

6 ČERSTVÝ BETON

Čerstvý beton je dle platných norem definován jako beton, který je zcela zamíchán a je v takovém stavu, který umožňuje jeho zhutnění zvoleným způsobem. Před uložením čerstvého betonu do konstrukce nebo formy se vždy provádí průkazní zkoušky, kterými se ověřují vlastnosti vyráběného betonu a posuzuje se shoda s požadavky specifikovanými pro daný beton. Mezi základní průkazní zkoušky čerstvého betonu patří stanovení konzistence, přičemž nejčastěji se provádí zkouška sednutím nebo rozlitím. Mezi další ověřované vlastnosti pak patří stanovení objemové hmotnosti a obsahu vzduchu v čerstvém betonu. Hodnoty zjištěné průkazními zkouškami se pak porovnávají se specifikací vyráběného betonu.

6.1 Výroba a zkoušení čerstvého betonu

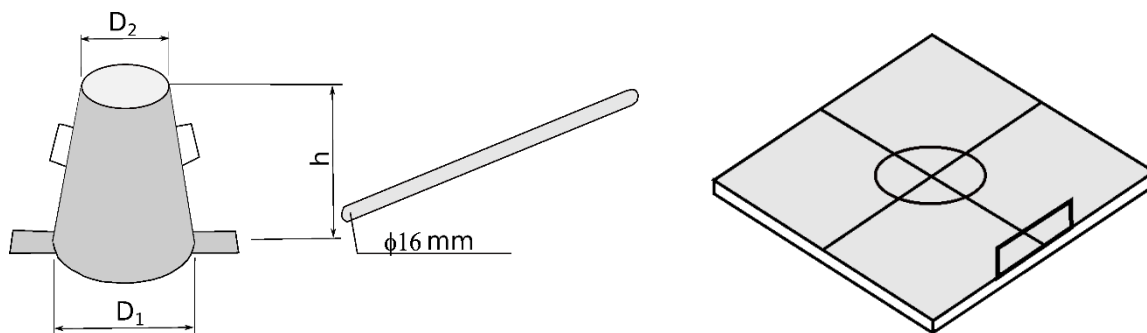
Zásady pro výrobu a zkoušení čerstvého betonu se řídí normami ČSN EN 12350-1 a ČSN EN 206+A2. Čerstvý beton se pro účely cvičení vyrobí z připravené směsi suchých složek betonu a přídavku vody dle doporučení výrobce, nebo dle požadované konzistence betonu. Pro přípravu čerstvého betonu se použije ruční míchadlo a nádoba s objemem minimálně 50 l. Vzhledem k postupu dávkování složek betonu se nádoba nepředvlhčuje. Do nádoby se nejdříve nasype směs suchých složek a za současného míchání se plynule přidává předepsaná dávka vody. Míchání složek betonu se provádí tak dlouho, dokud není beton rovnoměrně promíchán v celém svém objemu. Bezprostředně po umíchání čerstvého betonu se stanoví zpracovatelnost zkouškou sednutím a rozlitím a objemová hmotnost čerstvého betonu.

6.1.1 Zkouška sednutím

Zkouška sednutím dle normy ČSN EN 12350-2 patří mezi základní a nejběžnější způsoby kontroly zpracovatelnosti běžných typů čerstvého betonu s maximálním zrnem kameniva 40 mm. Podstata zkoušky spočívá ve zhutnění čerstvého betonu ve formě tvaru komolého kužele, přičemž konzistence betonu je dána změřenou vzdáleností, o kterou beton poklesl po zvednutí kužele směrem nahoru.

Zkušební zařízení a pomůcky

- Zednická lžice, lopatka, vlhký hadřík.
- Dutý kužel dle ČSN EN 12350-1 s průměrem dolní a horní základny $D_1 = (200 \pm 2)$ mm a $D_2 = (100 \pm 2)$ mm, s výškou $h = (300 \pm 2)$ mm, opatřený držáky a nášlapnými příložkami.
- Propichovací tyč kruhového průřezu s průměrem cca 16 mm a délkou cca 600 mm s oblými konci.
- Pravítko odstupňované od 0 mm do 300 mm s dělením po 1 mm.
- Tuhá podkladní deska s nenasákavým rovným povrchem.
- Násypka.



Obrázek 6.1: Kužel, propichovací tyč a podkladní deska pro zkoušku sednutím.

