szilikapor, 11 tömeg%
Folyósítószerrel
x_{cement} = 0,46
$x_{kötőanyag}$ = 0,38
D_{max} = 24 mm
Terülés:
530 mm,
F4
Próbakeverés
a TPA HU Kft.
budapesti
laboratóriumában,
2017. május 17.
DYNAMON Xtend
W300R
MAPEI

FELHASZNÁLT IRODALOM (KÖNYVEK)

2013.

Kausay



256 6 Säureangriff auf Beton

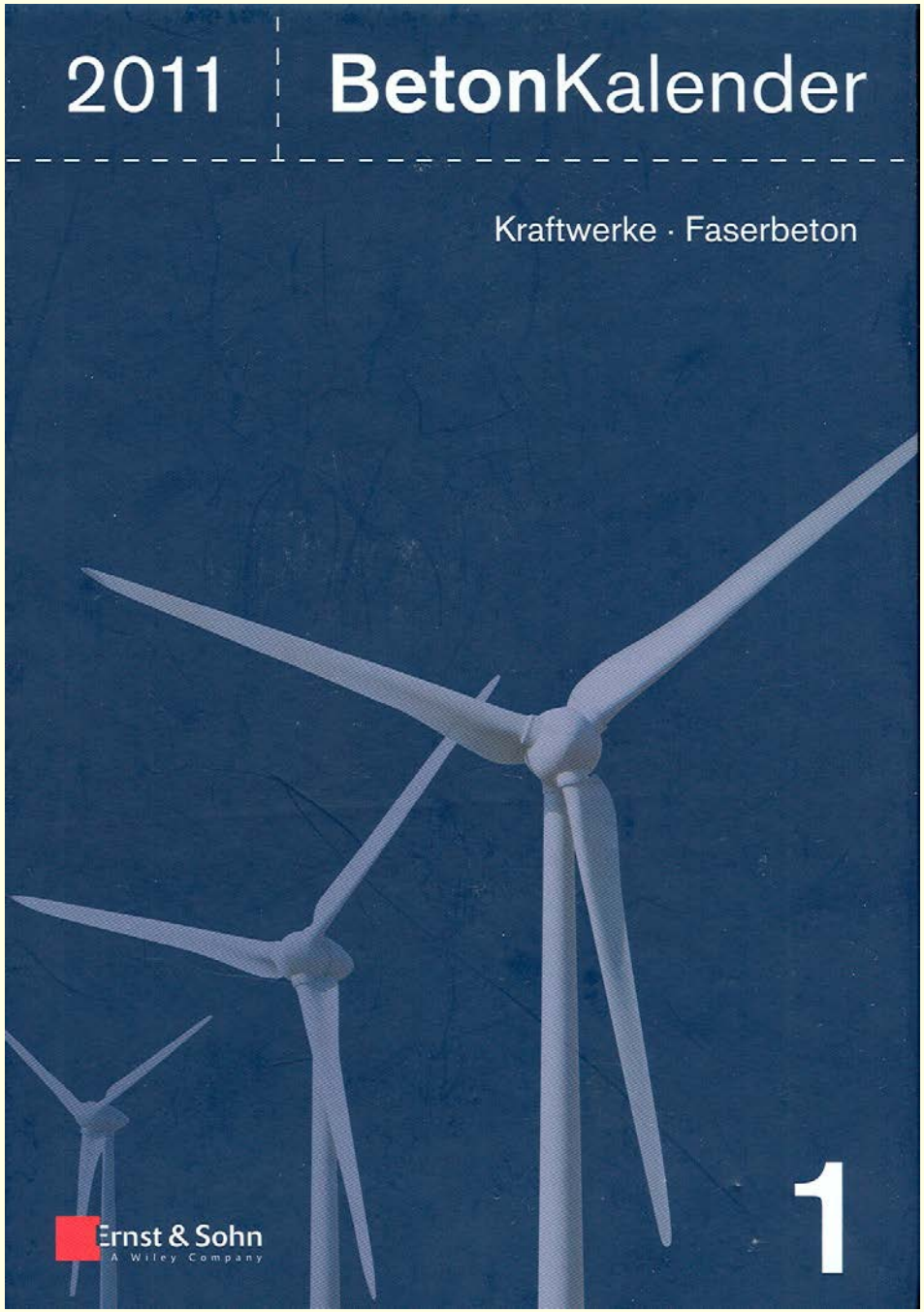
Abb. 6.1 Prinzipielle Darstellung der biogenen Schwefelsäurekorrosion in teilgefüllten Abwasserrohren

