

ZKOUŠENÍ SVĚTLOSTÁLOSTI ANORGANICKÝCH PIGMENTŮ V BETONU

LIGHT STABILITY TESTING OF INORGANIC PIGMENTS IN CONCRETE

JAN PŘIKRYL

Barevný odstín probarvených betonových povrchů je důležitou vlastností dekorativních betonových prvků či betonů pohledových. Důležitým faktorem je i dlouhodobá odolnost barevného betonového povrchu vůči UV záření a povětrnosti, čili barevná světlostálost. V případě užití kvalitních stálobarevných anorganických pigmentů, které jsou zakotveny v kvalitní betonové matici, lze očekávat nezměněný barevný odstín betonového povrchu po desetiletí. Colour shade of coloured concrete surfaces is important property of decorative concrete members and the exposed concretes. Long-time durability of coloured concrete surfaces against UV radiation and climatic treatment, which is called light stability, is also important factor. Unchanged shade of concrete surface for many years can be expected in the case of using ultra light resisting inorganic pigments embodied in durable concrete matrix.

ZKOUŠENÍ ANORGANICKÝCH PIGMENTŮ V BETONU

Největší český výrobce anorganických pigmentů, přerovská Precheza, jejíž železité pigmenty jsou distribuovány po desítkách zemí po celém světě, zřídila v roce 2004 České technologické centrum pro anorganické pigmenty. Centrum v rámci výzkumné činnosti testuje i světlostálost anorganických pigmentů na dvou povětrnostních stanicích. Po dobu dlouholetého výzkumu je neustále simulováno vystavení barevného betonu v reálném prostředí. Obě povětrnostní stanice byly vybrány tak, aby modelovaly jednak prostředí městské aglomerace, to v případě povětrnostní stanice Precheza, a jednak horské prostředí s vyšším srážkovým úhrnem, vyššími teplotními rozdíly mezi dnem a nocí a vyšším UV zářením, které je obvyklé na povětrnostní stanici Vičanov v Hostýnských vrších. Obě stanice jsou vybaveny malou meteorologickou stanicí, která dálkově přenáší data, jež jsou ukládána do vyhodnocovacího softwaru v PC.

VÝROBA PROBARVENÉHO BETONU

Příprava betonových vzorků probíhá částečně dle normy ČSN EN 196-1 „Metody zkoušení cementu – Část 1: Stanovení pevnosti“ [1]. Dávka vody byla upravena snížením vodního součinitele na hodnotu 0,35. Nižší vodní součinitel dotváří recepturu podobnou nášlapným vrstvám vibrolisovaných zámkových dlažeb, ve kterých jsou anorganické železité pigmenty nejčastěji užívány.

Navážené suroviny jsou postupně dávkovány do míchačky. Nejprve je míchána při pomalejších otáčkách (140 ot.min⁻¹) suchá směs písku, cementu a pigmentu (obvykle 5 % z hmotnostního množství pojiva), po minutě míchání je přidána záměsová voda. Betonová malta s vodou je dále míchána pomalejšími otáčkami, jednu minutu poté je míchání zastaveno. Stěrkou je oddělena betonová malta od stěn míchací nádoby a následně je pokračováno v míchání dvě minuty rychlejšími otáčkami (285 ot.min⁻¹).

Takto připravená betonová malta je uložena pomocí stěrky a ocelové násypky do trojformy 160 × 40 × 40 mm, umístěné na vibračním stolku. Malta je ve formě vibrována 2 min při amplitudě 0,75 mm. Následně je ocelová forma uložena do zrací komory. Po 24hodinovém zrání a odformování je betonový vzorek uložen ve vlhké zrací komoře (relativní vlhkost minimálně 90 %) dalších dvacet sedm dní.

Po dvaceti osmi dnech zrání jsou trámečky spektrofotometricky měřeny pouze na spodní ploše 160 × 40 mm, na níž je beton při vibraci v kontaktu s rovnou ocelovou podložkou a ztvrdlý povrch betonu lze následně přesně spektrofotometricky měřit.