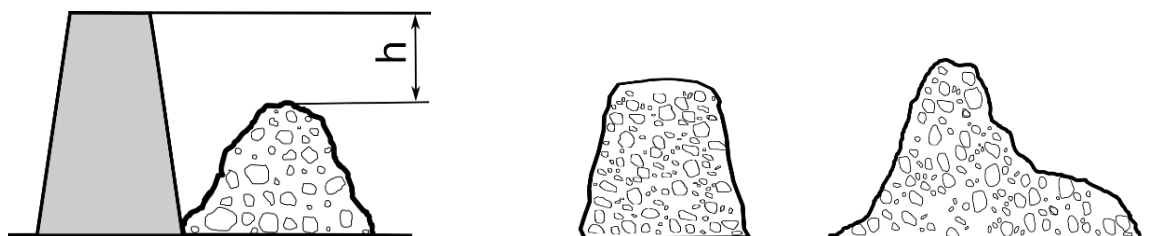
Zkušební postup

Kužel, násypka, podkladní deska a hutnicí tyč se bezprostředně před prováděním zkoušky navlhčí. Kužel opatřený násypkou se postaví na vodorovnou podkladní desku a pevně se přišlápne k podkladní desce. Kužel **se plní ve třech vrstvách** (každá přibližně 1/3 výšky kužele), přičemž každá vrstva **se zhutňuje 25 vpichy** propichovací tyčí rovnoměrně rozloženými po průřezu každé vrstvy. První vrstva se zhutňuje přes celou svou výšku, aniž by tyč narážela na podkladní desku. Druhá a třetí vrstva se hutní přes celou svou výšku tak, aby vpichy mírně zasahovaly do předešlé vrstvy. Při plnění vrchní vrstvy se před zhutňováním přeplní beton nad horní okraj kužele. Po zhutnění vrchní vrstvy se sejme násypka, přebytečný beton se odstraní zednickou lžící a z podkladní desky se odstraní spadlý beton. Během následujících 5 sekund se kužel opatrně odstraní svislým plynulým pohybem nahoru. Celá zkouška od počátku plnění až po zvednutí formy musí probíhat plynule bez přerušení a nesmí trvat déle než 150 sekund.

Okamžitě po zvednutí formy se změří a zaznamená sednutí h s přesností na 10 mm, tj. rozdíl mezi výškou formy a nejvyšším bodem sednutého zkušebního vzorku (viz Obr. 6.2 vlevo).

Výsledek zkoušky je platný pouze tehdy, pokud dojde k symetrickému poklesu betonu bez usmýknutí (viz Obr. 6.2 vpravo).

Na základě změřené hodnoty sednutí h se pak určí stupeň konzistence dle Tab. 6.1.



Obrázek 6.2: Stanovení hodnoty sednutí (vlevo); tvary sednutí – korektní a usmýknuté sednutí.

Tabulka 6.1: Klasifikace konzistence podle sednutí kužele.

Stupeň	Sednutí podle ČSN EN 12350-2 [mm]
S1	10 až 40
S2	50 až 90
S3	100 až 150
S4	160 až 210
S5	≥ 220

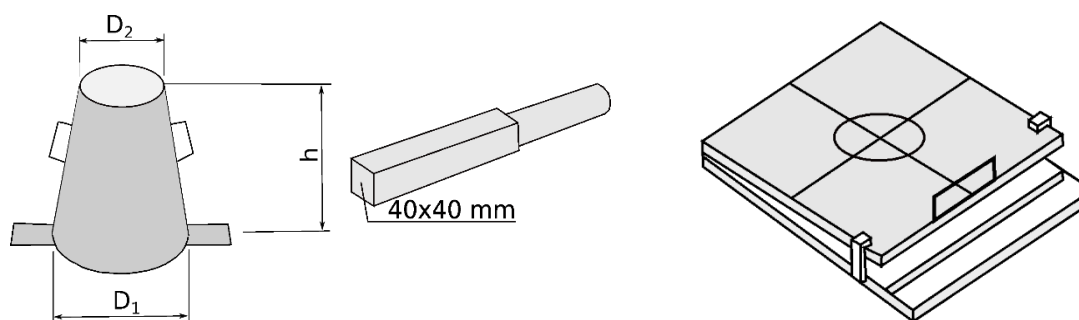
6.1.2 Zkouška rozlitím

Zkouška rozlitím dle normy ČSN EN 12350-5 se používá pro stanovení zpracovatelnosti čerpatelných betonů zejména tam, kde zkouška sednutím již není dostatečně citlivá. Podstata zkoušky spočívá v naplnění čerstvého betonu do formy tvaru komolého kužele, přičemž konzistence betonu je dána změřením průměru rozlitého betonu podrobeného střešání na rovné desce po odstranění kužele směrem nahoru.