durch Carbonatisierung der pH-Wert auf Werte unter 9 sinkt, entwickeln sich auf diesen Untergrundbedingungen nacheinander verschiedene Arten der Thiobacillen. In Abwasserkanälen wird z. B. die Carbonatisierung durch den hohen CO_2-Gehalt in der Kanalatmosphäre begünstigt, der mit Werten bis zu 1 Vol.-% deutlich über dem in der normalen Atmosphäre (etwa 0,04 Vol.-%) liegen kann. Durch die säureproduzierende Stoffwechseltätigkeit der Bakterien sinkt der pH-Wert der Betonoberfläche auf Werte ≤ 5 und erreicht damit den Lebensbereich des Thiobacillus thiooxidans (Bock 1984). Optimale Lebensbedingungen findet dieser Mikroorganismus bei pH-Werten zwischen 2,0 und 3,5. Neben dem pH-Wert spielt auch die Umgebungstemperatur für die Entwicklung der Thiobacillen eine Rolle. Temperaturen um 29 °C sind optimal für ihre Lebens- und Wachstumsbedingungen. Sind derartige Voraussetzungen gegeben, ist der Thiobacillus thiooxidans in der Lage, aus 1 Gramm elementarem Schwefel 3 Gramm reine Schwefelsäure zu produzieren.

$$\underset{32\,\mathrm{g/mol}}{1\,\mathrm{g\,S}} \rightarrow \underset{98\,\mathrm{g/mol}}{3\,\mathrm{g\,H_2SO_4}} \qquad (6.5)$$

Es kommt zu einem starken Säureangriff auf den Beton.

In Biogasanlagen oxidiert das im Biogas enthaltene H_2S durch die verschiedenen Mikroorganismen der Gattung Thiobacillus auf der Wandoberfläche im Fermenter zu elementarem Schwefel. Ähnlich wie in Abwassersystemen kann sich auf der carbonatisierten Betonoberfläche durch Thiobacillen aus dem elementaren Schwefel Schwefelsäure



2011 BetonKalender

Kraftwerke
Faserbeton

Herausgegeben von

Prof. Dipl.-Ing. DDr. Konrad Bergmeister
Wien

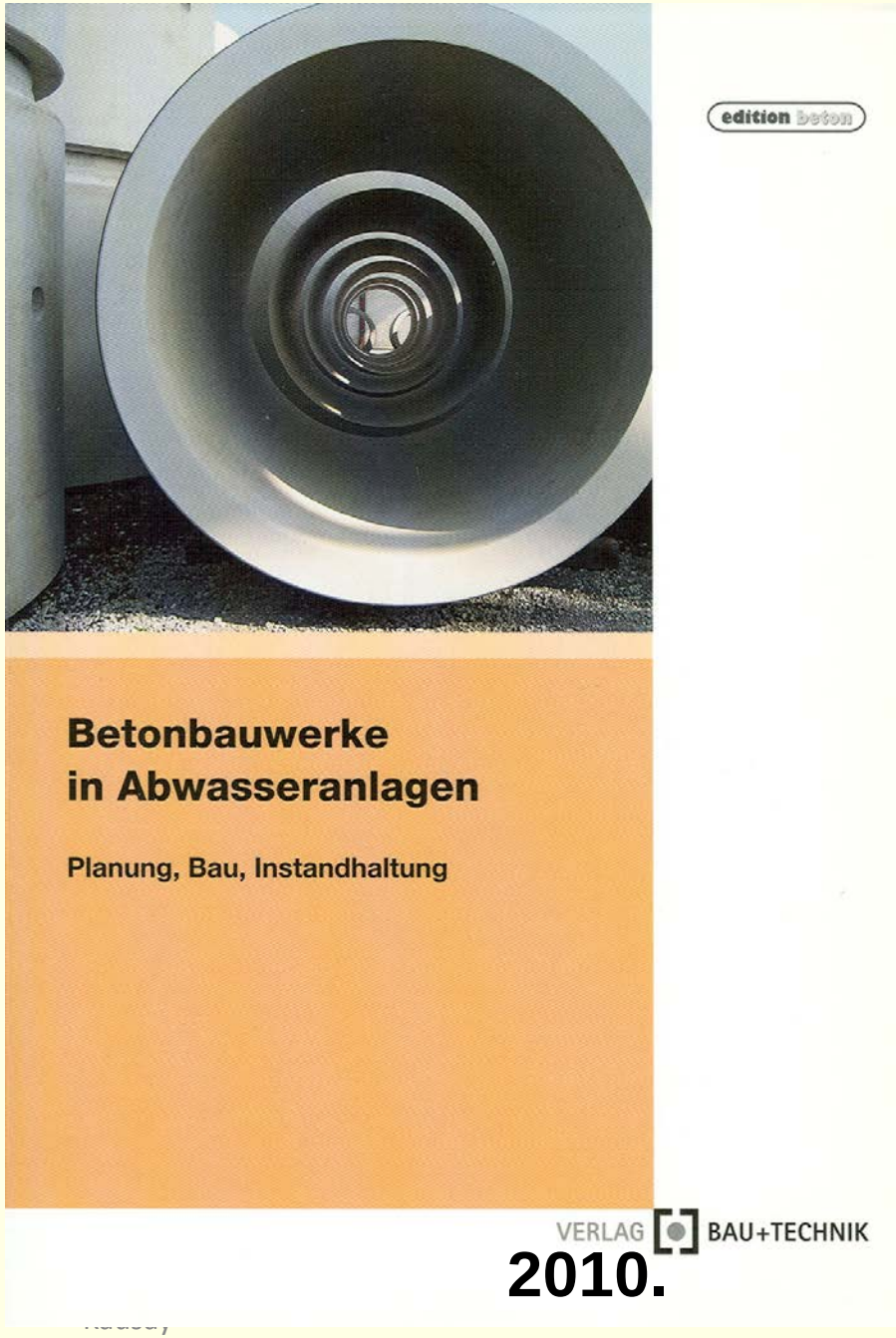
Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

