

# JAK (NE)PRACOVAT S BETONEM

## TÉMA 6 – OŠETŘOVÁNÍ BETONU

Vladimír Veselý

Pokud jsme beton zdárně dovezli na stavbu, uložili a zhutnili ho, zdálo by se, že již nic nebrání vzniku dokonalého betonového díla. Stačí vyčkat, až beton získá svoje konečné vlastnosti, a je to! Opak toho je pravdou, neboť právě v tomto okamžiku je potřeba věnovat pozornost konečné fázi zhotovení betonové konstrukce – ošetřování. Podcenit, nebo dokonce zcela pominout tuto fázi může mít fatální následky pro finální kvalitu betonového díla.

### PROČ BETON OŠETŘOVAT

Beton je materiál, který získává požadované vlastnosti v čase, resp. během procesu tuhnutí a tvrdnutí. Tyto procesy probíhají podstatně déle než jeho vlastní výroba, doprava a ukládání a pro dosažení předpokládaných technických parametrů betonu v konstrukci je třeba zajistit odpovídající podmínky pro jejich zdárný průběh po dostatečně dlouhou dobu.

V počátečním stadiu není beton schopen přenášet napětí a v souladu s normou [1] je nezbytné:

- ošetřovat jej, aby se:
  - minimalizovalo plastické smršťování,
  - zajistila dostatečná pevnost povrchu,
  - zajistila dostatečná trvanlivost povrchové vrstvy,
- chránit jej před:
  - škodlivými vlivy počasí,
  - zmrznutím,
  - škodlivými otřesy, nárazy nebo poškozením.

### Ztráta vody

Plastické smršťování, nedostatečná pevnost povrchu a snížení trvanlivosti povrchové vrstvy souvisí se ztrátou vody z betonu a z jeho povrchu. Rychlý úbytek vody odpařováním má za následek:

- rychlé smršťování betonu a tvorbu trhlinek v povrchové vrstvě,
- deficit vody potřebné pro hydrataci povrchové vrstvy, a tím zvýšení její pórizity.

Takovéto „otevření se“ povrchové vrstvy betonu umožňuje snadnější pronikání negativních vlivů okolního prostředí (CO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O) a způsobuje její rychlejší degradaci, a tím i ztrátu životnosti.

Množství odpařené vody z povrchu betonu závisí na teplotě, relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu. Množ-

ství odpařené vody lze odečíst z nomogramu na obr. 1.

### Vlivy okolního prostředí

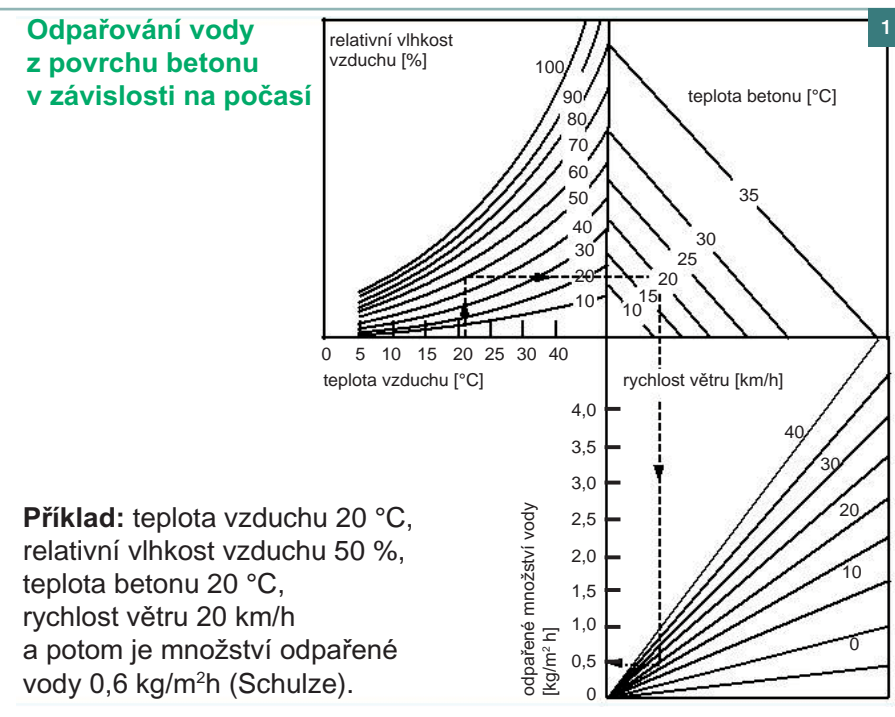
Vliv počasí, mraz, škodlivé otřesy, nárazy a poškození lze zařadit společně do kategorie negativní vlivy okolního prostředí na mladý beton v konstrukci, ke kterým patří:

- vysoké teploty a intenzivní proudění vzduchu, které značně urychlují odpařování vody z povrchu a způsobují degradaci povrchové vrstvy (viz výše),
- intenzivní sluneční svit, který může nadměrně ohřát povrch betonu nebo bednění, a tím rovněž způsobit degradaci povrchové vrstvy,
- intenzivní přehřátí tvrdnoucího betonu nad 30 °C v počátečním stadiu vývoje pevnosti, které přispívá k razantnímu náběhu pevnosti, avšak následně tvrdnutí po 28 dnech se zpomalí ve srovnání s tvrdnutím betonu při teplotách 17 až 23 °C a dosáhne jen cca 90 % jeho pevnosti po 90 dnech (viz [3] tabulka 14.1 na obr. 2),
- nízké teploty v rozmezí 6 až 16 °C,

kteří zpomalují náběh pevností betonu, v konečném důsledku, pokud beton v průběhu tvrdnutí nezmrzne, mohou však znamenat příspěvek k dlouhodobé pevnosti,

- vystavení betonu nízkým teplotám pod +5 °C, které znamená vždy snížení konečných pevností,
- intenzivní dešťové srážky, které naopak zvýší vodní součinitel povrchové vrstvy, nebo dokonce vyplaví cementový tmel, a tím způsobí masivní degradaci povrchové vrstvy,
- vystavení betonu v plastickém stavu a v raném stadiu tvrdnutí mechanickým impulsům (vibrace, otřesy apod.), které poruší tvořící se pevnou strukturu betonu a vedou ke snížení konečných pevností a odolnosti betonu.

Obecně lze konstatovat, že teploty, při kterých beton zraje a které se významně liší od pásma teplot 18 až 22 °C (tj. teplot při kterých zrají zkušební tělesa určená k hodnocení shody dle ČSN EN 206), mají podstatný vliv na průběh vývoje pevnosti betonu v čase, na pevnost betonu po 28 dnech i na další vý-



Obr. 1 Odpařování vody z povrchu betonu v závislosti na počasí (zdroj: [2])

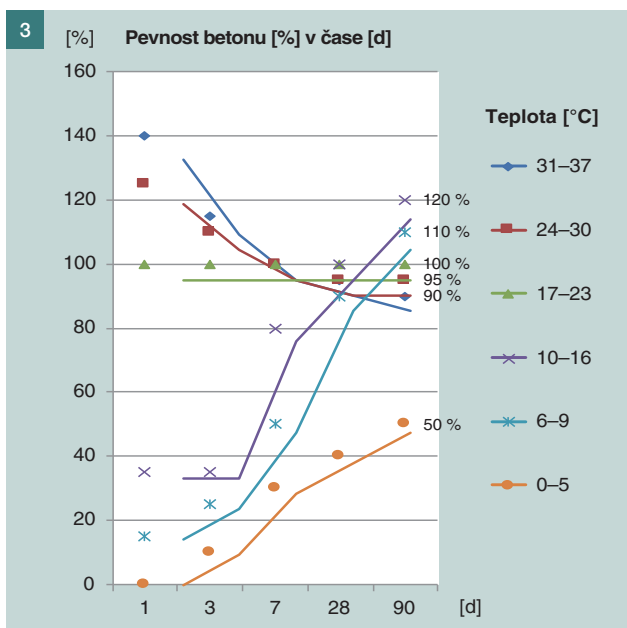
Obr. 2 Vliv teploty na vývoj pevnosti betonu (zdroj: [3])