Zkušební zařízení a pomůcky

- Zednická lžice, lopatka, vlhký hadřík.
- Dutý kužel dle ČSN EN 12350-2 s průměrem dolní a horní základny $D_1 = (200 \pm 2)$ mm a $D_2 = (130 \pm 2)$ mm, s výškou $h = (200 \pm 2)$ mm, opatřený držáky a nášlapnými příloškami.
- Dusadlo čtvercového průřezu s rozměry 40×40 mm a délkou cca 200 mm s rukojetí délky 120 – 150 mm.
- Střešací stolek, který se skládá z horní rovné pohyblivé desky o ploše (700 ± 2) mm $\times$ (700 ± 2) mm, na kterou se ukládá beton, a která je odklápěcí od pevného podkladu, na který může dopadat z nastavené výšky. Uprostřed desky musí být vyznačen kříž a kružnice o průměru (210 ± 1) mm.

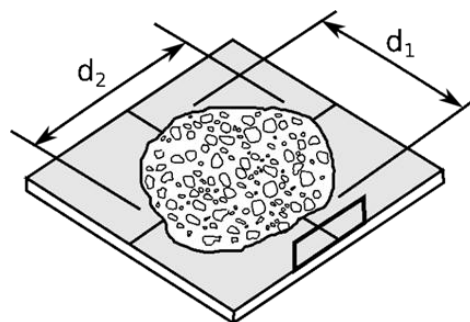
- Měřicí pásmo.
- Násypka.



Obrázek 6.3: Kužel, hutnicí tyč a podkladní deska pro zkoušku rozlitím.

Zkušební postup

Kužel, násypka, střešací stolek a dusadlo se bezprostředně před prováděním zkoušky navlhčí. Kužel opatřený násypkou se postaví na střešací stolek umístěný na rovném, vodorovném povrchu, který není ovlivňován vibrací a otřesy. Kužel se umístí na střed horní desky a pevně se přišlápne. Naplní se rovnoměrně betonem **ve dvou stejných vrstvách**, přičemž každá vrstva se **zarovná lehkým dusáním 10krát dusadlem**. Při plnění vrchní vrstvy se před dusáním přeplní beton nad horní okraj kužele. Po zarovnání vrchní vrstvy se sejme násypka, přebytečný beton se odstraní zednickou lžící a horní plocha desky se očistí od betonu. Po cca 10 až 30 sekundách od urovnání horního povrchu se kužel zvedne svisle nahoru. Poté se střešací stolek stabilizuje přišlápnutím v přední části, horní deska se plynule nadzvedne k horním zarážkám a nechá se volně dopadnout na spodní podložku. Tento cyklus se opakuje **celkem 15krát s frekvencí 1krát za cca 1 sekundu**. Pravítkem se pak změří největší rozměr rozlitého betonu ve dvou navzájem kolmých směrech d_1 a d_2 vedených rovnoběžně s hranami stolku (viz Obr. 6.4). Dále se zkontroluje rozlití betonu s ohledem na segregaci – zpravidla se kolem rozlitého betonu vytvoří prstenec cementové kaše v šířce několika milimetrů. Pokud se segregace objeví, zaznamená se do protokolu.



Obrázek 6.4: Stanovení hodnoty rozlití.

Výpočet hodnoty rozlití f je dán vztahem:

$$f = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad 6.1$$

d_1 maximální rozměr rozlitého betonu, rovnoběžně s jednou stranou stolu v mm;

d_2 maximální rozměr rozlitého betonu, rovnoběžně s druhou stranou stolu v mm.

Výsledek se uvádí zaokrouhlený na nejbližších 10 mm. Na základě vypočtené hodnoty rozlití se pak určí stupeň konzistence dle Tab. 6.2.

Tabulka 6.2: Klasifikace konzistence podle rozlití.

Stupeň	Rozlití podle ČSN EN 12350-5 [mm]
F1	≤ 340
F2	350 až 410
F3	420 až 480
F4	490 až 550
F5	560 až 620
F6	≥ 630

6.1.2 Objemová hmotnost

Ověření hodnoty objemové hmotnosti čerstvého betonu dle normy ČSN EN 12350-6 je jedním z dalších kroků, které se provádějí v souvislosti s posouzením shody s požadavky specifikovanými pro daný beton. Metoda předepsaná normou nemusí být vhodná pro velmi tuhý (zavlhlý) beton, který se nedá hutnit běžnou vibrací. Podstata zkoušky spočívá ve zhutnění čerstvého betonu v tuhé vodotěsné nádobě známého objemu a hmotnosti, ve které je následně zvážen.