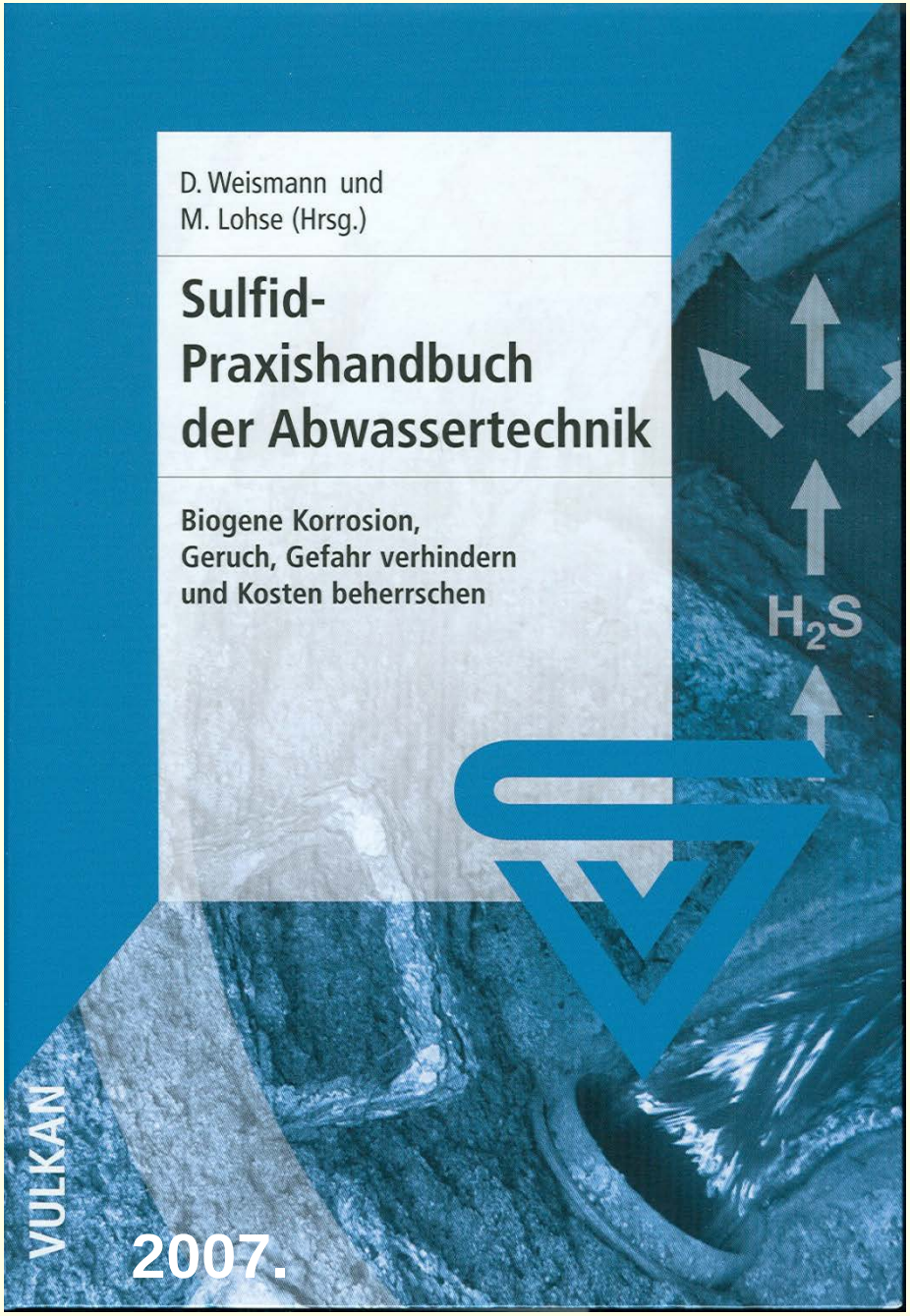
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Johann-Dietrich Wörner
Darmstadt