Obr. 3 Graf vlivu teploty na vývoj pevnosti betonu (zdroj: [3])

Obr. 4 Třídy ošetřování (zdroj: [1])

Obr. 5 Nejkratší doba ošetřování betonu [d] pro jednotlivé třídy ošetřování

Teplota [°C]	Pevnost betonu [%] v čase [d]				
	1	3	7	28	90
31-37	140	115	100	95	90
24-30	125	110	100	95	95
17-23	100	100	100	100	100
10-16	35	35	80	100	120
6-9	15	25	50	90	110
0-5	0	10	30	40	50



4	Třída ošetřování 1	Třída ošetřování 2	Třída ošetřování 3	Třída ošetřování 4
Doba ošetřování [h]	12*	nepoužívá se	nepoužívá se	nepoužívá se
Procentní hodnota předepsané charakteristické 28denní pevnosti	nepoužívá se	35 %	50 %	70 %

\*Za předpokladu, že tuhnutí nepřekročí 5 h a teplota povrchu betonu je 5 °C nebo vyšší

5	Teplota povrchu betonu t [°C]	Třída ošetřování	Nárůst pevnosti betonu $f_{ck2} / f_{ck28}$		
			rychlý $r \geq 0,50$	střední $0,50 > r \geq 0,30$	pomalý $0,30 > r \geq 0,15$
	$t \geq 25 \text{ °C}$	třída 2	1	1,5	2,5
	$25 \text{ °C} > t \geq 15 \text{ °C}$		1	2,5	5
	$15 \text{ °C} > t \geq 10 \text{ °C}$		1,5	4	8
	$10 \text{ °C} > t \geq 5 \text{ °C}$		2	5	11
	$t \geq 25 \text{ °C}$	třída 3	1,5	2,5	3,5
	$25 \text{ °C} > t \geq 15 \text{ °C}$		2	4	7
	$15 \text{ °C} > t \geq 10 \text{ °C}$		2,5	7	12
	$10 \text{ °C} > t \geq 5 \text{ °C}$		3,5	9	18
	$t \geq 25 \text{ °C}$	třída 4	3	5	6
	$25 \text{ °C} > t \geq 15 \text{ °C}$		5	9	12
	$15 \text{ °C} > t \geq 10 \text{ °C}$		7	13	21
	$10 \text{ °C} > t \geq 5 \text{ °C}$		9	18	30

voj dlouhodobých pevností. To ilustrují obr. 2 a 3.

### JAK BETON OŠETŘOVAT

Způsoby ošetřování betonu se přímo vážou k požadavkům zajistit odpovídající prostředí pro zdárné zrání betonu. Jejich cílem je:

- zabránit ztrátě vody (která by chyběla pro hydrataci a jejíž nedostatečné množství by způsobilo rozvoj trhlin),
- zabránit působení vnějších vlivů prostředí.

### Ztráta vody

Ztrátě vody odpařováním a následně vysycháním se lze bránit především opatřeními uvedenými v tab. 1.

### Působení vnějších sil

Negativní působení vibrací, otřesů či nárazů, ale i vlastní tíhy vodorovných konstrukcí lze eliminovat nejčastěji ponecháním betonu v bedně s dostatečnou tuhostí.

Předčasné odstraňování vzpěr a podpěr bednění může u nedostatečně vyztuženého betonu způsobit trvalé nadměrné deformace konstrukce.

### KDY ZAČÍT A JAK DLOUHO BETON OŠETŘOVAT

Z čerstvého betonu uniká voda (jde o procesy vypařování, vysychání) během všech fází – výroby, dopravy, ukládání do konstrukce, hutnění, konečné úpravy povrchu, tuhnutí i tvrdnutí. Vzhledem k tomu, že je v betonu prakticky vždy více vody, než je třeba pro hydrataci celé dávky cementu (výjimku mohou tvořit vysokopevnostní betony (UHPC), u kterých část cementových zrn cíle-

ně nehydratuje a je využita pro doplnění plynulé křivky zrnitosti), začíná její ztráta vadit právě po jeho ztuhnutí a konečné úpravě povrchu. Z tohoto důvodu je nezbytné zahájit ošetřování právě v tomto okamžiku a to bez odkladu (viz ČSN EN 13670 článek 8.5 odstavec 4) [1].