Zkušební zařízení a pomůcky

- Zednická lžice, lopatka, vlhký hadřík.
- Nádobka vodotěsná, dostatečně tuhá, z nenasákavého materiálu s hladkým povrchem, jejíž nejmenší rozměr je minimálně čtyřnásobek maximální nominální velikosti částic v betonu (zpravidla kameniva, případně vláken).
- Vybavení na zhutnění betonu shodné s vybavením pro hutnění zkušebních těles (zpravidla vibrační stůl nebo propichovací tyč, bez zhutňování u samozhutnitelných betonů).
- Váhy.
- Srovnávací pravítko.

Zkušební postup

Vzorek betonu se musí před prováděním zkoušky rovnoměrně promíchat. Nádobka pro měření se očistí a navlhčí hadříkem bezprostředně před prováděním zkoušky. Nejprve se vážením zjistí hmotnost nádoby m_1 a zaznamená se do protokolu. Nádobka se pak plní betonem v závislosti na konzistenci a metodě hutnění v tolika vrstvách, aby se dosáhlo úplného zhutnění. Ve cvičeních se nádobka bude **plnit ve dvou vrstvách**, přičemž každá vrstva se zhutní stejným způsobem jako budoucí zkušební tělesa. Při použití vibračního stolu musí být nádobka pevně přitlačena ke stolu. Hutnění nesmí být doprovázeno nadměrnou segregací a odlučováním vody. Po zhutnění horní vrstvy se zarovná povrch betonu do roviny s horním okrajem nádoby zednickou lžicí, přebytečný beton se odstraní srovnávacím pravítkem a vnější povrch nádoby se očistí od zbytků betonu. Naplněná nádobka se zváží a zjistí se hmotnost m_2 . Objemová hmotnost D se vypočítá dle vzorce:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad 6.2$$

D	objemová hmotnost čerstvého betonu v kg/m^3 ;
m_1	hmotnost prázdné nádoby v kg;
m_2	hmotnost naplněné nádoby se zhutněným betonem v kg;
V	objem nádoby v m^3 .

Objemová hmotnost čerstvého betonu se zaokrouhlí na nejbližších 10 kg/m^3 .

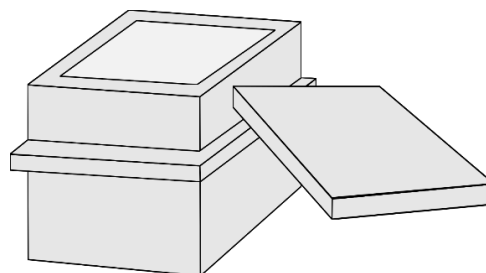
6.2 Výroba zkušebních těles

Zkušební tělesa se vyrábí za účelem kontroly kvality ztvrdlého betonu a shody se specifikací danou pro ztvrdlý beton. Výroba zkušebních těles musí být v souladu s požadavky norem ČSN EN 12350-1, ČSN EN 12390-1 a ČSN EN 12390-2, které určují postupy pro odběr vzorků čerstvého betonu, požadavky na tvar a rozměr zkušebních těles a forem a výrobu zkušebních těles. Mezi základní ověřované charakteristiky ztvrdlého betonu obsažené ve specifikaci betonu patří pevnost betonu v tlaku, kdy se posuzuje shoda s pevnostní třídou vyráběného betonu. U lehkých či těžkých betonů se také vyžaduje shoda s požadavky specifikovanými pro objemovou hmotnost ztvrdlého betonu. Mezi doplňující požadavky obsažené ve specifikaci betonu pak patří požadavky na hodnotu pevnosti v příčném tahu, odolnosti proti průsaku tlakovou vodou, ohrusu, modulu pružnosti, smršťování atp.

6.2.1 Tělesa pro zkoušky pevnosti a modulu pružnosti

Vzorek betonu se musí před výrobou zkušebních těles rovnoměrně promíchat. Pro stanovení pevnosti v tlaku se vyrobí zkušební tělesa ve tvaru krychle o hraně 150 mm nebo válce o průměru 150 mm a výšce 300 mm. Pro stanovení pevnosti v prostém tahu, tahu ohybem, či modulu pružnosti se vyrobí tělesa ve tvaru hranolu s příčným rozměrem 100 mm × 100 mm a délkou 400 mm. Pro výrobu se použijí plastové nebo ocelové formy doplněné víkem nebo polyethylenovou fólií (ilustrativní příklad viz Obr. 6.5). Před plněním se na vnitřní povrch forem nanese tenká vrstva separačního prostředku, aby se zabránilo přilnutí betonu k formě. **Beton se do forem ukládá vždy ve dvou vrstvách**, přičemž každá vrstva musí být řádně zhutněna tak, aby byl z betonu vypuzen přebytečný vzduch a zároveň aby nedocházelo k segregaci jednotlivých složek betonu a nadměrnému odlučování vody. Postup výroby zkušebních těles popisuje norma ČSN EN 12390-2.