K vypočtení průměrné barevné souřadnice vzorku je měřeno pět kruhových ploch o průměru 25 mm. Tyto plochy jsou dány rozměrem měřícího otvoru spektrofotometru. Geometrie měření spektrofotometru je 45°/0°. Pro přesné měření je potřeba přístroj před měřením kalibrovat pomocí bílé kachle a černé světelné pasty. Použité osvětlení je D65,

normalizované denní světlo s pozorovatelem 10°. Vzorky jsou následující den po proměření vystaveny na povětrnostní stanici, kde jsou ukládány do stojanů z nerez-oceli, které jsou otočeny na jih se sklonem konstrukce 45° (obr. 1).

HODNOCENÍ SVĚTLOSTÁLOSTI PIGMENTŮ V BETONU

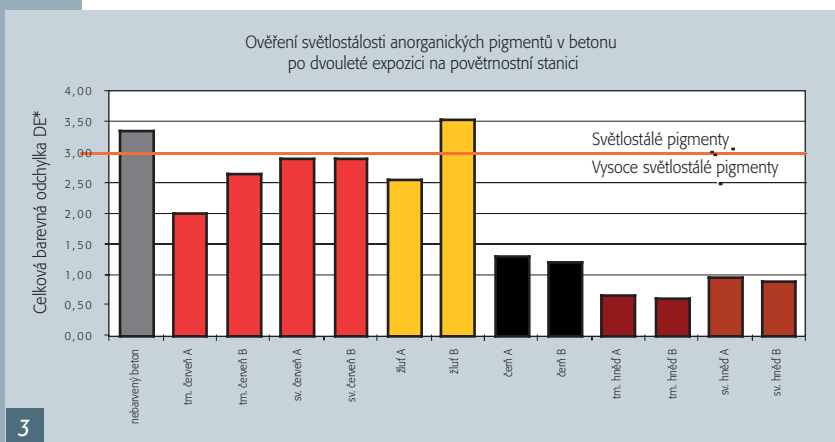
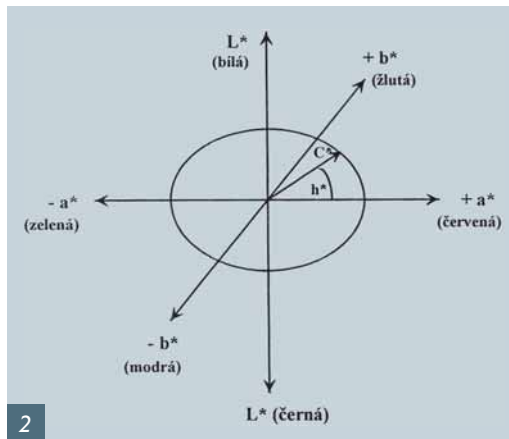
Světlostálost, neboli odolnost vůči vlivu slunečního světla je hodnocena z výsledků měření barevnosti probarvených betonových trámečků. Měření se provádí spektrofotometrem MiniScan XE firmy Hunter-Lab. Přístroj umožňuje měření barevnosti v prostoru CIE 1976 L* a* b*, což je zjednodušená verze Adams-Nickersonova prostoru, který je grafickým zobrazením bodu v barevném prostoru L*, a*, b* (v pravoúhlých souřadnicích) nebo L*, C*, h° (v cylindrických souřadnicích). Přístroj je propojen s počítačem a barevné parametry vyhodnocuje pomocí programu Universal.

Pro hodnocení světlostálosti je porovnávána barevnost série vzorků, které jsou uschovány na suchém a temném místě, se sérií vzorků, jež byly vystaveny na povětrnostní stanici po určitý časový interval. Po 1, 3, 6, 12 a 24měsíční expozici jsou vzorky vždy přeneseny ze stanice do laboratoře, kde jsou tři dny aklimatizovány volným schnutím, poté je změněna barevná souřadnice jak na exponovaných, tak na neexponovaných (referenčních) vzorcích. Výsledkem je porovnání barevných odchylek u vzorků exponovaných a neexponovaných. Velikost celkové barevné odchylky DE* je nepřímo úměrná světlostálosti. Celková barevná diference DE* (ΔE_{CIE}^*) je vypočtena dle rovnice:

$$\Delta E_{CIE}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

kde souřadnice L* odpovídá jasu, a* a b* vyjadřují barevný tón [2].

