

3.3 Blandevand

Af Christian Munch-Petersen, EMCON A/S

Vand er en hovedkomponent i beton. Vand danner sammen med cement den lim, der binder tilslaget (sand og sten) sammen. Samtidigt er vand med til at gøre betonen flydende og udstøbelig.

Vand i beton kaldes ofte for blandevand.

Vand anvendes også i betonproduktion - fx til at vådholde betonen under hærdeprocessen og til afvaskning af udstyr som blandemaskiner og roterbiler.



Figur 1. Drikkevand er velegnet til betonproduktion. Vand af dårligere kvalitet kan også anvendes, men fx er saltvand uegnet til betonproduktion på grund af saltindholdet..

Ved anvendelse af andet vand end drikkevand skal forsigtighed udvises, og det skal sikres, at vandet ikke indeholder stoffer, der kan skade betonen eller armeringen.

Blandevand

Den lim, der i beton binder sand og sten (tilslaget) sammen, er to-komponent og består af binderen cement og hærderen vand.

Umiddelbart efter blandingen af betonen starter hydratiseringsprocessen mellem cement og vand og der dannes bindemidler (lim). Reaktionen er beskrevet under cement.

Hvis vandindholdet i betonen er større end svarende til et vand-cement forhold på ca. 0,40 (ca. 40 liter (kg) vand pr. 100 kg cement) vil der efter hærdningen være et overskud af vand i betonen. Hvis vand-cement forholdet er mindre end ca. 0,40 vil cementen ved hærdningen forbruge alt det indblandede vand i betonen, og betonen vil blive tør efter nogen tids hærdning. Denne selvudtørrende effekt kan udnyttes til at afkorte udtørringstiden, hvis fx det er afgørende, at betonen er tør inden pålægning af en tæt gulvbelægning.

Den samlede vandmængde i betonen (typisk 140-160 liter) stammer fra flere kilder. Det skyldes, at flere af betonens øvrige delmaterialer indeholder vand. Sandet kan fx indeholde ca. 2-3 % vand svarende til ca. 15-20 liter vand pr. kubikmeter beton. Andre typiske vand-kilder er sten, vandige tilsætningsstoffer og silicaslurry.

Ud over vandmængden fra de øvrige delmaterialer tilsættes betonen vand under blandingen. Fordi vandindholdet i de øvrige delmaterialer normalt ikke kendes præcist, tilsættes selve vandet ofte af to eller flere omgange, således at det rigtige vandindhold kan opnås, og at man derved får styret betonens konsistens (udstøbelighed, flydeevne mv.) til den ønskede værdi.

Vandkvalitet

Vand til beton kan udmærket være rent – også kemisk rent.

På den anden side kan ikke rent vand ofte anvendes til beton. Fx betyder det ikke noget, om vandet er svagt surt eller svagt basisk, fordi den store mængde calciumoxid (CaO) i cement danner en stor mængde calciumhydroxid (Ca(OH)₂) sammen med vandet. Denne calciumhydroxid vil virke som puffer og pH i betonen vil ikke ændre sig på grund af det svagt sure eller basiske vand.

Hvis syren er saltsyre, vil der dog ved neutraliseringen dannes chlorid, der kan være skadeligt for armeringen selv i mindre mængder.

Det er afgørende, at urenhederne i vandet ikke er skadelige for betonen eller armeringen. Af de almindeligt forekommende urenheder i vand er chlorider (Cl⁻) de farligste, fordi de kan starte korrosion på armeringen og dermed reducere konstruktionens bæreevne. Chlorider kan fx stamme fra saltet (NaCl) i brak- eller saltvand, hvorfor havvand aldrig må anvendes som blandevand.

Dansk grundvand, der kan anvendes som drikkevand, er umiddelbart anvendeligt som blandevand. Anvendelsen som drikkevand sikrer gennem Miljøstyrelsens regler herfor, se [1], et lavt indhold af diverse stoffer.

I kystnære områder, sker det nogen gange, at der indvindes så meget vand, at der trækkes salt ind i drikkevandet. Det kan få kommunerne til midlertidigt at tillade drikkevand med et så højt indhold af chlorider, at det kan skade de bedste betonkvaliteter. Den offentlige fører kontrol med drikkevands kvaliteten gennem målinger, og man kan fra kommunen få detaljerede kontrolresultater på vandets kvalitet – herunder på chloridindholdet.

Ferskvand fra søer og åer i Danmark kan anvendes uden problemer. Det samme gælder fx regnvand indsamlet fra tagnedløb. Overfladevand fra fx parkeringspladser kan også anvendes, hvis det kontrolleres for indhold af chlorider – fx stammende fra tørsalting om vinteren. Hvis vand fra en plads indeholder olie – fx fra et utæt bundkar på et køretøj – er vandet heller ikke anvendeligt.