K hutnění se použije vibrační stůl, povrch se urovná zednickou lžící. Po naplnění forem a zarovnání povrchu se formy přikryjí víkem nebo polyethylenovou fólií, aby nedocházelo k nadměrnému odpařování vody z povrchu betonu. Zkušební tělesa se odformují nejdříve po 16 hodinách zrání (zpravidla po 24 hodinách) a nejpozději ve stáří 3 dny. Po odformování se tělesa uloží do vodní lázně s teplotou $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ nebo v místnosti s teplotou $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkostí vzduchu $\geq 95\%$ až do doby plánovaného zkoušení.



Obrázek 6.5: Forma pro krychli.

6.2.2 Tělesa a zařízení pro měření smrštění betonu

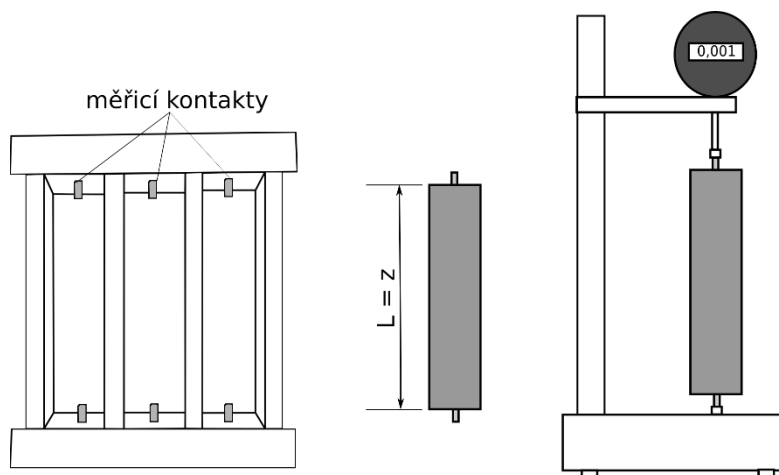
Smrštění betonu je objemová změna betonu, způsobená chemickými a fyzikálními procesy, doprovázející zrání betonu bez působení mechanického zatížení. Projevuje se změnou absolutního objemu pevné fáze a změnou vnějších rozměrů zkušebního tělesa či prvku konstrukce. V praxi rozlišujeme několik typů smrštění, které se liší podstatou jejich vzniku a jejich významnost se mění v závislosti na fázi zrání betonu. V současné době jsou v ČR v platnosti dvě normy pro stanovení smrštění betonu, a to norma ČSN 73 1320 z roku 1987 a norma ČSN EN 12390-16 z února roku 2020. Obě tyto normy se zabývají stanovením volného smrštění betonu především vlivem vysychání. Princip zkoušky spočívá ve stanovení poměrných délkových přetvoření hranolů, které se vynášejí do grafů v závislosti na čase. Současně se zakresluje průběh teplot a změn vlhkosti vnějšího prostředí. Jako doprovodná veličina je sledován také vývoj hmotnostních úbytků v čase způsobený vysycháním betonu. Zjištěné hodnoty pak slouží jako podklad ke stanovení skutečných hodnot objemových změn betonu pro účely navrhování a posuzování betonových konstrukcí. V rámci cvičení se pro stanovení vývoje smrštění betonu vlivem vysychání vyrobí celkem 3 zkušební tělesa ve tvaru hranolu s nominálními rozměry 40 × 40 × 160 mm. Tyto rozměry splňují požadavky na minimální rozměr zkušebních těles s ohledem na velikost maximálního zrna kameniva použitého betonu. Zkušební tělesa se vyrobí do ocelových trojforem, odpovídajících požadavkům ČSN EN 196-1, které mají v protilehlých čelech připravené středové otvory pro upevnění měřicích kontaktů, určených pro zapuštění do zkušebních těles (viz Obr. 6.6 vlevo).