Po proměření jsou vzorky opět vystaveny na povětrnostní stanici. Doba vystavení se uvádí ve dnech a celkové vyhodnocení světlostálosti lze provést nejdříve po dvouletém vystavení [3].



Obr. 1 Probarvené betonové vzorky na povětrnostní stanici Vičanov
Fig. 1 Coloured concrete samples at the weathering station in Vičanov

Obr. 2 Pravoúhlé a cylindrické souřadnice CIE 1976 L*a*b* prostoru
Fig. 2 Rectangular and cylindrical coordinates of space CIE 1976 L*a*b*

Obr. 3 Ověření světlostálosti anorganických pigmentů v betonu po dvouleté expozici na povětrnostní stanici
Fig. 3 Two-years weathering resistance of iron pigments in concrete

Obr. 4 Detaily povrchů barevných betonů po dvouletém vystavení na povětrnostní stanici Vičanov, srovnání s referenčními povrchy i s pigmenty organickými.
Fig. 4 Details of coloured concrete surfaces after two years at the weathering station in Vičanov, compared with reference surfaces and also organic pigment

Tab. 1 Meziroční porovnání povětrnostních stanic
Tab. 1 Annual statistics of weathering stations

Povětrnostní stanice	Celková dávka		
	Solární energie [kWh/m ²]	Srážky [mm]	Průměrná roční teplota [°C] ²⁰⁰⁸
Precheza (205 m. n. m)	2160	724	10,9
Vičanov (685 m. n. m)	2036	1307	8,1
rozdíl (V - P) [%]	-5,74	+80,52	25,69

PŮSOBENÍ KLIMATICKÝCH SLOŽEK NA SVĚTLOSTÁLOST BAREVNÉHO BETONU

Díky možnosti srovnávat zcela odlišná prostředí povětrnostních stanic Precheza a Vičanov jsme získali informace o vlivu jednotlivých složek klimatu a jejich působení na barevné změny barevných betonových vzorků. V tab. 1. jsou uvedeny vybrané veličiny s největším vlivem na stálobarevnost, a to celková dávka solární energie a srážky dopadající na vzorky jak na stanici Precheza, tak na stanici Vičanov. Z rozdílů těchto dvou hlavních sledovaných povětrnostních parametrů lze říci, že se stanice neliší v množství dopadající solární energie (vzdálenost mezi stanicemi je pouze 65 km), ale za povšimnutí stojí zvýšené množství srážek o + 80,5 % na hor-

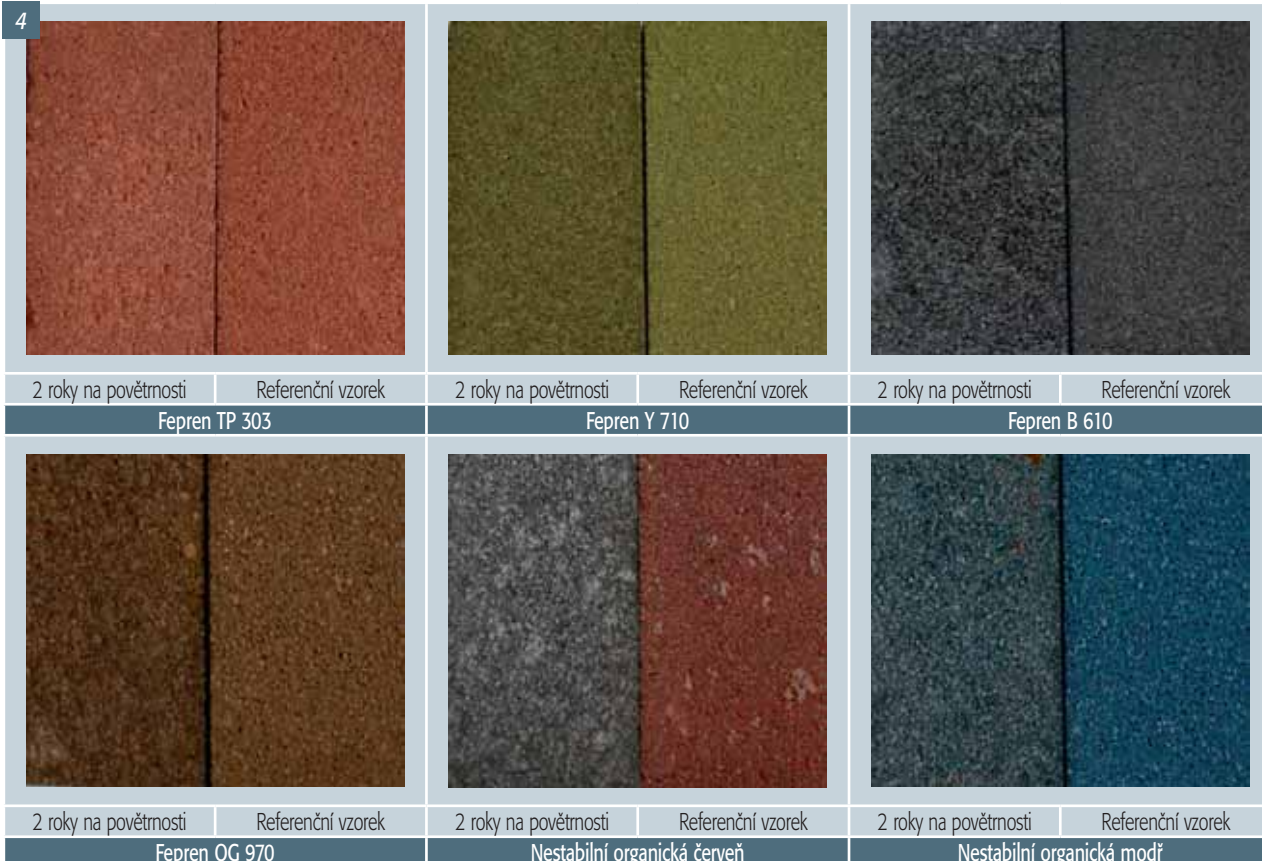
ské povětrnostní stanici Vičanov v nadmořské výšce 685 m. n. m (rozdíl nadmořských výšek obou stanic je 480 m). Pro zjištění vlivu rozdílných srážek jsou srovnány celkové barevné odchylky DE* párovým T-testem na hladině významnosti 7,5 % u vzorků na stanici Vičanov a Precheza. Výsledným rozdílem je číselná hodnota 0,443, což dokazuje, jak je výrazný i vliv srážek na světlostálост probarveného betonu. Toto zjištění dozajista koresponduje s vyšší erózí jemných částic z povrchu betonu právě díky zvýšenému množství srážek, kdy v kombinaci s mrazovými cykly dochází i k degradaci povrchu betonu. Empirickým zjištěním byly v interní metodice rozděleny pigmenty na tzv. „vysoce světlostálé“, jež vykazují odchylku DE* po dvou letech do hodnoty 3

a „světlostálé“ pigmenty, které by pak měly vykazovat odchylky DE* mezi 3 až 6. Pro zjištění celkové barevné odchylky DE* (obr. 3) byly srovnávány vždy dva pigmenty stejného chemického složení a stejného odstínu, kdy vzorky betonu s označením A obsahovaly pigmenty Fepren.

SVĚTLOSTÁLOST ANORGANICKÝCH PIGMENTŮ V BETONU

Interní metodika stanovení světlostálosti byla vyvinuta v souladu s příslušnou normou ČSN EN 12878 [3]. Dlouhodobé zkoušení světlostálosti na povětrnosti prokázalo srovnatelnou kvalitu anorganických pigmentů na bázi oxidů železa, a to ve smyslu srovnání světlostálosti pigmentů od různých světových výrobců. Výsledné barevné odchylky na betonových vzor-

4



cích prokazují velmi podobný trend barevných změn. U všech železitých pigmentů probíhá stejná barevná změna, která se utváří v počátečních údobích expozice barevných betonových povrchů. Výrazná barevná změna se vyskytla i u neprobarveného betonu z šedého cementu, což potvrzuje předchozí úvahy o velmi výrazném vlivu změny barvy samotné cementové matrice, jež se mění v závislosti na tvorbě hydratačních produktů cementu v čase. Změnou matrice jsou pak ovlivněny zejména světlé odstíny žlutí a červení, tmavé odstíny černí a hnědí šedý povrch betonu více překrývají ve smyslu subtraktivního mísení barev.

Reálné změny barvy povrchu dokumentuje obr. 4., kde jsou vyfoceny povrchy betonu s anorganickými pigmenty na snímcích po dvouletém vystavení povětrnosti (vždy vlevo) a vpravo pak referenční vzorky, které byly uloženy na temném a suchém místě. Pro srovnání stálobarevnosti jsou zařazeny také pigmenty organické, které jsou obecně UV nestabilní a vlivem povětrnosti se výrazně mění barva betonového povrchu již po jednom měsíci expozice [4].

Zkoušky světlostálosti na povětrnostních stanicích se ukazují jako přesněj-

ší a průkaznější metodika v predikci stálobarevnosti barevných betonových povrchů, navíc odpovídají skutečné barevné změně betonového výrobku, než je tomu např. u zrychlených testů v QUV panelech. Zkoušky světlostálosti barevného betonu v QUV panelech (fluorescentní UV aparatura koncipovaná dle ASTM G 154-00) lze považovat pouze za orientační, jelikož na vzorcích betonů, díky působení cyklické kondenzace a transferu vlhkosti, enormně vznikají vápenné výkvěty, čili povrchy výrazně světlají (roste souřadnice L^*). Dále zde nedochází k téměř žádné mechanické námaze na povrchu vlivem deště, větru či dokonce mrazu. Zrychlené testy světlostálosti v QUV panelu jsou prováděny dle standardu ASTM D 4587-01 – **Standard Practice for Fluorescent UV-Condensation Exposures of Paint and Related Coatings**, který je koncipován především pro nátěrové barvy.

Oproti tomu na povětrnostních stanicích vzorky již během prvního půl roku vystavení výrazně tmavnou (klesá souřadnice L^*) a mírně ztrácí sytost (klesá C^*). K těmto změnám dochází právě vlivem vodní a větrné eroze jemných částic pigmentu či jemných pískových frakcí z povrchu betonových vzorků. Po uplynu-

Literatura:

- [1] ČSN EN 196-1 – Metody zkoušení cementu. Část 1: Stanovení pevnosti, 2005
- [2] Šulcová P.: Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení, Univerzita Pardubice, ISBN 80-7194-305-3, 2000
- [3] ČSN EN 12878, Pigmenty pro vybarvování stavebních materiálů na bázi cementu a/nebo vápna – Specifikace a zkušební postupy, 2005
- [4] Hela R., Příkrýl J.: Pohledové povrchy stavebních konstrukcí. Stavitel, 2007, roč. 2007, č. 12, s. 14–15. ISSN: 1210-4825

tí určité doby pak další expozice již nezpůsobuje u anorganických pigmentů výraznější změny.

Text článku byl posouzen odborným lektorem.

Ing. Jan Příkrýl
České technologické centrum
pro anorganické pigmenty, a. s.
Nábřeží Dr. E. Beneše 24, 751 62 Přešov
tel.: 581 252 629, fax: 581 252 549
e-mail: jan.prikryl@ctcap.cz, www.ctcap.cz