Genbrugsvand fra betonproduktion kan anvendes som vand. Sådant genbrugsvand stammer fra vask af blandemaskiner, biler, laboratoriefaciliteter o.l. og vil ofte fremtræde gråt og helt uklart. Det skyldes opslæmmede partikler af fx cement, flyveaske og silt-partikler fra tilslaget. Hvis sådant vand får lov at stå uden omrøring, vil der ske en bundfældning. Brugeren af genbrugsvand skal derfor enten holde genbrugsvandet konstant omrørt for at sikre en ensartet faststofprocent, eller lade vandet stå stille i en periode for at lade den grovere del af faststoffet bundfælde sig.

Kemiske undersøgelser af drikkevand

	Søndersø	Islevbro	Thorsbro	Marbjerg	Lejre	Slangerup	Regnemark	Højest tilladelige værdier	Vand fra byledningsnettet gennemsnit af 12 prøver fra 2011	Højest tilladte værdier ledningsnet	
Dato for udtagelse af vandprøve	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	prøve udtaget 10-01-2012	afgang fra vandværk			
Kemiske analyser:											
Aluminium	µg/l	3,3	1,8	8,8	1,5	1,6	1,7	1,5	-	2,2	100
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,017	0,014	0,017	0,009	0,012	0,027	0,014	0,05	0,01	0,05
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	110	130	130	110	82	99	110	< 200	113	< 200
Carbondioxid ved 12 °C (CO ₂)	mg/l	19	19	31	24	18	16	22	-	21	-
Carbondioxid, aggressiv v. 12 °C (CO ₂)	mg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2	< 2	< 2
Farvetal	mg Pt/l	3,7	3,4	1,1	1,8	2,4	5,2	4,7	5 / 15 ^a	4,5	15
Fosfor - total (P)	mg/l	0,008	0,012	0,014	0,006	0,012	0,005	0,008	0,15	0,006	0,15
Fluorid (F)	mg/l	0,43	0,44	0,32	0,5	0,94	0,50	0,58	1,5	0,57	1,5
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	mg/l	330	342	346	338	387	345	380	> 100	362	> 100
Hårdhed - total	°dH	20,1	24,0	22,8	21,0	17,4	19,8	21,4	5 - 30	21,1	5 - 30
Hårdhed - permanent	°dH	4,9	8,3	6,9	5,5	< 0,5	4,0	4	-	4,5	-
Hårdhed - carbonat	°dH	15	16	16	16	17	16	17	-	16,6	-
Inddampningsrest	mg/l	510	590	540	480	610	480	630	1500	565	1500
Jern - total (Fe)	mg/l	0,043	< 0,010	0,012	0,043	0,033	0,015	< 0,010	0,1	0,03	0,2
Kalium (K ⁺)	mg/l	3,3	3,5	4,1	3	5,3	4,4	5,7	10	4,5	10
Kalkfældning ved 12 °C	°dH	0,8	< 0,2	0,9	0,8	1,1	0,9	1	-	1,2	-
Kiselsyreanhydrid	mg/l	24,3	23,2	22,8	20,4	24,6	22,6	26,2	-	24	-
Klorid (Cl)	mg/l	65	62	49	30	110	49	110	250	79,3	250
Ledningsevne 12 °C	mS/m	60,3	66,8	61	53,9	75,9	57,7	73,5	> 30	67,2	> 30
Magnesium (Mg ⁺⁺)	mg/l	19	24	20	23	26	26	24	50	23	50
Mangan - total (Mn)	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,02	0,005	0,05
Methan	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	< 0,01	0,01
Natrium (Na ⁺)	mg/l	36	32	21	15	110	33	74	175	52	175
Natriumhydrogencarbonat	mg/l	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	-	< 3	-
Nikkel (Ni ⁺⁺)	µg/l	0,098	2,6	8,5	1,1	0,04	0,12	0,4	20	1,3	20
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	2,1	1,9	5,6	0,99	3,9	1,5	2,4	50	2,4	50
Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	0,005	0,1
NVOC (C)	mg/l	2,3	2,1	1,3	1,5	1,8	2,6	2,8	4	2,4	4
Oxygen (O ₂)	mg/l	9,2	9,1	10,2	9,3	8,8	10,4	8	-	9,0	> 5
pH ved 12 °C		7,6	7,5	7,4	7,7	7,7	7,7	7,5	7 - 8,5	7,5	7 - 8,5
Sulfat (SO ₄ ⁻)	mg/l	54	110	87	78	55	61	68	250	71	250
Svovlbrinte	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	< 0,02	0,05
Temperatur	°C	9,1	9,0	8,9	9	9	9,0	9,8	-	10,9	-
Turbiditet	FTU	0,27	0,05	0,07	0,44	0,3	0,14	0,09	0,3 / 1*	0,06	1

Figur 2. Drikkevandets indhold af forskellige stoffer kan hentes på kommunernes hjemmesider. Her er det tal fra Københavns kommune. Tallene er altid historiske og hvis eksakte værdier ønskes, skal der foretages en analyse på det anvendte vand. Bemærk chloridindholdet, der i det aktuelle tilfælde varierer mellem 30 og 110 mg/l

Det største problem ved genbrugsvand er et muligt indhold af fedt og olie, stammende fra fx lejerne i blandemaskinerne. Sådanne fedtstoffer kan sinke hærdeprocessen, misfarve betonen og skabe problemer ved betonens anvendelse – fx til drikkevandsbeholdere.

Spildevand fra kloaksystemer kan ikke anvendes til beton. Dels af hygiejniske årsager, dels på grund af muligheden for indhold af skadelige stoffer – fx fedt og olie.

Vand indeholdende "kemikalier" kan kun anvendes, hvis der dels er styr på såvel typen som det konkrete indhold af kemikaliet, dels er undersøgt om kemikaliet skader betonen eller armeringen. Her kan i nogen grad findes information i [2].

Nogle kemikalier kan i sig selv være uskadelige for betonen og dens holdbarhed, men gøre betonen uegnet til den påtænkte anvendelse. Fx vil en række giftige stoffer som tungmetaller kunne være i blandevandet uden skade på betonen eller armeringen, men betonen vil være uegnet til fx vandtanke. Selv hvis en beton med tungmetaller anvendes til fx en betonvej, skal man overveje om tungmetallerne kan frigives til miljøet i forbindelse med nedknusningen af belægningen om måske 30 år.

Når dette spørgsmål er relevant, skyldes det, at mange industrier producerer spildevand med tungmetaller – blandt andet galvaniseringsanstalter. Forskellige steder i verden anvendes netop beton som "deponi" for denne type spildevand, fordi mange tungmetaller bindes godt i betonen.

Der er typisk to stoffer, der kan findes i blandevand og som i sig selv er uskadelige, men som kan sinke betonens afbinding og hærdning. Det er sukkerstoffer (fx i procesvand fra sukkerproduktion) og humus (fx i vand, der indeholder muld).

3.3.1 Normer og standarder

DS/EN 1008 [3] er den danske standard, der opstiller regler for blandevand. Selv om DS/EN 1008 er dansk standard foreligger den kun på engelsk.

Der henvises til DS/EN 1008 fra DS 2426. DS 2426 har desuden i afsnit 5.1.4 angivet en skærpelse vedrørende blandevands indhold af tungmetaller.

DS/EN 1008 beskæftiger sig med 6 vandtyper i afsnit 3.1 til 3.6 (angivet på engelsk i DS/EN 1008) med den anførte danske betegnelse i parentes:

1. Potable water (Drikkevand)
2. Water recovered from processes in the concrete industry (Genbrugsvand)
3. Water from underground sources (Grundvand)
4. Natural surface water and industrial waste water (Overfladevand og industrielt spildevand)
5. Sea water or brackish water (Hav- eller brakvand)
6. Sewage water (Spildevand)

Når "Overfladevand og industrielt spildevand" i den europæiske standard er anbragt i samme afsnit, skal det ses som et forsøg på at skjule problemet med at anvende industrielt spildevand i beton.

I afsnit 4.3.4 Harmfull contamination (Skadelig forurening) angives krav til maksimalmængder af sukker, fosfater, nitrater samt bly og zink. De to sidste er typisk indeholdt i vand fra galvaniseringsanstalter. Grænserne for disse er sat meget højt (for bly fx til 100 mg/l). Det er netop denne vandtype, som kravet i DS 2426, afsnit 5.1.4 sikrer mod, ved at kræve, at vandet desuden skal opfylde Miljøstyrelsen

vejledning nr. 11, 2002 (Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg). Heri er grænseværdien for bly sat til 100 µg/l (altså 1.000 gange mindre).

Det afgørende krav om chloridindhold i blandevand er omtalt i afsnit 4.3.1, Table 2. Som det fremgår, er kravet til vand til anvendelse i almindelig armeret beton 1.000 mg/l og i beton og mørtel i kontakt med forspænding 500 mg/l. Det kan sammenlignes med, at kravet til drikkevand i Danmark under normale forhold ligger på 250 mg/l. Indholdet er dog som regel betydeligt lavere – fx 30 mg/l.

Såfremt man anvender drikkevand i Danmark fra et vandværk, sikrer offentlige krav og kommunens tilsyn, at vandets kvalitet er i orden. Hos kommunen kan indhentes analyseresultater.

3.3.2 Mere information

Der henvises til DS/EN 1008 [3] vedrørende krav til vand og prøvning.

Krav til drikkevand i Danmark er angivet i Drikkevandsbekendtgørelsen [1].

Kontrolresultater af drikkevand i Danmark kan ses på www.geus.dk

3.3.3 Fremstilling

Forhold omkring fremstilling fremgår i høj grad af Normer og standarder ovenfor.

3.3.4 Status for vand i Danmark

Vand til beton i Danmark er i praksis enten drikkevand eller genbrugsvand – det vil sige drikkevand og regnvand "forurenet" med cement, flyveaske, silt fra tilslag, tilsætningsstoffer mv.

Drikkevands anvendelse er uproblematisk.

Anvendelse af genbrugsvand er styret af DS 2426.

Hvor er chlorid i vandet et problem? Betonkrav indeholder typisk et delkrav om maksimalt chloridindhold i betonblandingen. Det er typisk – og fx i DS 2426 - sat til 0,2 % af cementvægten i almindelig armeret beton. Hvor meget betyder chloridindholdet fra vandet i denne sammenhæng?

Svar: I en typisk dansk beton er der ca. 0,03 % chlorid i cementen (0,10 % er faktisk tilladt i cementstandarden) svarende til ca. 100 gram chlorid pr. kubikmeter beton. Andre ca. 100 gram chlorid kommer fra tilsætningsstoffer og tilslag. Ved et cementindhold på fx 350 kg/m³ svarer den tilladte mængde chlorid på 0,2 % til 700 gram chlorid pr. kubikmeter. Vandets indhold af chlorid skal derfor være mindre end ca. $(700-100-100) = 500$ gram chlorid. Hvis mængden af tilsat vand er fx 130 liter skal chloridindholdet i vandet derfor være mindre end $500/130 = 3,8$ g/l = 3.800 mg/l – altså langt højere end de tilladte 250 mg/l i drikkevand.

Hvis kravet til chlorid er nedsat til 0,1 % (som det bør ske i forspændt beton og i klasse A og E) fås tilsvarende en tilladt mængde chlorid på 350 gram i en kubikmeter beton og derfor er den tilladte mængde chlorid i vandet ca. $(350/130 = 1.150$ mg/l – stadig langt højere end de tilladte 250 mg/l i drikkevand – men nu ganske tæt på DS/EN 1008 grænse på 1.000 mg/l gældende for alt vand (det er formentlig på baggrund af et tilsvarende regnestykke, at grænsen er fastsat til netop de 1.000 mg/l i DS/EN 1008).

Hvis der anvendes både søsand og søsten, kan chloridindholdet i disse stammende fra saltvandet i et konkret eksempel medføre et chloridindhold på omkring 500 gram i en kubikmeter beton. Dette medfører, at chloridindholdet i vandet skal være lavt. Men selv med et chloridindhold på fx 100 mg/l giver 130 liter vand et tillæg til chloridindholdet i betonen på kun ca. 13 gram.

Chloridindholdet i DRİKKEVAND er derfor normalt kun interessant, hvis der 1) er stillet et lavt chloridindholds krav til betonsammensætningen, hvis der 2) anvendes sømaterialer (eller andre chloridholdes tilslag, hvis 3) cementen og de andre delmaterialer indeholder meget chlorid – OG 4) hvis drikkevandet leveres med et forhøjet chloridindhold.

På Storebæltstunnelen anvendtes sømaterialer OG kravet til chloridindholdet var nedsat til maksimalt 0,05 % af cementvægten. Det krævede betydelig styring – også af blandevandet - selv om det var drikkevand.

3.3.5 Prøvning

DS/EN 1008 beskriver i kapitel 5, hvorledes en prøve udtages.

En ren beholder skylles med vandet og fyldes herefter og forsegles. Prøvningen skal ske inden 2 uger. Prøvningsmetoder og godkendelseskriterier er anført i DS/EN 1008.

3.3.6 Status for vand i udlandet

I mange lande er drikkevand dyrt eller kan ikke skaffes i tilstrækkelige mængder.

Her er ønsket om anvendelse af vand fra alternative kilder stort. Imidlertid er de alternative kilder også sparsomme i disse lande, og derfor anvendes alligevel kostbart drikkevand til beton – fx stammende fra afsaltet havvand.

I nogle tilfælde indeholder afsaltet havvand mere chlorid end ønskeligt i beton. Der er eksempler fra fx Saudi Arabien på, at vand til beton skal være af bedre kvalitet end drikkevand. Det fortælles derfor, at de ansatte på betonværkerne ikke må drikke af blandevandet.

3.3.7 Litteratur

- [1] Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, Miljøministeriet.
- [2] Beton i aggressivt miljø, Beton-Teknik, Aalborg Portland, af Ulla Kjær 3/03/1974
- [3] DS/EN 1008, Blandevand til beton – specifikationer for prøveudtagning, prøvning og vurdering af egnethed af vand, inklusive vand genbrugt fra processer i betonindustrien, som blandevand til beton, Dansk Standard.