Zkušební zařízení a pomůcky

- Zednická lžice, lopatka, vlhký hadřík.
- Forma ocelová dle ČSN EN 196-1 s otvory pro měřicí kontakty.
- Měřicí kontakty určené k zabetonování do zkušebních těles.
- Přístroj k měření délky zkušebních těles s rozsahem měření nejméně ± 5 mm a s přesností měření $\pm 0,001$ mm, vybavený vhodnými nástavci pro osazení zkušebních těles.
- Kalibrační tyč (etalon) s měřicí základnou délky (160 ± 1) mm, vyrobená z invaru nebo materiálu s podobnou délkovou roztažností v celém rozsahu zkušebních teplot.
- Vibrační stůl, dusadlo, srovnávací pravítko.

Zkušební postup

Do protokolu se zaznamená datum a čas okamžiku smíchání suchých složek betonu s vodou. Vzorek betonu se musí před výrobou zkušebních těles rovnoměrně promíchat. Před plněním se vnitřní povrch forem nejdříve opatří tenkou vrstvou separačního prostředku a poté se do připravených otvorů vloží měřicí kontakty, tak aby se s nimi během plnění formy nepohnulo. Pro bezpečné zajištění polohy kontaktů je možné otvory zaplnit formovací hmotou, do níž se kontakty zatlačí a přebytečná hmota se pečlivě odstraní. Formy se plní ve dvou vrstvách, přičemž každá vrstva se opatrně zhutní na vibračním stole nebo pomocí dusadla, které se také použije pro zapracování betonu okolo přechnívajících částí kontaktů. Horní vrstva betonu se před zhutňováním mírně přeplní, přebytečný beton se odstraní zednickou lžící a povrch se zarovná srovnávacím pravítkem. Po uhlazení betonu se forma překryje polyetylenovou fólií, aby nedocházelo k nadměrnému odpařování vody z betonu.



Obrázek 6.6: Stanovení smrštění: forma pro výrobu, zkušební těleso, měřicí přístroj.

Tělesa se vyjmou z formy ve stáří (24 ± 1) hodin od smíchání suchých složek s vodou. Před provedením prvního měření se zkontroluje osazení měřicích kontaktů a kontakty se očistí od zbytků formovací hmoty. Tělesa s nevhodně osazenými kontakty se vyřadí ze zkušební sady. Tělesa se označí jednoznačným identifikátorem, opatří se ustavovací značkou v horním rohu tělesa, a zaznamenají se počáteční hodnoty hmotnosti m_0 a délky L zkušebních těles (pro účely cvičení se bude uvažovat nominální délka těles $L = 160 \text{ mm}$). Odečet na měřicím přístroji (viz Obr. 6.6 vpravo) se nejprve zkontroluje pomocí kalibrační tyče $l_{e1}(t_0)$. Poté se provede počáteční odečet $l(t_0)$ pro každé zkušební těleso na měřicím přístroji (viz Obr. 6.6 vpravo). Po dokončení série měření se provede opakovaný odečet s kalibrační tyčí $l_{e2}(t_0)$. Obě měření provedená s kalibrační tyčí se pro každou sérii měření zprůměrují a slouží ke korekci délkových změn zaznamenaných na zkušebních tělesech příslušné série. Poloha zkušebních těles a kalibrační tyče v měřicím přístroji musí být po celé období měření stejná – **ustavovací značka bude vždy vpředu nahoře**. Analogicky se bude měření délek provádět ve stáří betonu 1 a 7 dní, a dále v intervalu 7 dní. Současně s měřením délky se bude zaznamenávat také hmotnost jednotlivých zkušebních těles pro vyhodnocení vývoje hmotnostních úbytků vlivem vysychání.

Zkušební tělesa budou po celé sledované období uložena na perforovaných roštích a vystavena volnému vysychání v laboratoři s nestálou teplotou a relativní vlhkostí okolního vzduchu, proto je u každého měření nutné zaznamenávat aktuální hodnotu teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Délkové změny zaznamenané na kalibrační tyči se vypočítají dle vztahu:

$$\Delta l_e(t_i) = \frac{l_{e1}(t_i) + l_{e2}(t_i) - l_{e1}(t_0) - l_{e2}(t_0)}{2} \quad 6.3$$

$\Delta l_e(t_i)$ průměrná délková změna kalibrační tyče v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v mm;

$l_{e1}(t_0)$ počáteční odečet v měřicím přístroji v čase t_0 před zahájením měření série v mm;

$l_{e2}(t_0)$ počáteční odečet v měřicím přístroji v čase t_0 po dokončení měření série v mm;
 $l_{e1}(t_i)$ odečet v měřicím přístroji v čase $t_i = 1, 7, 17, \dots$ dní před zahájením měření série v mm;
 $l_{e2}(t_i)$ odečet v měřicím přístroji v čase $t_i = 1, 7, 17, \dots$ dní po dokončení měření série v mm.