Doba, po kterou je třeba beton ošetřovat, vychází z vývoje vlastností v jeho povrchové vrstvě. Tento vývoj je popsán pro třídy ošetřování, které musí být předepsány v prováděcí dokumentaci stavby dle ČSN EN 13670 článek 8.5 odstavec 7 [1]. Volba třídy ošetřování závisí na prováděcí třídě konstrukce (Pozn.: *Tři prováděcí třídy podle [1] jsou spojené se třemi úrovněmi rozlišení spolehlivosti uvedené v EN 1990:2002, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Příloha B*), složení betonu a krytí výztuže. Pro jednotlivé třídy ošetřování je pak stanoveno buď požadované procento předepsané charakteristické

pevnosti (viz Tabulka 4 – Třídy ošetřování v normě [1] na obr. 4), nebo doba ošetřování v závislosti na rychlosti vývoje pevnosti betonu (viz Tabulka 16 – Teploty povrchu betonu a třídy ošetřování v normě [4] na obr. 5).

### ZÁVĚREM

Z uvedeného plyne, že ošetřování betonu je činnost velmi důležitá pro celkovou kvalitu díla – betonové konstrukce. Bez správného a náležitě dlouhého ošetřování nelze očekávat dosažení kýženého výsledku. Autor si na základě zkušeností dovoluje tvrdit, že úspora nákladů krácením doby ošetřování či volbou levnějšího, avšak nevhodného způsobu ošetřování nevyvážá případné náklady na dodatečnou opravu či sanaci betonové konstrukce.

Informace o tom, jak pracovat s betonem, jsou dostupné v řadě dokumen-

Tab. 1 Opatření zabraňující ztrátě vody během procesu tuhnutí a tvrdnutí

	Opatření	Působení	Vhodné	Méně vhodné
Uzavření povrchu betonu	Ponechání betonu v bedně	po celou dobu od ukončení betonáže až do odbednění	svislé konstrukce (stěny, pilíře)	vodorovné konstrukce (stropy, podlahy)
	Překrytí fólií (tmavé/černé fólie nepoužívat ve dnech s intenzivním slunečním svitem)	po celou dobu od překrytí až po odstranění fólie (záleží na možnosti přístupu ke konstrukci – okamžik překrytí)	vodorovné konstrukce (horní plocha stropů, podlahy, horní plochy betonu v bedně)	svislé konstrukce
	Aplikace ošetřovacího nástřiku	po celou dobu od nástřiku až po jeho odstranění (sublimace)	pro všechny plochy konstrukce	
Dotace chybějící vody	Mížení (nutno používat vodu přibližně stejné teploty jako je momentální teplota povrchu betonu)	po celou dobu aplikace	pro všechny plochy konstrukce	nutno zajistit kontinuitu i v období technologické pauzy stavby
	Kropení (nutno používat vodu přibližně stejné teploty jako je momentální teplota povrchu betonu)	po celou dobu aplikace (nutno vyčkat zatvrdnutí povrchu betonu, aby nedošlo k vymývání cementového mléka)	pro všechny plochy konstrukce	nutno zajistit kontinuitu i v období technologické pauzy stavby
Kombinace	Překrytí vlhkou geotextilií a její následně pravidelné kropení	po celou dobu aplikace	pro všechny plochy konstrukce	nutno zajistit kontinuitu i v období technologické pauzy stavby

tů, které byly v průběhu seriálu citovány. Stručný a názorný návod na to, jak pracovat s betonem, abychom dosáhli kýženého výsledku, je dostupný také v dokumentu Všeobecný (základní) návod na použití betonu, který je volně dostupný na stránkách Svazu výrobců betonu ČR ([www.svb.cz](http://www.svb.cz)) nebo na jeho informačním webu [www.e-beton.cz](http://www.e-beton.cz).

Zdálo by se, že správným ošetřením betonu ve zhotovované konstrukci práce končí. Uvědomíme-li si, že po uvedení stavby (konstrukce) do provozu začíná etapa jejího užívání, která s sebou nese i její pozvolnou degradaci zatížením z provozu či působením prostředím, měli bychom se zabývat i následnou údržbou betonových konstrukcí. Nikoho nepřekvapí, že se ocelové nebo dřevěné konstrukce pravidelně natírají, že se čas od času provádí oprava

omítek zděných konstrukcí a jejich malování. Preventivní či následné údržbě konstrukcí z betonu, která by mohla prodloužit jejich životnost, věnuje pozornost jen málo investorů či uživatelů staveb. Zpravidla se o beton začínáme zajímat v okamžiku jeho viditelného poškození nebo hrozící destrukce, kdy je třeba urychleně řešit sanace, nebo kdy už jsou příp. sanace tak nákladné, že je třeba zvažovat odstranění staré betonové konstrukce a její nahrazení konstrukcí novou. Příkladem může být Libeňský most v Praze. Údržba betonových konstrukcí je však již jiná disciplína, která nebyla předmětem tohoto seriálu.

Pevně věřím, že se mi ve spolupráci s redakcí podařilo v šesti dílech tohoto seriálu přehledně přiblížit problematiku a úskalí práce s betonem od jeho specifikace až po uložení, neboť pouze kvali-

Literatura:

- [1] ČSN EN 13670. *Provádění betonových konstrukcí*. Praha: ÚNMZ, 2010.
- [2] *Příručka technologa: BETON: Suroviny – výroba – vlastnosti*. Aktualizace 1. vydání. Českomoravský beton, a. s., 2013. Dostupné z: <http://www.transportbeton.cz/stahnout-soubor?id=3203>
- [3] COLLEPARDI, M. *Moderní beton*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009.
- [4] ČSN EN 206 + A1. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, 2017.

fikovaná práce s tímto materiálem může být základem kvalitní betonové stavby.

Ing. Vladimír Veselý  
Betotech, s. r. o.  
e-mail: [vladimir.vesely@betotech.cz](mailto:vladimir.vesely@betotech.cz)



## PROF. ING. DR. JIŘÍ KLIMEŠ (1910 AŽ 1981)

V letošním roce uplynulo 60 let od uvedení do provozu Branického mostu v Praze, známého též pod názvem Most intelligence. Jeho autorem je prof. Ing. Dr. Jiří Klimeš, jehož život a dílo je v příspěvku připomenuto.

Jiří Klimeš absolvoval v roce 1934 Vysokou školu inženýrského stavitelství v Praze. Po jednoletém působení v konstrukční kanceláři Škodových závodů v Plzni, kde spolupracoval na projektování lodí, přešel v roce 1935 k Československým státním drahám. Zde pracoval na projektování a výstavbě řady železničních mostů, např. při stavbě druhé koleje trati Hranice – Horní Lideč či mimoúrovňové spojky Drahotuše–Hranice. Po krátkém působení ve Státním ústavu železničního projektování, kde pracovali na obnově válkou zničených mostů na východním Slovensku, pokračoval v této činnosti od roku 1946 na Ministerstvu dopravy ČSR. Zde významně přispěl k zavedení



železového a zejména předpjatého betonu pro stavbu železničních mostů u nás a pod jeho vedením byla v tomto smyslu navržena a postavena, resp. rekonstruována řada železničních přemostění. Dalším významným počinem byl podnět k vypracování vzorových výkresů a výpočtů železničních mostů, ať již deskových ze železobetonu či trámových z předpjatého betonu. Tím byly položeny základy pro následný rozvoj typizace v této oblasti u nás.

V tomto období navrhl Ing. Klimeš též dva obloukové mosty s originálním statickým systémem oblouku sdruženého s rámem, a to most přes zhlaví železniční stanice v Chocni a železniční most v Praze–Braníku. Řešení rozpracoval ve své dizertační práci, kterou obhájil v roce 1949. Most v Braníku má délku 921 m a přemostňuje železniční trať Praha–Plzeň, silnici Strakonickou, Vltavu, inundační území, silnici Modřanskou

Obr. 1 Charakteristické pole železničního mostu v Braníku (přezdívaného též Most intelligence)