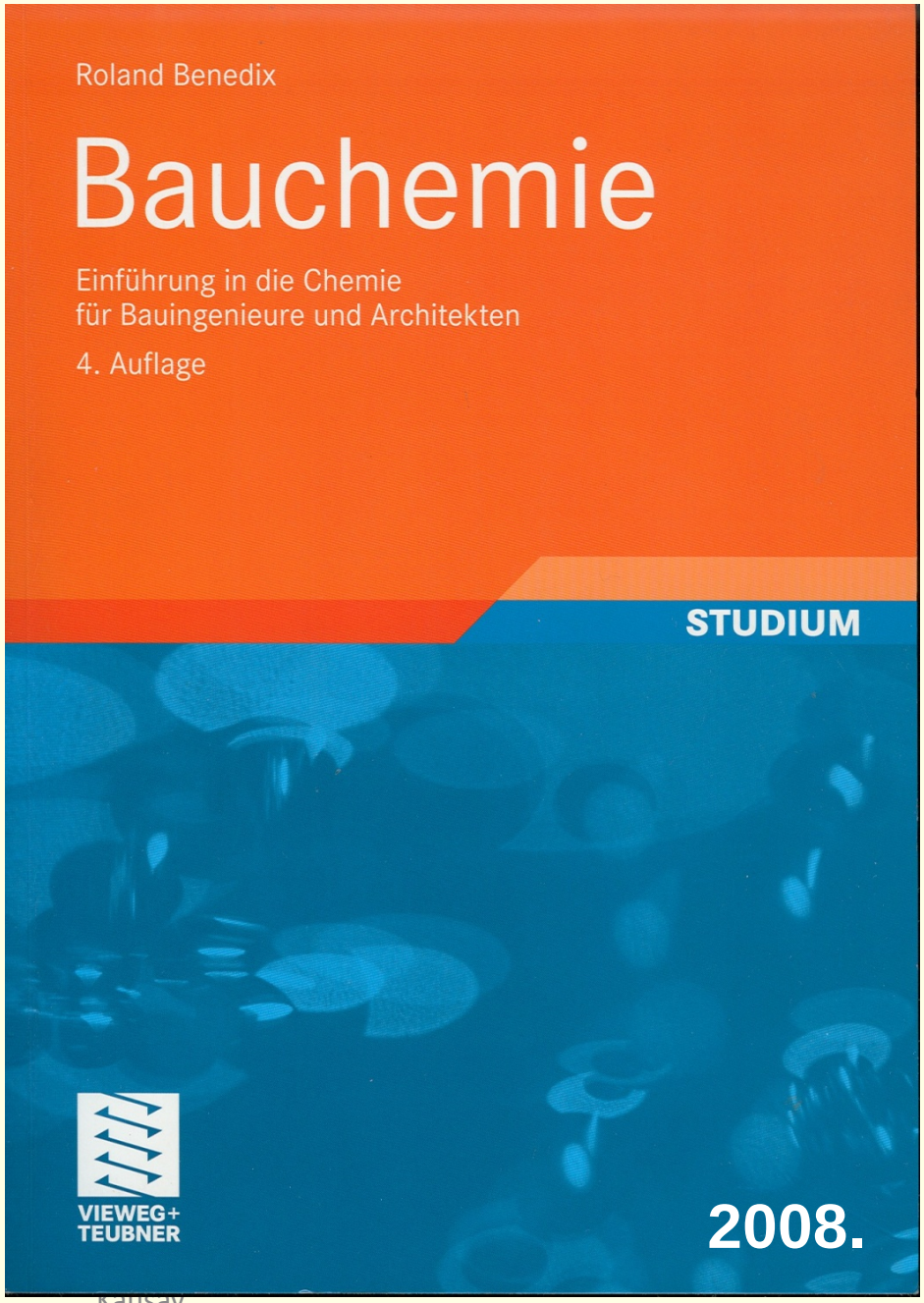
100. Jahrgang

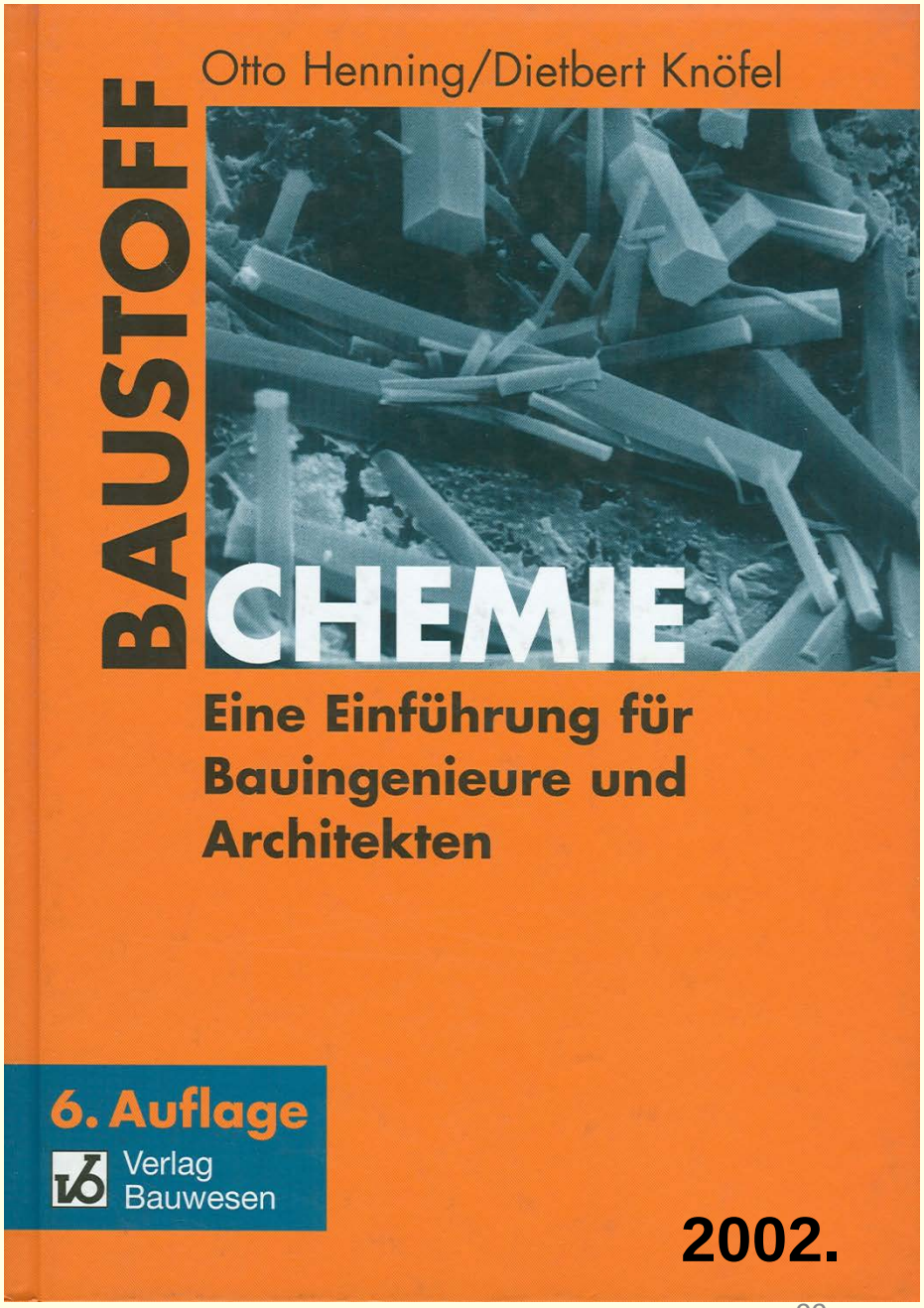
Ernst & Sohn
A Wiley Company

1


edition beton
Betonbauwerke
in Abwasseranlagen
Planung, Bau, Instandhaltung
VERLAG BAU+TECHNIK
2010.


D. Weismann und
M. Lohse (Hrsg.)
Sulfid-
Praxishandbuch
der Abwassertechnik
Biogene Korrosion,
Geruch, Gefahr verhindern
und Kosten beherrschen
H_2S
VULKAN
2007.

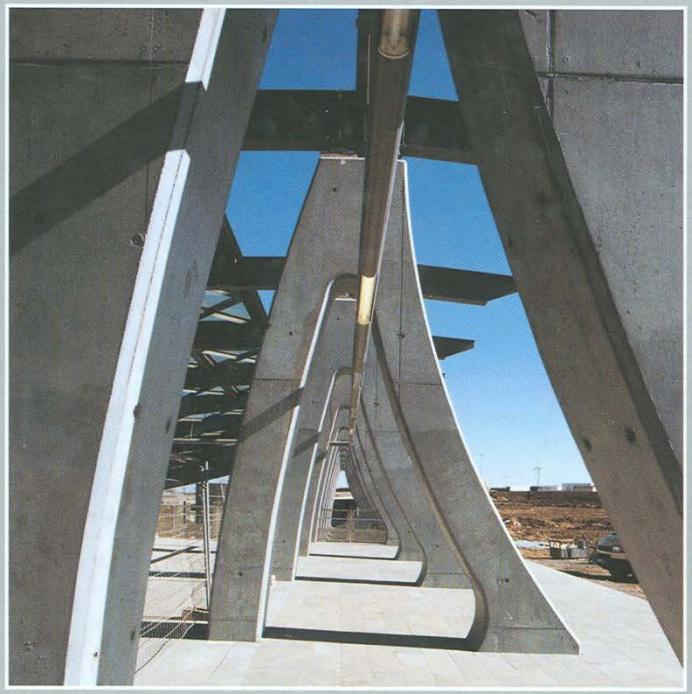

Roland Benedix
Bauchemie
Einführung in die Chemie
für Bauingenieure und Architekten
4. Auflage
STUDIUM
VIEWEG+
TEUBNER
2008.


Otto Henning/Dietbert Knöfel
BAUSTOFF
CHEMIE
Eine Einführung für
Bauingenieure und
Architekten
6. Auflage
Verlag
Bauwesen
2002.

Karsten Rendchen

Hüttensandhaltiger Zement

Verkehrsbau · Wasserbau · Kanalisation



VBT GmbH
Verlag Bau+Technik

Hüttensandhaltiger Zement

Verkehrsbau · Wasserbau · Kanalisation

Mit Beiträgen von:

P. Bilgeri · H. Fiala · O. Hallauer · V. Hartmann
W. Hemrich · N. Klose · E. Lang · F. Lange
K. Lehmann · B. Meng · H. Mörtel · J. Nicolay · A. Paltian
H.-D. Quitmann · K. Rendchen · H. Rubach · V. Rudert
E. Schewior · M. Schneider · W. Schultz · M. Schulze · P. Simon
A. Wällisch · A. Westendarp · K. Westphal

2002.

VBT GmbH
Verlag Bau+Technik

Microsilica in der Anwendung aus der Sicht eines Baustoffchemikers

Prof. Wolf-Rüdiger Eichler

Fachhochschule Stuttgart, Projektleiter

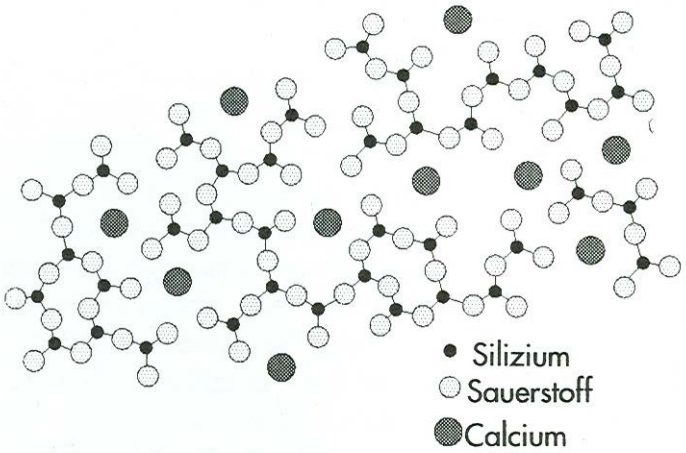
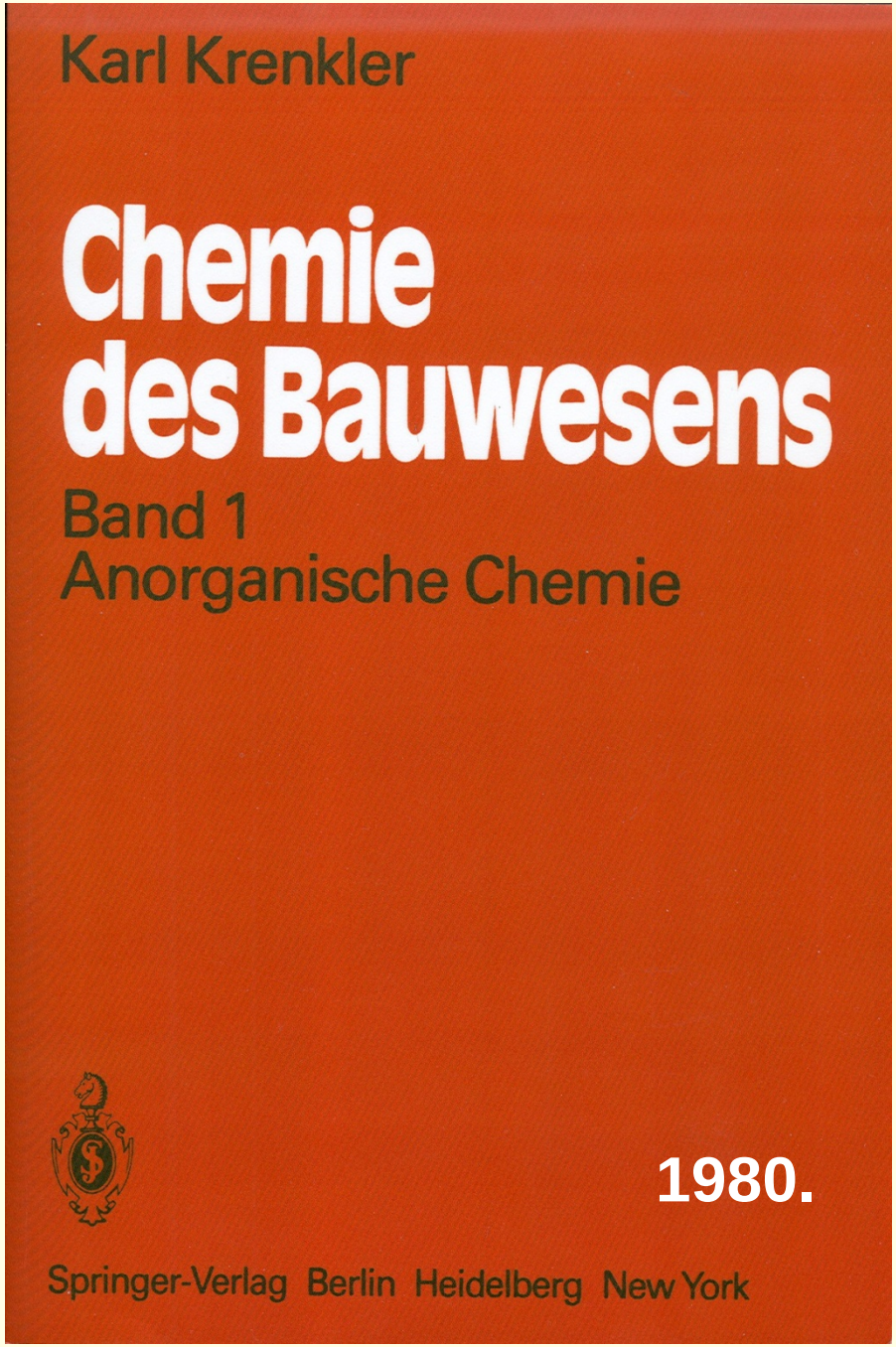
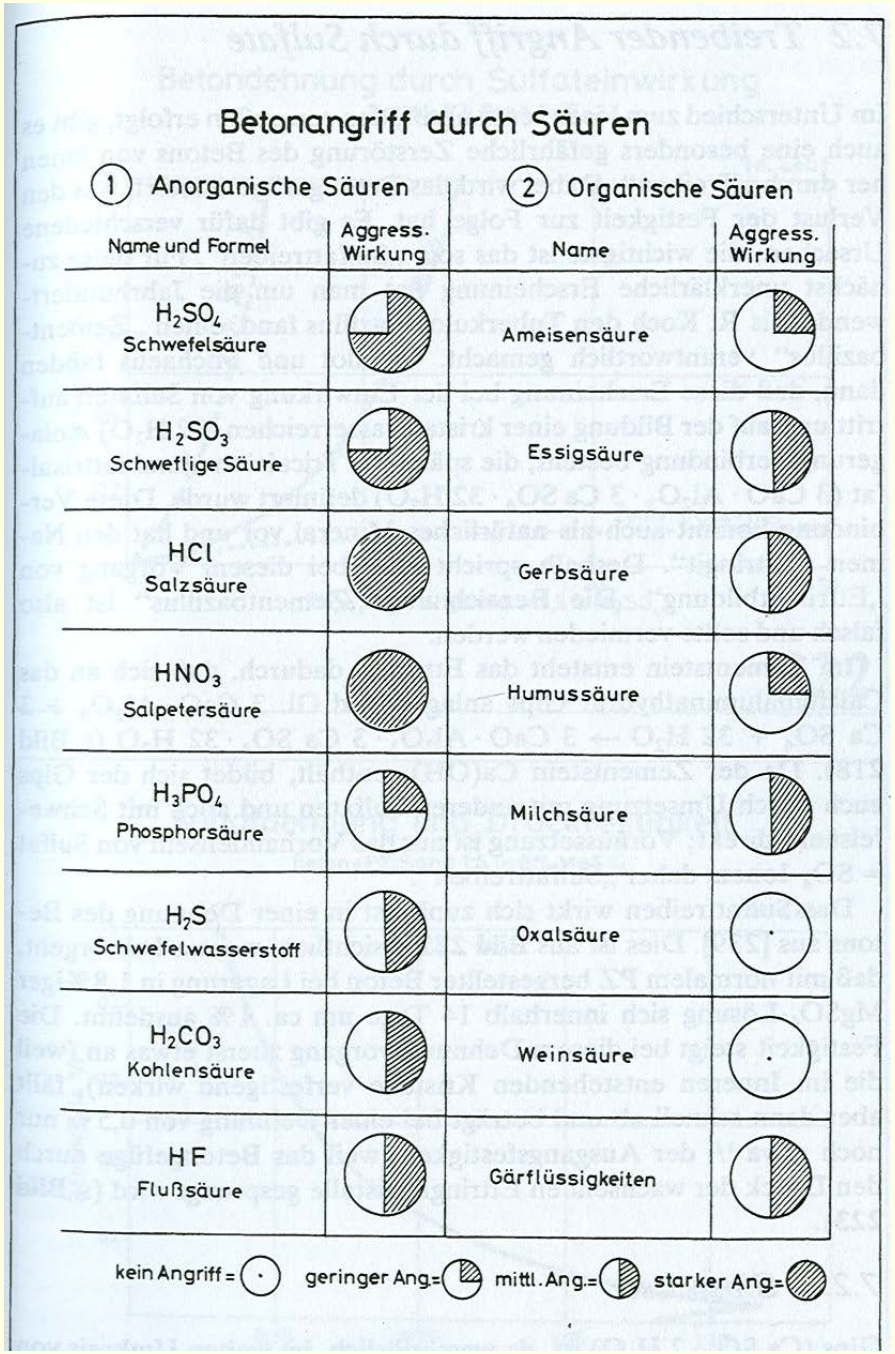


Bild 4: Einbau von Calciumionen





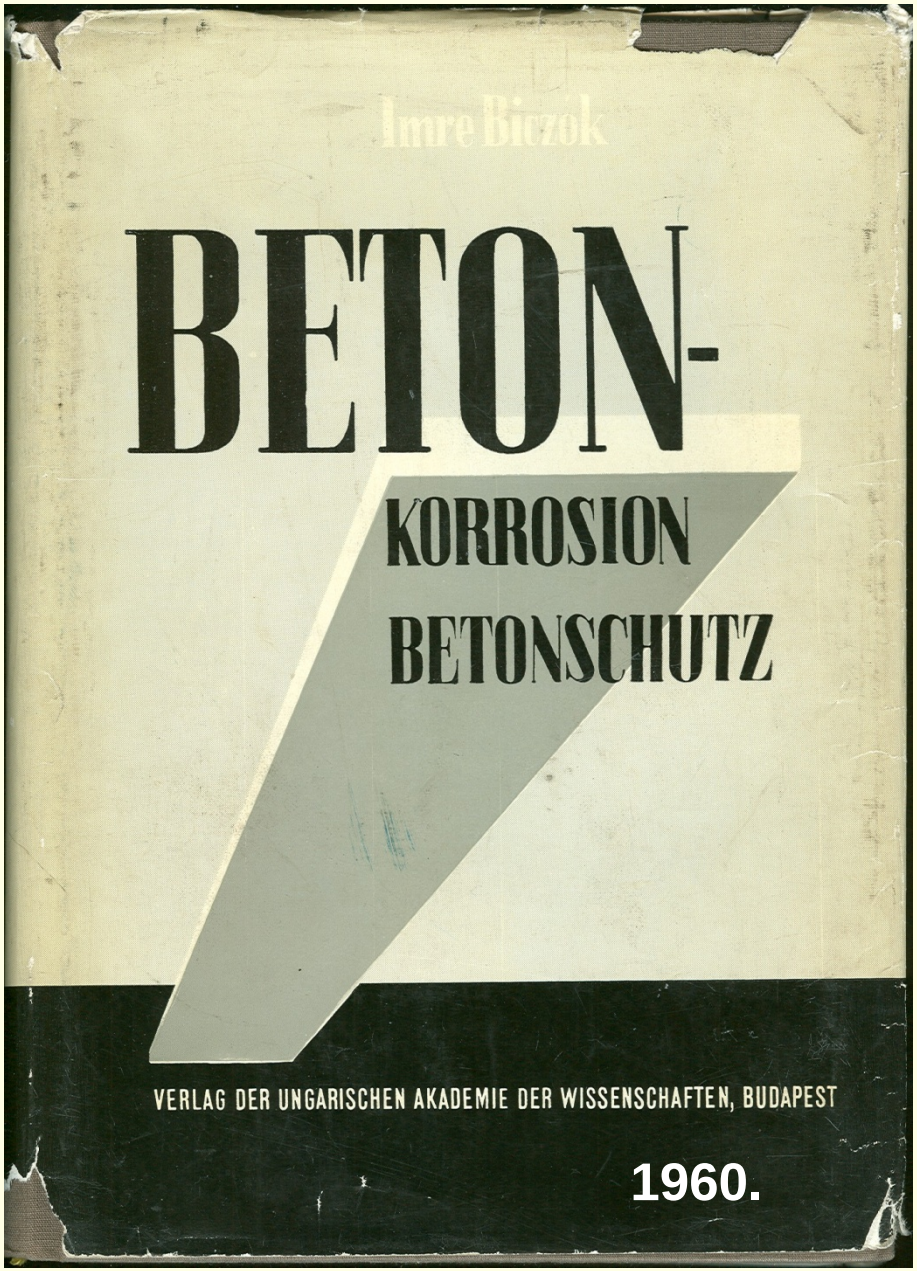
Betonangriff durch Säuren

(1) Anorganische Säuren		(2) Organische Säuren	
Name und Formel	Aggress. Wirkung	Name	Aggress. Wirkung
H_2SO_4 Schwefelsäure		Ameisensäure	
H_2SO_3 Schweflige Säure		Essigsäure	
HCl Salzsäure		Gerbsäure	
HNO_3 Salpetersäure		Humussäure	
H_3PO_4 Phosphorsäure		Milchsäure	
H_2S Schwefelwasserstoff		Oxalsäure	
H_2CO_3 Kohlensäure		Weinsäure	
HF Flußsäure		Gärflüssigkeiten	

kein Angriff = · geringer Ang.= mittl. Ang.= starker Ang.=

Biczók Imre
BETONKORRÓZIÓ
BETONVÉDELEM
MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

1956.


Imre Biczók
BETON-
KORROSION
BETONSCHUTZ
VERLAG DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, BUDAPEST

1960.

Köszönöm a szíves figyelmüket…