Vývoj smrštění jednotlivých zkušebních těles se stanoví dle vztahu:

$$\varepsilon(t_i) = \frac{\Delta l(t_i)}{z} = \frac{l(t_i) - l(t_0) - \Delta l_e(t_i)}{z} \quad 6.4$$

$\varepsilon(t_i)$ smrštění zkušebního tělesa v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v mm/m;
 $\Delta l(t_i)$ délková změna zkušebního tělesa v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v mm;
 $l(t_0)$ počáteční odečet v měřicím přístroji v čase t_0 v mm;
 $l(t_i)$ odečet v měřicím přístroji v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v mm;
 $\Delta l_e(t_i)$ průměrná délková změna kalibrační tyče v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v mm;
 z délka měřicí základny – v tomto případě se rovná délce zkušebního tělesa L v m.

Vývoj hmotnostních úbytků jednotlivých zkušebních těles se stanoví dle vztahu:

$$\Delta m(t_i) = \frac{m(t_i) - m(t_0)}{m_0} \cdot 100 \quad 6.5$$

$\Delta m(t_i)$ hmotnostní úbytek v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v %;
 $m(t_0)$ hmotnost zkušebního tělesa v čase t_0 v g;
 $m(t_i)$ hmotnost zkušebního tělesa v čase $t_i = 1, 7, 14, \dots$ dní v g;
 m_0 počáteční hmotnost zkušebního tělesa po vyjmutí z formy v g; pro potřeby cvičení platí:
 $m(t_0) = m_0$ (reálně tomu tak být nemusí).

Vývoj smrštění a hmotnostních úbytků v čase se vypočítá pro každé zkušební těleso zvlášť. Výsledné smrštění a hmotnostní úbytky betonu v čase se pak vypočítají jako aritmetický průměr měření provedených pro jednotlivá zkušební tělesa. Výsledkem měření je grafický výstup závislosti vývoje smrštění a hmotnostních úbytků v čase a vývoj teplot a relativní vlhkosti vzduchu (RH) okolního prostředí v čase.

Protokol ČERSTVÝ BETON	B2
Vyučující:	

Datum a čas okamžiku smíchání suchých složek s vodou:

Identifikace betonu:

Maximální zrno kameniva:

Údaj o spotřebě vody:

Teplota a vlhkost okolního prostředí v den výroby:

ZPRACOVATELNOST A OBJEMOVÁ HMOTNOST

Záznam o provedení měření.

Typ zkoušky	Naměřená hodnota			Klasifikace konzistence dle ČSN EN 206+A2
Zkouška sednutím [ČSN EN 12350-2]	h			
Zkouška rozlitím [ČSN EN 12350-5]	d ₁	d ₂	f	

Záznam o provedení měření.

Typ zkoušky	Hmotnost prázdné nádoby	Objem nádoby	Hmotnost naplněné nádoby	Objemová hmotnost čerstvého betonu
Objemová hmotnost [ČSN EN 12350-6]				

VÝROBA ZKUŠEBNÍCH TĚLES

Záznam o výrobě.

Tvar tělesa	Nominální rozměry	Počet těles	Typ zkoušky

STANOVENÍ VÝVOJE SMRŠTĚNÍ BETONU

Záznam měření.

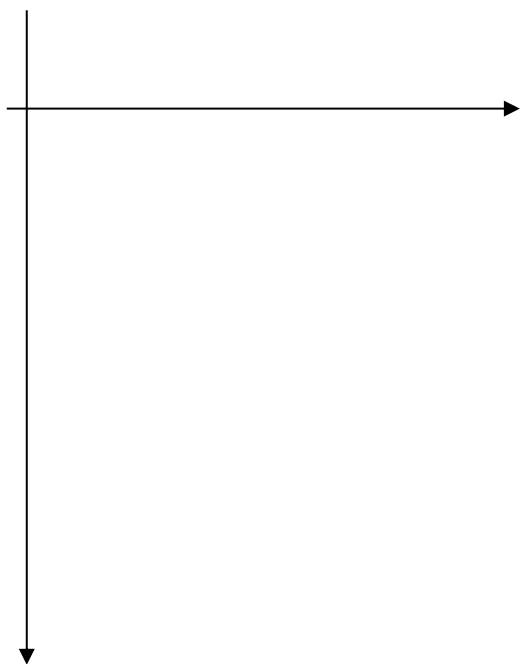
Číslo měření	Datum a čas	T [°C]	RH [%]	$l_1(t_i)$ [mm]	$l_2(t_i)$ [mm]	$l_3(t_i)$ [mm]	etalon [mm]		$m_1(t_i)$ [g]	$m_2(t_i)$ [g]	$m_3(t_i)$ [g]

Vyhodnocení měření.

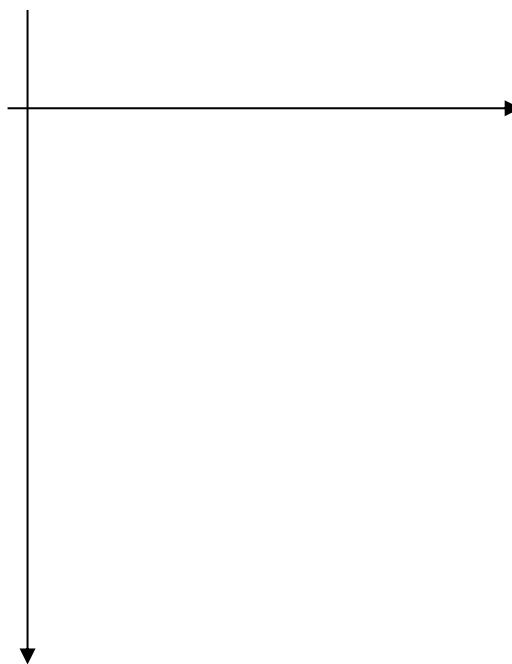
Stáří [dny]	T [°C]	RH [%]	ε_1 [mm/m]	ε_2 [mm/m]	ε_3 [mm/m]	ε [mm/m]	Δm_1 [%]	Δm_2 [%]	Δm_3 [%]	Δm [%]

Grafické znázornění výsledků měření lze vynést ručně do předpřipravených obrázků na další straně, nebo lze grafy připravené ve vhodném programu (např. MS Excel) do protokolu vlepít.

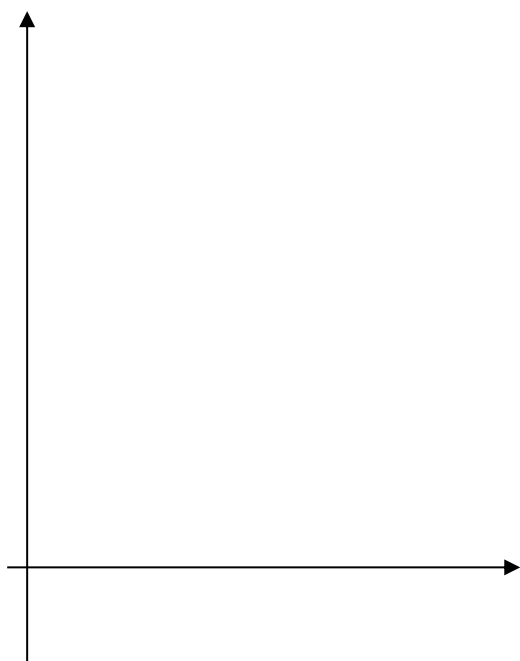
Graf 1: Vývoj smrštění v čase



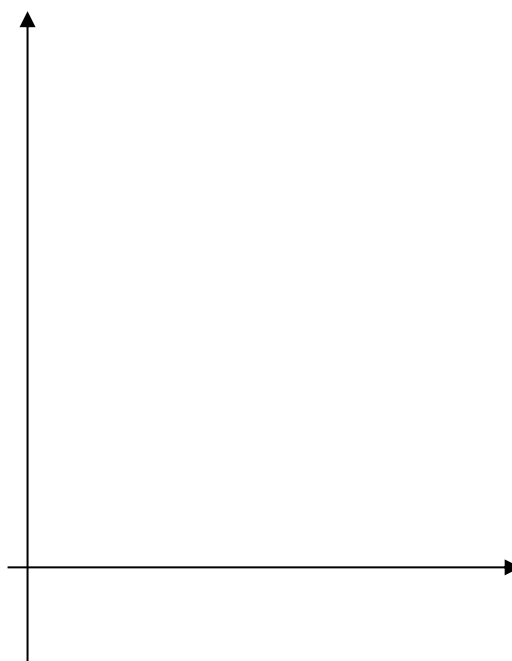
Graf 2: Vývoj hmotnostních úbytků v čase



Graf 3: Vývoj okolní teploty v čase



Graf 4: Vývoj rel. vlhkosti vzduchu v čase



Zkoušky provedl/a a protokol zpracoval/a:
