



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ARCHITEKTURY

ÚSTAV STAVITELSTVÍ II.

ING. MONIKA UTĚŠENÁ

**PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ PROBARVENOST
POHLEDOVÉHO BETONU**

ŠKOLITEL: ING. RADKA PERNICOVÁ PH.D.

DOKTORSKÝ STUDIJNÍ PROGRAM: ARCHITEKTURA A URBANISMUS

PRAHA, 2022

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně, za odborného vedení vedoucí mojí práce Ing. Radky Pernicové, Ph.D.

Dále prohlašuji, že jsem důsledně citovala podklady a literaturu.

V Praze dne 2.9. 2022

Ing. Monika Utěšená

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala své školitelice Ing. Radce Pernicové Ph.D. za velmi přínosné podněty a konzultace, Romanu Totuškoví za pomoc při zpracování fotodokumentace experimentální části a mé rodině za velkou podporu a trpělivost v průběhu psaní této práce.

Tato disertační práce vznikla za podpory grantů ČVUT určených pro studenty doktorského studia a mladé vědecké pracovníky SGS18/198/OHK1/3T/15 a SGS21/075/OHK1/1T/15.

ABSTRAKT

Výzkumná práce definuje atributy probarvovaného pohledového betonu, přičemž není omezena pouze na čas "0", tedy čas, kdy je beton po vytvrzení odbedněn, ale zkoumá a monitoruje také tendence vizuální proměny jeho povrchu v průběhu několika let, po které je vystaven působení vnějších vlivů. Práce je koncipována do formy vycházející z potřeb architekta, investora, developera a ostatních účastníků stavebního procesu.

První část je souhrnnou rešerší problematiky pohledových betonových konstrukcí s orientací na probarvované betony. Součástí této rešerše je zmapování pohledového betonu v soudobé architektuře v zahraničí i České republice se zaměřením na pohledové plochy jednotlivých konstrukcí. Druhá část práce je věnována analýze výsledků dlouhodobého monitoringu probarvovaných betonových vzorků - desek, které byly vystaveny účinkům vnějších vlivů v exteriéru.

Naplnění cílů definovaných v bodě 02. této disertační práce by nebylo úplné bez snahy zapojení budoucích architektů - studentů Fakulty architektury a širší veřejnosti se zájmem o beton v architektuře do výzkumného procesu a vzdělávání v podobě workshopů a komentovaných exkurzí, které probíhaly paralelně po celou dobu výzkumu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Probarvovaný beton, beton v architektuře, pigmenty, pohledový beton, barevná stálost, degradace betonu

ABSTRACT

The dissertation defines the attributes of coloured exposed concrete, while it is not limited only to time "0", i.e. the time when the concrete is removed from the formwork after hardening, but also examines and monitors the tendency of the visual transformation of its surface over the course of several years, after which it is exposed to external influences . The work is conceived in a form based on the needs of the architect, investor, developer and other participants in the construction process.

The first part is a comprehensive survey of the issue of visible concrete structures with an orientation to colored concrete. Part of this research is the mapping of exposed concrete in contemporary architecture abroad and in the Czech Republic, with a focus on the visible surfaces of uniform structures. The second part of the work is devoted to the analysis of the results of long-term monitoring of coloured concrete samples - slabs that were exposed to the effects of external influences in the exterior.

KEYWORDS

Coloured concrete, concrete in architecture, pigments, exposed concrete, color fastness, degradation of concrete

OBSAH

01	ÚVOD	15
02	FORMULACE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE	19
02.1	METODA VÝZKUMU A PŘÍSTUP K NAPLNĚNÍ CÍLŮ	23
03	PŘEHLED SOUČASNÉ PROBLEMATIKY	27
03.1	PROBARVOVANÝ BETON A JEHO SPECIFIKA	33
03.2	PROMĚNA (PROBARVENÉHO) BETONU V PRŮBĚHU ČASU	39
04	PROBARVOVANÝ BETON V ARCHITEKTUŘE	53
04.1	PROBARVOVANÝ BETON V ZAHRANIČNÍ ARCHITEKTUŘE	55
04.2	PROBARVOVANÝ BETON V ČESKÉ REPUBLICE	113
05	EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM	129
05.1	VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK	131
05.2	NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU	143
06	ZÁVĚR	147
07	LITERATURA A ZDROJE	151
08	VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINNOST	161
09	UMĚLECKÁ A GRANTOVÁ ČINNOST	167

01

ÚVOD

“ Pracujete -li s betonem, musíte znát přírodní zákony, musíte znát podstatu betonu, co beton skutečně udělá. “

Louis Kahn “I Love Beginnings.” In Latour 1991:288.

V soudobé světové architektuře, České republiky včetně, můžeme registrovat příbytek realizací, jejichž výraz dotváří probarvovaný pohledový beton. Nejedná se jen o monolitické konstrukce, kde konstrukční funkci betonu je jeho probarvením připojena estetická složka, která má beton "povýšit" na materiál hodnotnějších kvalit. Časté je také použití prefabrikovaných fasádních probarvovaných betonových panelů, které mají plnit funkci čistě estetickou.

Estetický potenciál použití probarvovaného betonu je však v časté míře narušen neznalostí a nedostupností komplexních informací týkajících se parametrů, které ovlivňují výsledný vzhled povrchu probarveného betonu a také nedorozumněním mezi jednotlivými účastníky stavebního procesu již ve fázi zadání projektu.

Budova není ukotvena v čase slavnostního předání, přirozeně stárne, povrch betonu se svou exponovaností účinkům vnějších vlivů rychle proměňuje, nad čímž je důležité přemýšlet již v samotném počátku tvůrčího procesu a tímto zabránit neuspokojeným očekáváním, jejichž důsledkem jsou předčasná bourání stavebních konstrukcí, nákladné opravy a nezdárka kdy improvizace v podobě zakrytí betonového díla jiným stavebním materiálem.

Naplnění cílů definovaných v bodě 02. této disertační práce by nebylo úplné bez snahy zapojení budoucích architektů - studentů Fakulty architektury a širší veřejnosti se zájmem o beton v architektuře do výzkumného procesu a vzdělávání v podobě workshopů a komentovaných exkurzí, které probíhaly paralelně po celou dobu výzkumu.

02

FORMULACE CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

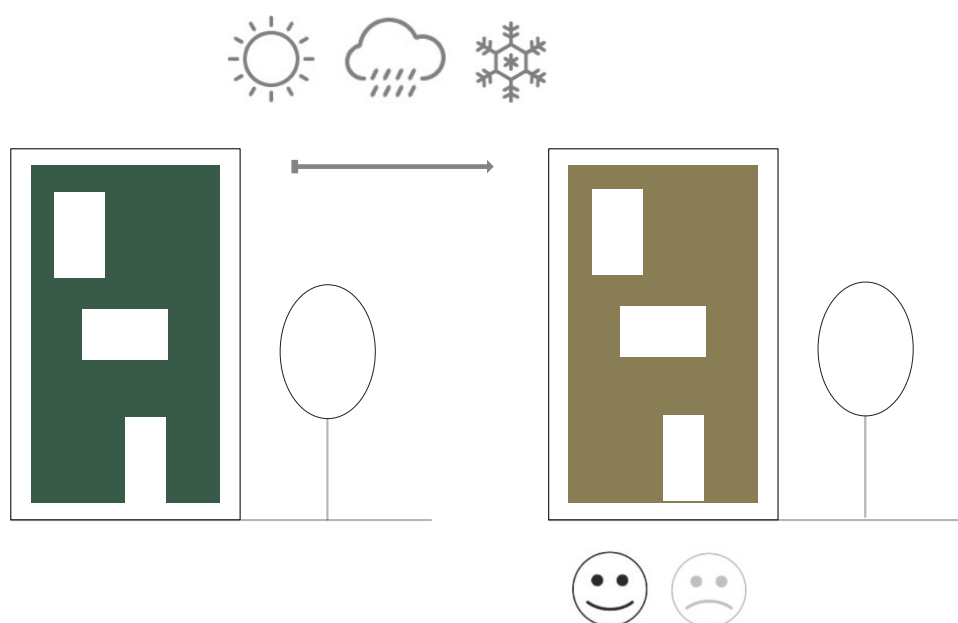
“ Materiál je základem architektury a možná by se člověk příliš nemýlil, kdyby definoval architekturu jako umění stavět vhodně s vhodným materiálem“

*William Morris ve své eseji *The Influence of Building Materials on Architecture*, 1892*

Primárním cílem disertační práce je vytvoření souhrnného podkladu / vodítka pro architekty, projektanty, designéry, investory, který obsáhne problematiku probarvovaných betonových konstrukcí v celém svém kontextu a zahrne rovněž dlouhodobý časový horizont po který jsou stavby z probarveného betonu vystaveny účinkům vnějších vlivů.

V rámci výzkumu je zkoumán vliv jednotlivých proměnných, které vstupují do procesu výroby probarvovaného betonu na estetický dojem z jeho povrchu. Důraz je kladen především na rovnoměrnost a sytost barvy, výskyt estetických anomálií u jednotlivých barev pigmentů a sledována jejich tendence k proměně v čase, která vyplývá především z absence krycí vrstvy, kdy jsou pohledové plochy přímo vystaveny účinkům vnějších vlivů (působení vody, střídání teploty, působení agresivních vod, plísní). Tito vnější činitelé jsou častou příčinou vizuálních degradací, například změny barvy, výkvětů či skvrn, které jsou u architektonických betonů vzhledem k jejich výrazné estetické roli nežádoucí.

Při znalostech parametrů, které ovlivňují výsledný vzhled a výskyt estetických anomálií na povrchu probarvovaného betonu v okamžiku odbednění a v dlouhodobém časovém horizontu po vystavení konstrukce účinkům vnějších vlivů bude možné nevyhnutelné estetické "anomálie", které vychází z přirozené podstaty betonu predikovat již před samotným návrhem, této skutečnosti jej přizpůsobit a minimalizovat tak riziko nespokojenosti.



△ Obr. 1 Vizuální schéma cílů disertační práce

02.1

METODA VÝZKUMU A PŘÍSTUP K NAPLNĚNÍ CÍLŮ

Metoda výzkumu disertační práce je koncipována do 2 samostatných částí, které se vzájemně propojují.

TEORETICKÁ ČÁST

První, teoretická, část vychází z rešerše odborné literatury, vědeckých publikací, případových studií, rozhovorů s architekty a technology a analyzuje zahraniční a český přístup k realizaci staveb z probarveného pohledového betonu. Tato rešerše odhaluje potenciál a možnosti povrchových úprav probarveného betonu v kontextu přístupu jednotlivých architektů, jejich motivace k použití probarveného betonu a zároveň upozorňuje na možné komplikace, které jsou s použitím tohoto materiálu spojeny.

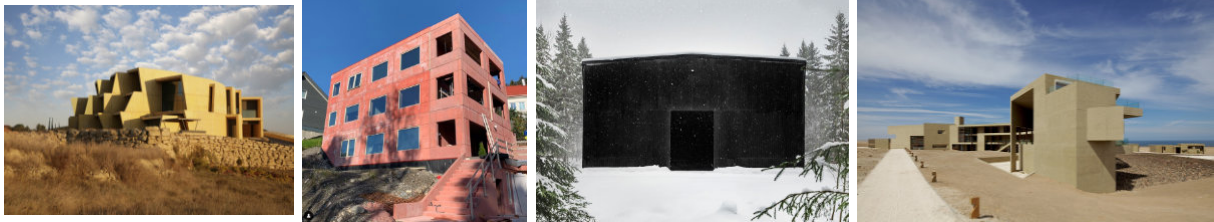
PRAKTICKÁ ČÁST

Druhou, praktickou, částí je experimentální výzkum, který na základě analýzy prakticky ověřuje informace a data získané z teoretické části a v návaznosti na nově získané poznatky je doplňuje.

Stěžejní částí tohoto výzkumu byla výroba experimentálních desek z probarveného betonu s použitím různě barevných pigmentů, které byly po dobu tří let vystaveny účinku vnějších vlivů v exteriéru a monitorována jejich vizuální proměna.

Na tuto část volně navázal projekt Archibeton - popularizace pohledového betonu v architektuře. Edukace studentů - budoucích architektů probíhala paralelně s výzkumem. Předpoklad kvalitního výsledku vychází z dobré orientace architekta v této problematice. Semináře a komentované prohlídky byly přístupné také pro širokou veřejnost, jelikož sebelepší záměr architekta může být pozitivně / negativně vnímán skrze (ne) vědomost pozorovatele.

TEORETICKÁ ČÁST



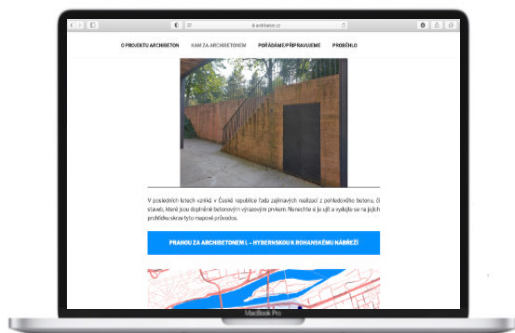
△ Obr. 2 Souhrn informací z případových studií a léty prověřenou výstavbou [48,60,56,73]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST



△ Obr. 3 Výroba experimentálních vzorků a následné schéma měření proměny barevnosti v průběhu času

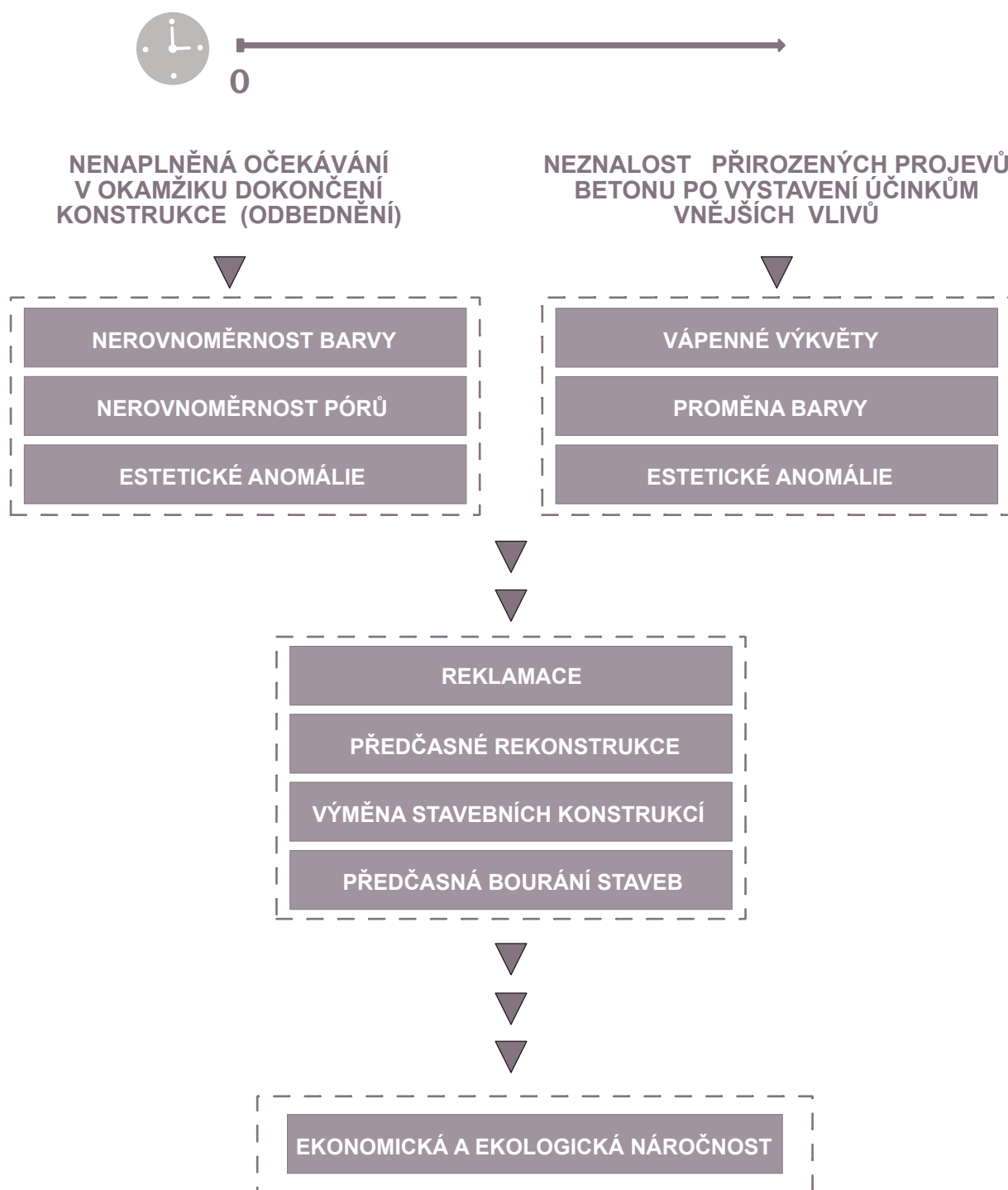
POPULARIZACE PROBARVENÝCH BETONŮ



△ Obr. 4 Informace a fotografie z komentovaných prohlídek, workshopů a mapový průvodce po architektuře z pohledového betonu jsou publikovány na webových stránkách archibeton.cz

03

PŘEHLED SOUČASNÉ PROBLEMATIKY



△ Obr. 5 Schéma problematiky probarvovaných pohledových betonů v architektuře

Beton v architektuře, architektonický beton, beton pohledový, přirozeně šedý, či probarvený pigmenty neplní pouze funkci konstrukční, ale je také výrazovým prvkem. Exponovaný zraku člověka i účinkům vnějšího prostředí, nezakrytý a nechráněný jiným materiálem je, navzdory svým limitům, v soudobé architektuře pro svůj určitý estetický potenciál široce využíván. Nutno dodat, často je také předmětem kritiky a nenaplněných ambicí.

Návrh a provedení architektonického díla z pohledového betonu je poměrně složitý proces, který, jak prezentuje řada sporů současné stavební praxe, není vždy jednoduché převést v úspěšnou realizaci a spokojenost s její vizuální kvalitou v čase odbednění i v dlouhodobém časovém horizontu. Tato spokojenost, respektive nespokojenost přitom vychází převážně z nereálných očekávání, která vyplývají z nevědomosti chování a přirozené podstaty betonu [1].

Vzhledem k absenci krycí vrstvy je beton v exteriéru přímo vystaven účinkům vnějších vlivů. Na exponované betonové plochy působí sluneční záření, dešťová i agresivní voda, střídání teplot i mechanické namáhání. Tito vnější činitelé jsou v průběhu času příčinou proměny barvy, barevné nevyrovnanosti, vzniku vápenných výkvětů, skvrn či plísní, které nejsou vždy žádoucí a pro řadu investorů či veřejnost přijatelné [2,3].

Neuspokojená očekávání, tím více jedná - li se o beton probarvovaný, kdy je řada investorů více senzitivní k výskytu jakýchkoliv estetických anomálií vedou často k improvizaci v podobě zakrytí betonového díla jiným stavebním materiálem, předčasným bouráním stavebních konstrukcí či nákladným opravám, která jsou povětšinou jen dočasným řešením.

Problematikou pohledových, potažmo probarvovaných betonů se zabývá řada vědeckých výzkumů a odborných textů. Stěžejním podkladem pro vypracování této disertační práce byly publikace a vědecké poznatky uvedené níže (řazeno dle abecedy).

Color stability in mortars and concretes. Part 1: Study on architectural mortar

Anahí López, Gastón Alejandro, GuzmánAlejandro Ramón Di Sarli

Color stability in mortars and concretes. Part 2: Study on architectural concretes

Anahí López, Gastón Alejandro, GuzmánAlejandro Ramón Di Sarli

Colour in Mass, Concrete and Pigments

David Chipperfield Architects and B720 Fermín Vázquez Arcquitectos, SPAIN

Concrete and Culture: A Material History

Adrian Forty

Ethereal material: Colour and material surface

Fiona Mclachlan

Characterisation of concrete surfaces in Askimporten tunnel

Kristin Kaspersen (SINTEF ICT), Tone Østnor, Mari Bøhnsdalen Eide,
Klaartje De Weerd, NORWAY

**Methodology for service life prediction of architectural concrete
facades**

Maria Inês Serralheiro, Jorge de Brito, Ana Silva, PORTUGAL

On Weathering: The Life of Buildings in Time

Mohsen Mostafavi, David Leatherbarrow

Technická pravidla ČBS 03 (2018) Pohledový beton

Pavel Kasal, Rudolf Hela, Petr Finkous, Václav Lorenc

The Art of Precast Concrete - Colour - Texture - Expression

David Bennett

The Weathering of Concrete Buildings

Frank Hawes

03.1

PROBAROVANÝ BETON A JEHO SPECIFIKA

Přidání pigmentů do betonové směsi umožňuje vymezit se z palety šedobílých odstínů a výrazně rozšířit barevné možnosti pohledových betonových ploch. Výsledná barevná škála je však do jisté míry omezena více či méně všemi faktory, které do procesu výroby betonu vstupují. Například použitím šedého cementu je složité dosáhnout pastelových odstínů, určitý vliv má také poměr vody ku cementu v betonové směsi, použitý druh kameniva či samotný proces jeho výroby, ačkoliv ten se jen málo odlišuje od produkce betonu v jeho přirozené šedé barvě [4-6].

Pojmem probarvený beton rozumíme beton, do jehož směsi je přimíchán určitý poměr barevného pigmentu vztažený na hmotnost cementu. Takto dosažená barevnost pohledových ploch po vytvrzení umožňuje vnímat barevnost jako přirozenou součást povahy materiálu a ne něco externího či nepatřičného [5].

VLIV PIGMENTU

Pigmenty jsou částice, které jsou nerozpustné ve vodě a které absorbují určité vlnové délky světla, zatímco odrážejí jiné vlnové délky, což umožňuje vnímání jednotlivých barev. Při odrazu světla hraje důležitou roli tvar a velikost pigmentových částic. Pigmentové částice mohou být kulovité, tyčovitě, deskovité nebo nepravidelné v závislosti na jednotlivých chemických složeních. Tvar jednotlivých pigmentových částic může změnit reologii materiálu a v některých případech může mít dopad na spotřebu vody a tedy poměr vodního součinitele. Na pigmenty, které jsou používány k probarvení betonových směsí jsou kladeny vysoké nároky na odolnost vůči agresivnímu chemickému prostředí, jehož příčinou je hydratovaný cement. Dále musí pigmenty po vytvrzení betonové směsi dlouhodobě odolávat vystavení účinkům slunečního záření. Uvedeným požadavkům nejlépe odpovídají anorganické pigmenty zejména pigmenty oxidy kovů [4,5].

VLIV CEMENTU

Bílý cement poskytuje větší škálu barevných možností a měl by být zvažován pro jasné a živé barvy. Bílý cement také poskytuje větší reprodukovatelnost a konzistenci barvy. Pro maximální jas, zejména ve světlých pastelových odstínech, by měl být použit bílý cement a nejbělejší kamenivo. Šedé cementy se mohou mezi dodavateli velmi lišit, od šarže k šarži, a šedé podtóny mohou změnit konečný vzhled požadované barvy. Vzhledem k vyššímu obsahu železa a dalších nečistot v šedém cementu je výběr barev omezen na tlumené zemité tóny [4,5].

VLIV KAMENIVA

Betonovou směs obvykle dotváří dva druhy kameniva. Hrubé kamenivo, které je složeno ze štěrku, drceného kamene, pemzy, strusky, expandované břidlice či vápence a jemné kamenivo, které se skládá z křemičitého písku či kamenného prachu. Takto tříděné kamenivo, doplňuje rozdělení kameniva dle jeho barevnosti, což umožňuje variabilitu především při specifickém vizuálním ztvárnění, kdy je počítáno se speciální úpravou betonového povrchu, například vymytím cementové pasty a odhalením zrn kameniva.

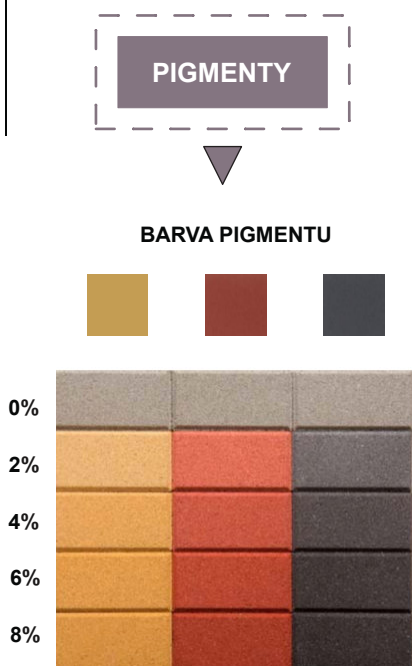
V případě běžného vytvrzení betonu je povrch kameniva obalen cementovou pastou a barevnost kameniva má velmi malý vliv na výslednou barevnost vytvrzelého betonu. Zde je však nutné předem uvažovat faktor času a působení vnějších vlivů, které mohou zapříčinit odloupení cementové vrstvy, odhalit zrna kameniva a proměnit tak vjem barevnosti povrchu [4,5].

VLIV NÁVRHU BETONOVÉ SMĚSI

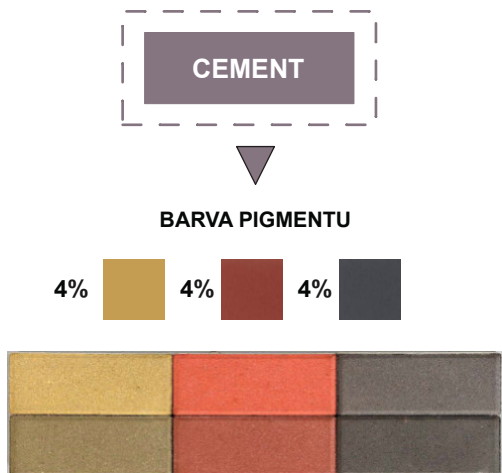
Znalost optimálního poměru složek obsažených v betonové směsi je základním předpokladem k dosažení uspokojivého výsledku. Jedním ze základních parametrů je obsah vody. Množství vody v betonové směsi umožňuje její zpracovatelnost, pokud je však vody v betonové směsi nadbytek, dochází k jejímu odpařování a na povrchu k tvorbě jemných pórů, které rozptylují dopadající světlo a tím zesvětlují vnímanou barvu. Kontrola poměru vody/cementu do značné míry ovlivňuje trvanlivost, pevnost a "vodotěsnost" betonové konstrukce.

Dalším z parametrů, ovlivňující barvu vytvrzelého betonu je poměr přidaného pigmentu do betonové směsi. Přibližně do 5 % přidaného pigmentu narůstá intenzita barvy lineárně, od 5 % dochází k takzvanému barevnému nasycení, na výslednou barvu nemá větší procentuální přírůstek vliv. Pigmenty používané v betonu mohou být použity jednotlivě, případně smícháno několik barevných pigmentů dohromady. Pro dosažení požadované barvy, je potřeba mít představu o tom, jak se pigmenty chovají v konkrétních směsích, aby bylo dosaženo požadované výsledné barvy [4,5,7].

VIZUÁLNÍ PŘÍKLADY VLIVU VSTUPNÍCH SLOŽEK A PARAMETRŮ NA VÝSLEDNOU BAREVNOST



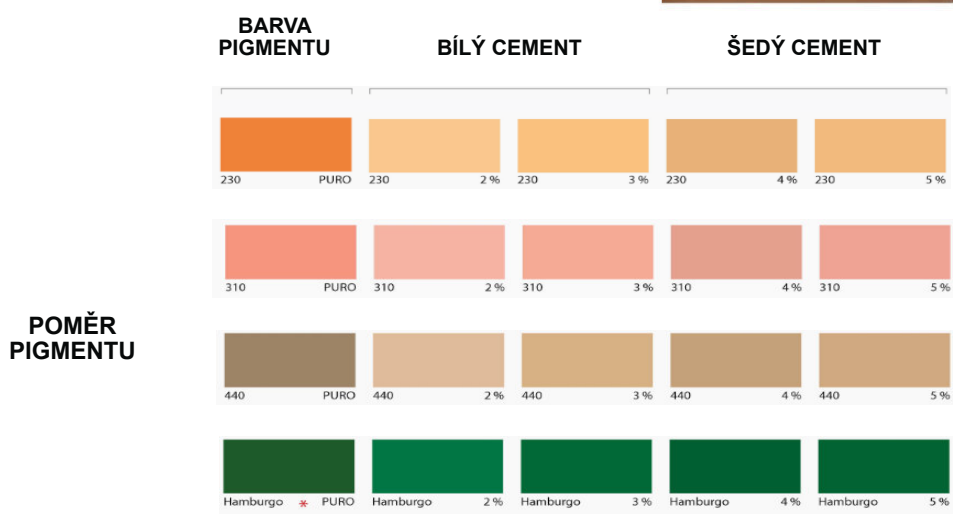
△ Obr. 6 Vliv koncentrace pigmentu na výslednou barevnost [8]



△ Obr. 7 Vliv použitého cementu na výslednou barevnost [8]

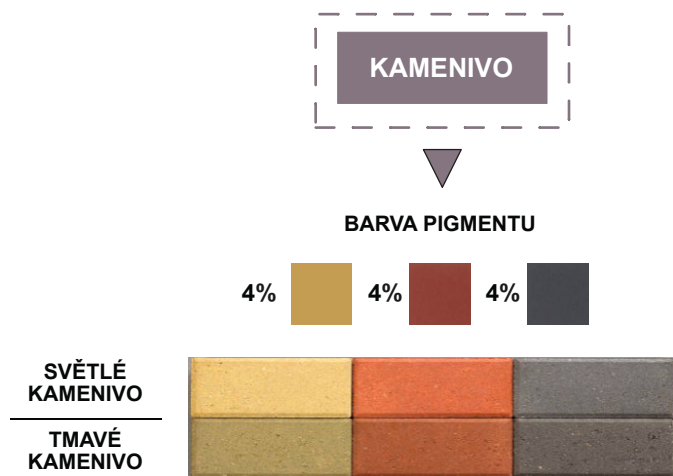


△ Obr. 8 Vliv šarže šedého cementu na výslednou barevnost [9]

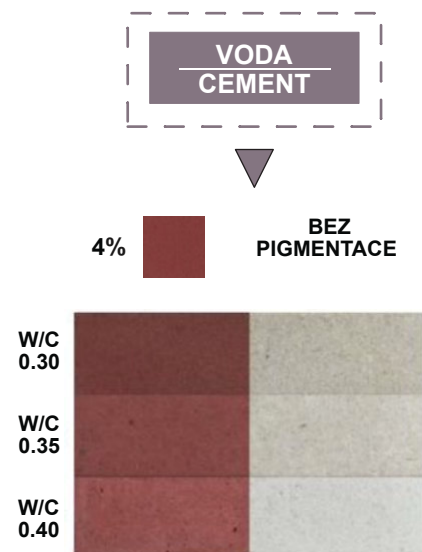


△ Obr. 9 Vliv koncentrace pigmentu a druh použitého cementu na výslednou barevnost [10]

BARVU VYTVRZELÉHO BETONU



△ Obr. 10 Vliv barevnosti kameniva na výslednou barevnost [8]



△ Obr. 11 Vliv vodního součinitele na výslednou barevnost [5]

Na vizuálních příkladech jsou znázorněny vlivy jednotlivých složek betonové směsi na výslednou barevnost betonu po jeho vytvrzení.

Jedním ze základních vlivů na barevnost betonu je procentuální zastoupení pigmentu v betonové směsi vztaheno na hmotnost cementu **Obr. 6** Na této vizuální ukázce je zřejmé, že barva má tendenci k proměně jen do určitého procenta přidaného pigmentu. Od 5 % přidaného pigmentu vztaheného na hmotnost cementu dochází k takzvanému barevnému nasycení. Přidání vyššího procenta baravného pigmentu než 5 % není vzhledem k ekonomické stránce a k poklesu pevnosti betonu žádoucí.

Cementová pasta má na barevnost betonu rovněž značný vliv **Obr. 7** Zásadní barevný rozdíl je zřejmý při použití bílého nebo šedého cementu. Použitím bílého cementu je možné dosáhnout pastelových odstínů. V případě černého pigmentu přidaného do betonové směsi není rozdíl markantní. Výraznou změnu v barevnosti však mohou způsobit také jednotlivé šarže šedého cementu, kterých může být celá řada v závislosti na výrobci a dodavateli cementu **Obr. 8** Po vytvrzení betonu jsou zrna kameniva obalena cementovou pastou, vliv barvy kameniva nebude mít v okamžiku odbednění na barevnost betonového povrchu výrazný vliv **Obr. 10** Dojde-li však k odloupení, či vymytí povrchové cementové vrstvy může být vliv na barevnost betonové plochy výrazný. Dalším hybatelem barevného odstínu vytvrzelého betonu je voda, respektive její poměr k obsahu cementu. Čím vyšší je vodní součinitel, tím bude dosaženo světlejšího odstínu vytvrzelého betonu **Obr. 11** [4-7].

PROMĚNA (PROBARVOVANÉHO) BETONU V PRŮBĚHU ČASU

“Jako architekti často zanedbáváme, jak se budovy, které navrhujeme, vyvinou, jakmile je předáme klientům. Trávíme tolik času pochopením toho, jak lidé budou budovu využívat, že můžeme lehce opominout, jak bude využívána a jak ji bude ovlivňovat počasí. Je to nevyhnutelný a nejistý proces, který vyvolává otázku, kdy je budova vlastně dokončena; když se nastěhuje poslední kus nábytku, když se položí finální střešní taška nebo když je dokončena proměna vlivem přírody?

Přírodní síly mohou přidat na celistvosti materiálu a zjemnit jeho strohý, bezcharakterní počáteční vzhled. Toto pokračování stavebního procesu je důležité zvážit, aby se vytvořila struktura, která bude časem jen růst do krásy.

Ella Thorns, 6 Materials that Age Beautifully, 2018

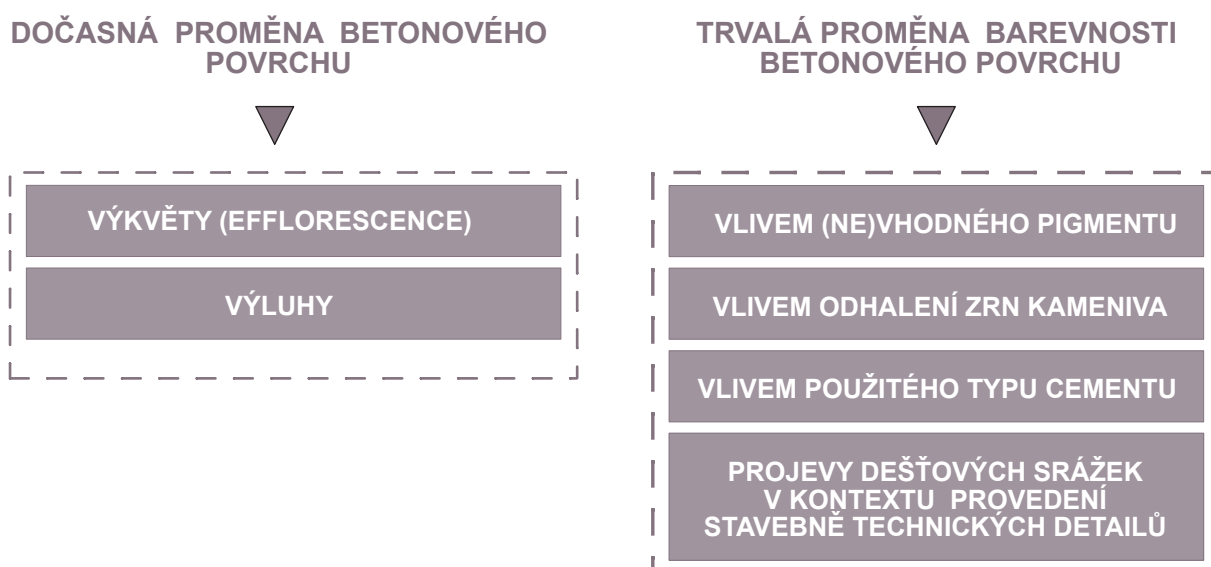
Otázkou stárnutí betonu a jeho poznamenáním vnějšími vlivy v průběhu času se architekti intenzivně zabývali již v polovině dvacátého století. Adrian Forty této problematice věnuje ve své knize *Concrete and Culture: A Material History* celou kapitolu, ve které sdílí obavy a dilemata mnohých architektů z nepříjemného stárnutí betonu a jejich vyjádření, že pokud by měli toto médium používat, musí najít cestu, jak zamezit nekontrolovatelným projevům estetických anomálií, které jsou způsobeny účinky vnějšího prostředí na jeho povrchu.

Architekti ve svém “experimentování” volili řadu více či méně úspěšných strategií. Jednou z nich byl tlak na vývoj betonových prefabrikátů, který by umožnil větší kontrolu nad jejich výrobou oproti výstavbě in-situ. Snahou bylo vyrobit především méně porézní povrchy, které by byly stálejší a barevně vyrovnané. Další přístup soustředil úsilí k propracovaným detailům celé budovy s cílem eliminace průtoku dešťové vody po fasádě. Dnešní doba spoléhá především na stavební chemii, jejíž aplikace by měla zajistit resistenci betonového povrchu vůči agresivním účinkům vody.

Nicméně veškeré přístupy vycházející ze snahy přírodu “obejít”, ať už se jedná o vynález “Manšestrového” efektu amerického architekta Paula Rudolpha, ve kterém se snažil odvést stékající vodu kanálky v žebrech odlitého betonu, či přístup Johna Partridge, který se soustředil na identifikaci náchylných míst a detailů v konstrukci, proti nimž bojoval například vývojem specifického tvaru oken, stejně tak aplikace ochranných nátěrů narazily na “limit” přirozenosti betonu a na skutečnost, že určitým projevům není z povahy betonu možné se zcela vyvarovat [11,12].

Projevy stárnutí, vznik estetických anomálií a proměna barevného odstínu povrchu probarveného betonu vychází z podstaty přirozeného chování betonu v šedé barvě, tedy betonu bez přidání pigmentů. Proměny vlivem účinků vnějších vlivů lze do určité míry předvídat místními podmínkami nebo převládajícími projevy estetických anomálií na stávajících budovách v dané oblasti [13].

V současné stavební praxi je kladen veliký důraz na realizaci líbivé pohledové konstrukce v nejvyšší třídě pohledovosti, v případě probarvovaného betonu věnovány hodiny času výběru barevného pigmentu a jeho poměru v betonové směsi k dosažení ideální výsledné barvy po odbednění, avšak v okamžiku návrhu často opomíjen faktor času a účinků vnějších vlivů, který v blízké době povrch betonu promění. Příčin proměny může být několik. Proměny dočasné mohou být způsobeny například výskytem výkvětů a výluhů, které časem vymizí. Proměny trvalé mohou být způsobeny například odhalováním zrn kameniva, rychlého vyblednutí barvy vlivem nesprávné volby pigmentu či vlivem stop dešťové vody stékající po ničem nechráněné pohledové ploše [4,5,8].



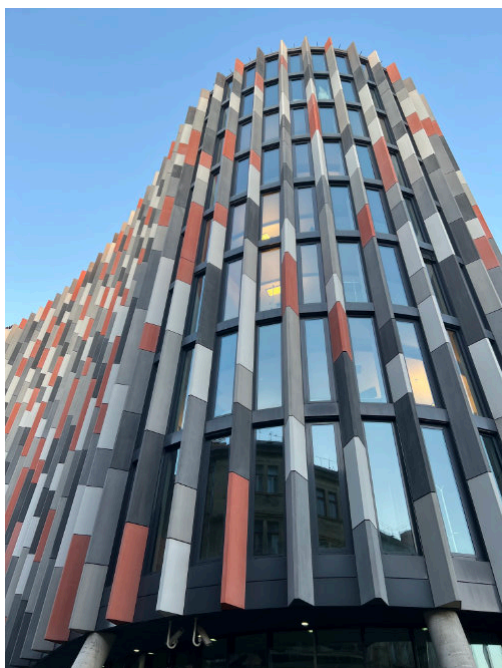
△ **Obr. 12** Schéma nejčastějších příčin proměny betonového povrchu v průběhu času v důsledku vystavení účinkům vnějších vlivů

VÝKVĚTY A VÝLUHY

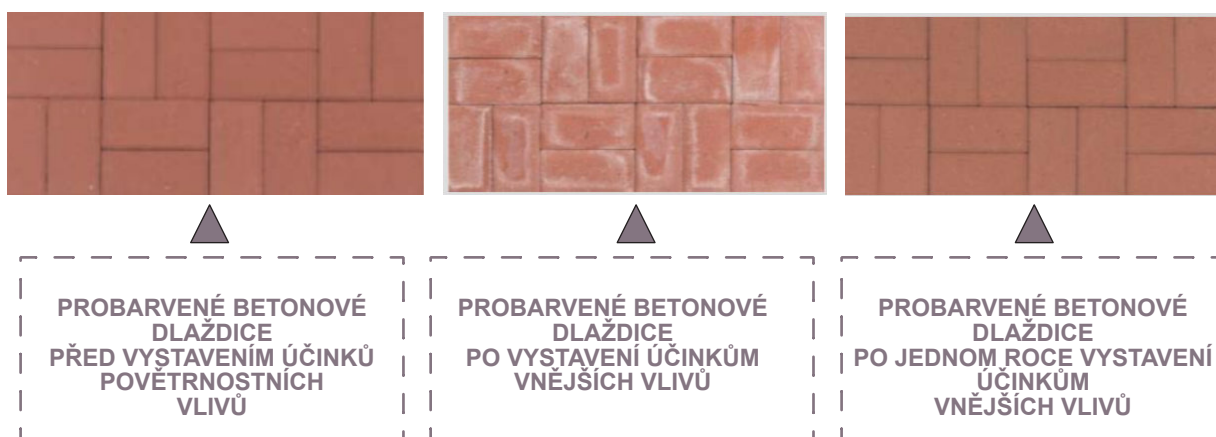
Na povrchu betonových konstrukcí a výrobků se velmi často tvoří tzv. výkvěty a výluhy. Tímto termínem se označují veškeré vykrystalizované soli na površích stavebních materiálů. Výkvěty nemají vliv na užitné vlastnosti avšak negativně ovlivňují estetické vnímání vzhledu betonového povrchu.

Výkvětovost trápí všechny zhotovitele betonových konstrukcí a výrobků, obzvláště, jedná-li se o probarvený beton a estetické požadavky na pohledové plochy jsou vysoké.

Je třeba zdůraznit, že pigmenty samy o sobě nemají na kvantitu výskytu výkvětů jakýkoliv vliv, avšak vlivem barevného kontrastu mezi barvou konstrukce/ výrobku a výkvěty bílé barvy jsou výkvěty více zřetelné. Výkvěty by měly v průběhu několika let samovolně vymizet [4,5,8,14].



△ Obr. 13 Projevy vápenných výkvětů a bílých výluhů se staly předmětem sporů a reklamací fasádních panelů na budově Main Point v pražském Karlíně. V důsledku nespokojenosti s estetickým vnímáním byla řada panelů vyměněna



△ Obr. 14 Příklad projevů a vymizení výkvětovnosti v závislosti na čase [5]



△ Obr. 15 Příklad projevů a vymizení výkvětovnosti v závislosti na čase, detail povrchu [14]

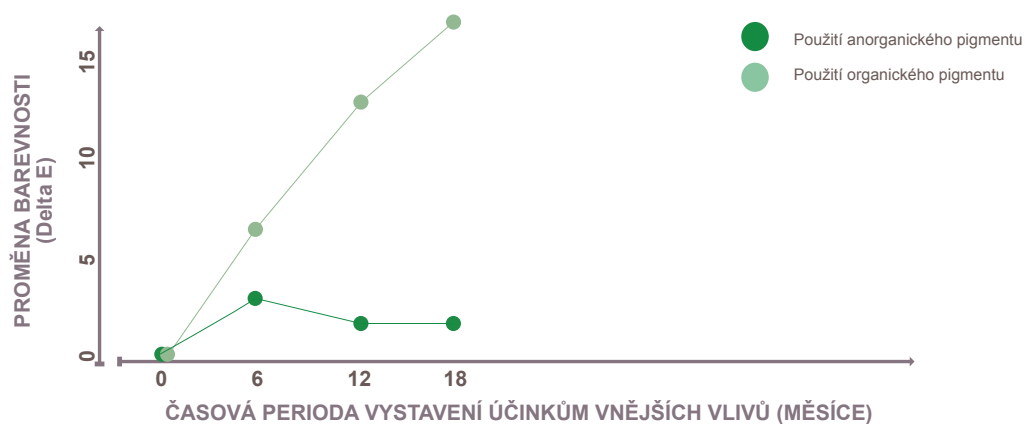
PROMĚNA BAREVNOSTI V PRŮBĚHU ČASU V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM PIGMENTU A CEMENTU

Zkušené společnosti pro výrobu prefabrikátů v severní Evropě se shodují, že je nemožné zachovat původní odstín pigmentovaného betonu, protože barva časem vybledne a může se lišit v závislosti na odlišných vlivůch v zimě nebo v létě, převládajících teplotách a vlhkosti vzduchu. Pro zajištění co nejkonzistentnější barvy je vždy specifikován bílý cement, protože barva cementu se nemění. Pokud by byl použit běžný šedý portlandský cement nebo specifikovaný vysokopecní struskový cement, existuje vážné riziko, že se barva cementu může v průběhu roku změnit v důsledku jemných odchylek v surovině, které ovlivňují konečnou barvu [6].

Hydratací betonu dochází ke karbonizaci, protože CO_2 se spojuje s volným vápnem v cementu za vzniku uhličitanu vápenatého. To má za následek zesvětlení a mírné vybělení barvy povrchu betonu. Na proměnu barevnosti se velkou měrou podílí také typ použitého pigmentu, respektive zda jsou použity pigmenty anorganické či organické [4,5].

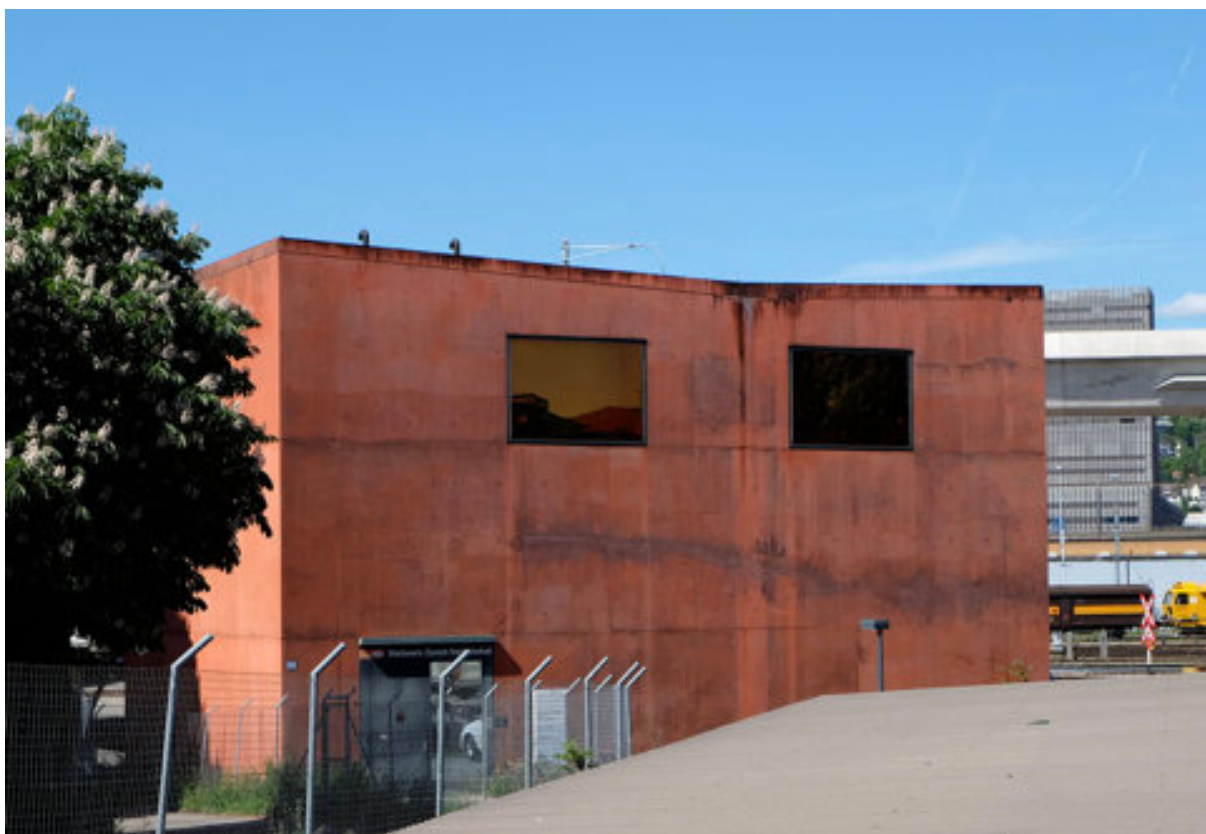


△ Obr. 16 Příklad proměny barevnosti červeně probarveného betonu v závislosti na čase v důsledku vystavení účinkům vnějších vlivů [15]



△ Obr. 17 Příklad rozdílu proměny barevnosti zeleně probarveného betonu v závislosti na čase v důsledku vystavení účinkům vnějších vlivů a typu pigmentu [15]

Architektonický ateliér Gigon/Guyer stojící za realizací Stavědla v blízkosti Curyšského hlavního nádraží přistoupil k návrhu této budovy na základě konceptuální analýzy daného místa. V okolí zamýšlené stavby si autoři všimli, jak rez z vlakových kolejí znečišťuje betonové pražce, vlečky a dokonce i rostliny podél trati. Rez byla pro volbu barevnosti budovy inspirací. Konstrukce byla provedena z betonu jako monolit s přidáním pigmentu oxidu železa [16]. Před samotnou realizací byly provedeny časově náročné zkoušky, které měly být zárukou dosažení správné barevnosti betonových stěn. V návaznosti na experimentální testování byl zvolen tmavě hnědý pigment. Navzdory počáteční, kvalitní, dlouhodobé přípravě se beton postupně po vystavení účinkům povětrnostních vlivů proměnil ze sytě červenohnědé na růžově oranžovou [17].



△ Obr. 18 Exteriér Stavědla, záměrem bylo docílit stejné barevnosti jako rez objevující se na vlakových kolejích v přímé blízkosti [18]

PROJEVY DEŠŤOVÝCH SRÁŽEK V ZÁVISLOSTI NA PROVEDENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝCH DETAILŮ

Když se v 90. letech vrátila popularita betonu poté, co v 70. letech upadl v nemilost, součástí jeho přitažlivosti pro architekty, kteří jej začali znovu používat, byly jeho přirozené projevy vlivem účinků vnějších vlivů, například proměna barvy a nepředvídatelné estetické projevy vlivem počasí.

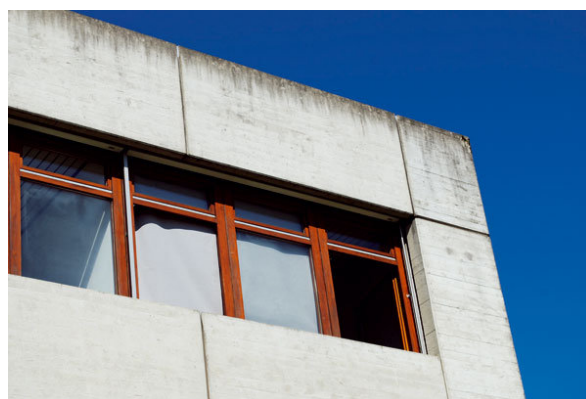
Jacques Herzog ze švýcarské architektonické praxe, jeden z průkopníků oživení pohledového betonu například zmínil : “Zajímají nás mechy a lišejníky, které rostou na povrchu betonů”.

Nebezpečí estetických anomálií přestalo být považováno za vadu a nyní se stalo pro architekta kladným přínosem. V budovách jako například studio pro švýcarského malíře Rémy Zaugga nebo Rudin House v Leymenu, který byl postaven v letech 1996 poblíž Basileje se architekti nijak nesnažili ovlivnit působení vody na fasádu. Dům v Leymenu nemá okapy, voda ze střechy tedy volně stéká po fasádě. Jedním, zjevně záměrným výsledkem toho je, že vzhled budovy se vždy mění podle toho, zda je povrch vlhký nebo suchý [11].

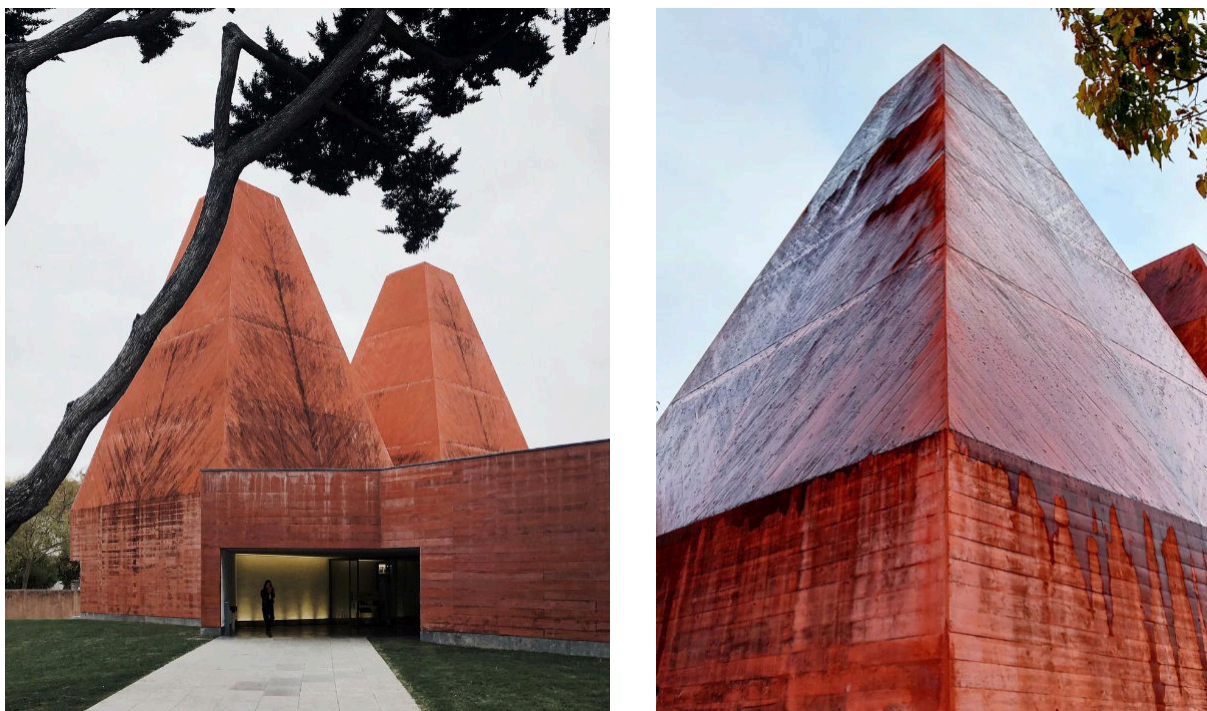


◁ **Obr. 19** Rudin House, Leymen, propisující se trvalá proměna pohledových ploch vlivem absence okapnice [19]

▽ **Obr. 20** Propisující se trvalá proměna bíle probarvených pohledových ploch vlivem absence okapnice [20]



Tímto přístupem můžeme definovat také oceňovanou budovu Muzea umění Pauly Rego v portugalském Cascais architekta Eduarda Souto de Moura. Budova muzea je probarvena z červeně probarveného betonu se specifickou vizuální strukturou použitého bednění. Dlouhodobé účinky dešťových srážek vytvářejí na fasádě dojem prokresleného stromu.



△ Obr. 21 Propisující se trvalá proměna pohledových ploch červeně probarveného betonu Muzea umění Pauly Rego vlivem dešťových srážek [21]

PROMĚNA BAREVNOSTI BETONOVÉHO POVRCHU VLIVEM OBNAŽENÍ ZRN KAMENIVA

Zrna kameniva, které je jedním ze základních složek betonové směsi, jsou po vytvrzení pokryty cementovou pastou. Nejsou - li zrna výrazně zbarveného kameniva na povrchu konstrukce zcela zakryta, či dojde k jejich obnažení, barevnost betonového povrchu se promění, respektive dojde ke směsnému odstínu, který vzniká promícháním barvy cementové pasty a barvy odhaleného kameniva [4].

Odhalení zrn kameniva může být problémem, kdy v důsledku stárnutí konstrukce a působením vnějších vlivů, může docházet k odloupenutí vrstvy cementové pasty a propsání zrn kameniva na povrch [4]. Může však být také architektonickým záměrem, například v případě budovy centra pro psychiatrickou péči pro děti a dospělé ve francouzském Metz **Obr. 22**. Architektonická kancelář Richter Architectes našla v proměně barevnosti vlivem obnažení zrn kameniva pozitivum a ztvárnila tak výrazový prvek budovy centra pro psychiatrickou péči pro děti a dospělé, která má působit jakoby vycházela ze země. Exponaci zrn kameniva bylo dosaženo vysokotlakým čističem, který tlakem vody porušil vrchní pohledovou vrstvu a obnažil použitý agregát [22].



△ **Obr. 22** Budova centra pro psychiatrickou péči pro děti a dospělé ve francouzském Metz [23]

VLIV OCHRANNÉHO NÁTĚRU NA MÍRU TENDENCE K PROMĚNĚ BETONOVÉHO POVRCHU V PRŮBĚHU ČASU

V posledních letech se na trhu se stavebními materiály výrazně rozšiřuje sortiment o nabídku impregnačních přípravků deklarujících ochranu betonu před negativními účinky vlhkosti.

Povrch betonových konstrukcí je možné opatřit třemi typy ochrany. Hydrofobní impregnací, povlakem nebo impregnací. Podstata jednotlivých typů ochrany je graficky znázorněna na **Obr. 23**. Při impregnaci povrchu betonových konstrukcí dojde v povrchové vrstvě k vyplnění pórů a kapilár impregnační látkou čímž dojde k uzavření povrchu. Pokud dojde ke zúžení kapilár v povrchové vrstvě betonové konstrukce nebo k vytvoření tenké vrstvy na povrchu betonové konstrukce, ochrana povrchu se označuje jako povlak. Při hydrofobizaci betonu nebo betonových výrobků se vytvoří v povrchové vrstvě na povrchu kapilár a pórů tenký povlak odpuzující kapaliny a přitom prostupný pro plyny a vodní páru [24].

Betonový povrch opatřený ochranou proti nasáknutí vlhkostí by měl zůstat stále světlý, zatímco neopatřený tmavnout vlivem nasáklé vody. Po vyschnutí povrchu by se měly rozdíly vyrovnat. Vlhké prostředí však přispívá ke vzniku a množení plísní, hub, řas a mechů, které ovlivňují estetickou proměnu betonového povrchu a proměnu jeho barevnosti.



△ **Obr. 23** Grafické znázornění jednotlivých typů povrchové ochrany [24]

Účinkem povrchové úpravy v průběhu času na estetickou proměnu betonového povrchu a proměnu jeho barevnosti se zabýval výzkumný projekt Inovačního centra pro beton (COIN) ve spolupráci s Norskou správou veřejných silnic (NPRA).

Experimentálního testování stěnových segmentů v tunelu Askimporten, které bylo zahájeno v roce 2010, mělo za cíl zdokumentovat dlouhodobé účinky různých povrchových úprav s ohledem na zachování světle šedé barvy povrchu a snížení vlivů prostředí na betonové prvky. Celkem bylo testováno 9 různých povrchových ochran jejichž výčet je uveden v **Tab.1** [25].

OZNAČENÍ **TYP OCHRANY** **BÍLÝ PIGMENT**

1A	HYDROFOBNÍ IMPREGNACE, SILIKONOVÉ	X
1B	MOLEKULY V NANO EMULZI	
2	IMPREGNACE/ HYDROFOBNÍ IMPREGNACE *	
3	HYDROFOBNÍ IMPREGNACE, SILAN GEL	
4	POVLAK NA BÁZI EPOXIDU	X
5A	IMPREGNACE/ HYDROFOBNÍ IMPREGNACE *	X
5B	HYDROFOBNÍ IMPREGNACE	
6	HYDROFOBNÍ IMPREGNACE NA BÁZI SILANU	
7	POVLAK NA BÁZI CEMENTU	X
I	REFERENČNÍ OBLAST	

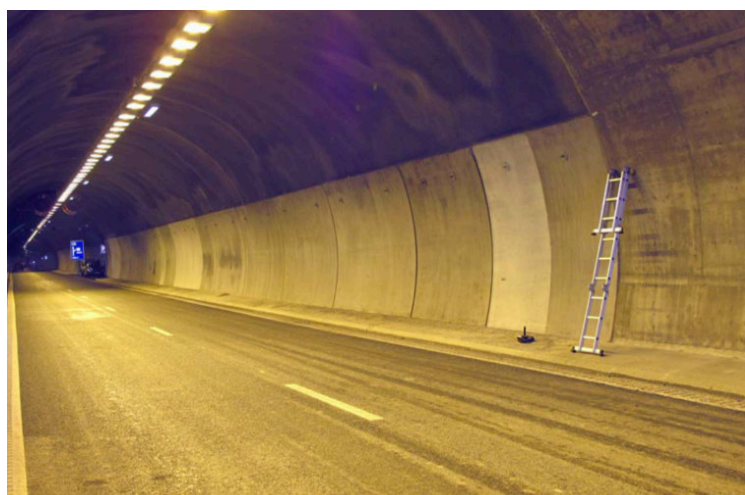
△ **Tab.1** Produkty použity pro povrchovou ochranu: Označení, typ ochranného nátěru a zda nátěr obsahuje bílý pigment

* Z dokumentace produktu není zřejmé, zda je produkt klasifikován jako impregnace nebo hydrofobní impregnace [26]

Na základě zhodnocení experimentálního testování bylo možné učinit závěr, že nejlepších výsledků dosáhly produkty 4, 5A a 7 . Produkt 1A si také zachoval světlejší vzhled než referenční oblast před umytím povrchu, ale měl podobné hodnoty odrazu jako referenční po umytí. Všechny tyto produkty obsahují bílé pigmenty. Žádná z bezbarvých povrchových úprav si v průběhu času neudržela světlejší vzhled než referenční oblast [25].



△ **Obr. 24** Fotodokumentace jednotlivých segmentů tunelu Askimporten [25]



△ **Obr. 25** Jednotlivé testované segmenty tunelu Askimporten [25]

04

PROBAROVANÝ BETON V ARCHITEKTUŘE

04.1

**PROBAROVANÝ BETON V ZAHRANIČNÍ
ARCHITEKTUŘE**



CENTRE
PSYCHO-
THÉRAPIQUE
WINNICOTT

CENTRUM PSYCHIATRICKÉ PÉČE PRO DĚTI A DOSPĚLÉ

ARCHITEKT: RICHTER ARCHITECTES ET ASSOCIÉS, ROK REALIZACE: 2013, LOKACE: METZ, FRANCIE

Centrum péče pro děti a dospělé s psychickou poruchou pojali architekti z kanceláře RICHTER ARCHITECTES ET ASSOCIÉS jako kokon v brnění, který ochraňuje pacienty před vnějším světem a nabízí jim bezpečné prostředí. Svým vizuálním vnějším pojetím má budova působit jakoby vycházela ze země a byla vždy přítomna. Obálka budovy je realizována ze zeleně probarveného betonu pigmenty, jejíž povrch následně po vytvrzení betonu lokálně upravil umělec Grégoire Hespel, který vytvořil téměř archaické dílo. Jeho záměrem bylo vytvořit krajinu v krajině, odhalit podstatu použitého materiálu a vytvořil tak organický plášť. Technicky tohoto efektu dosáhl vysokotlakým čističem, kterým v momentě odbednění vytvořil erodované oblasti a odhalil použitý agregát. V některých místech byla použita minerální vlna, která byla dle návrhu Grégoire Hespela předem integrována do použitého bednění [27,28].

▽ **Obr. 26** Pohled na hlavní vstupní portál budovy s exponovaným erodovaným povrchem, jehož vizuální ztvárnění je dílem francouzského umělce Grégoire Hespela [29]

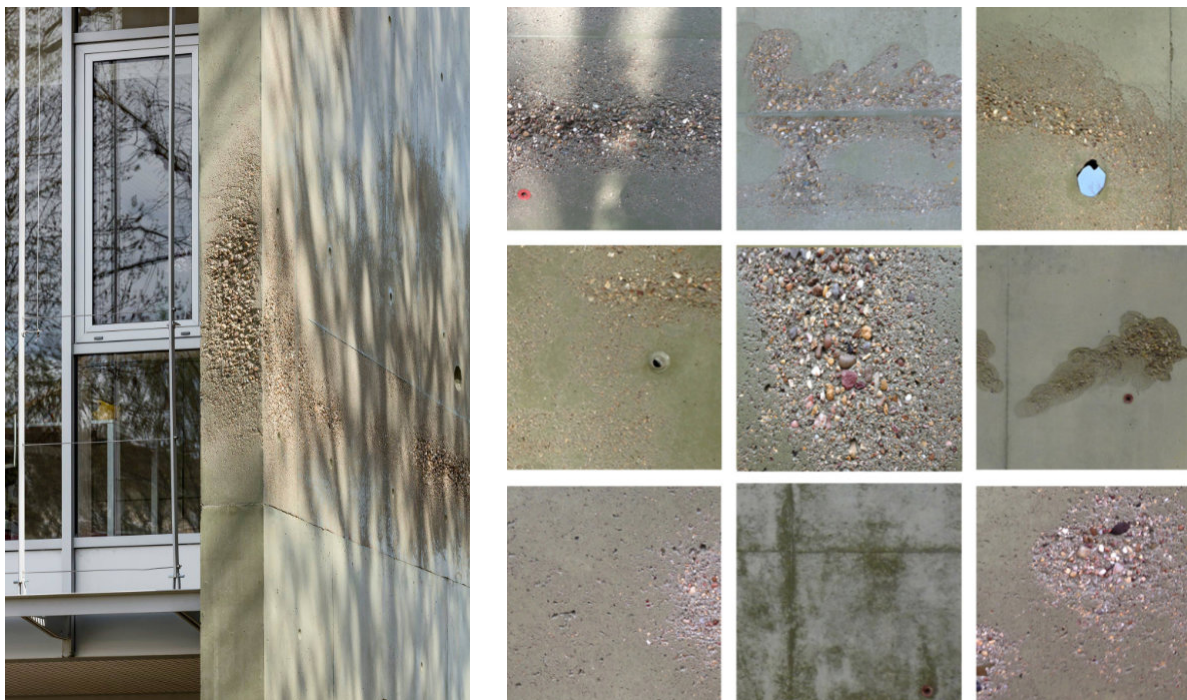


Vizuální umělec francouzského původu Grégoire Hespel ztvárnil své dílo intervencí do fasády budovy, nikoliv štětcem a barvami, ale přímým zásahem do betonové konstrukce, s cílem zdůraznit zemitý charakter budovy a vytvořit tak vstup do její vnitřní části jako součást ničím nerušené procházky mezi přírodou a architekturou. Deaktivací betonového povrchu metodou hydropískování odhalil drobné barevné kamenivo, které při různém úhlu pohledu s odstupem na fasádu navozuje pocit výhledu na divokou krajinu.

Přímo na staveništi byl postaven prototyp stěny, na které Grégoire Hespel mohl provádět experimenty [27,28].

▽ **Obr. 27** Dílo umělce Grégoire Hespela, který krajinu z malířského plátna intervenoval do betonové hmoty. Hespel zasahuje do betonové hmoty ihned po odbednění, na staveništi se tak prolíná tvorba uměleckého díla a dělnická profese což je do jisté míry logisticky náročný proces [29]





△ **Obr. 28** Detaily exponované struktury betonu, které vznikly po zásahu vysokotlakého čističe. Tlak vody porušil vrchní pohledovou vrstvu a obnažil použitý agregát [29]



Beton v tomto projektu plní tři funkce. Funkci konstrukční/statickou, funkci ochrannou ve smyslu pomyslné vizuální ochrany pacientů před okolním světem, který je viditelný z velké části jen skrze malé průzory perforované fasády a v neposlední řadě funkci uměleckou, která dodává této stavbě jistou originalitu [30].

Fasáda budovy jakožto monolitická konstrukce byla vytvořena přímým odlitím betonu do bednění v místě výstavby. Dle návrhu Grégoire Hespela byla do některých míst bednění vložena minerální vlna, která po vytvrzení betonu vytvořila perforovanou betonovou skořepinu. Pro dosažení zeleného odstínu byl beton probarven zeleným pigmentem oxidu chromitého. Dodávkou betonu pro realizaci betonové konstrukce byla pověřena společnost Eqiom Bétons. Na základě testování vhodného betonu, byl pro realizaci vybrán beton s obchodním názvem " EB Parement", který umožňuje použití matric do bednění, je vhodný k probarvení a má optimální vodní koeficient [31].



◁ **Obr. 29** Před zahájením výstavby bylo vytvořeno šest testovacích probarvených betonových vzorků . Následně byl proveden vzorek pro ověření výběru barvy přímo v místě výstavby v měřítku 1:1 [32]

▽ **Obr. 30** Práce na staveništi. Betonáž konstrukce ze zeleně probarveného betonu. Perforace betonové hmoty je výsledkem umístění minerální vlny, která byla integrována přímo do bednění. Zdánlivé nedokonalosti jsou ve skutečnosti výsledkem uměleckého procesu [32]





TURISTICKÉ CENTRUM STEINSDALSFOSSEN

ARCHITEKT: JVA, ROK REALIZACE: 2014, LOKACE: STEINSDALSFOSSEN, NORSKO

Projektem turistického informačního centra u vodopádu Steinsdalsfossen, který leží zhruba 76 kilometrů od norského Bergenu, bylo pověřeno architektonické studio Jarmund / Vignæs Architects.

Cílem projektu bylo šetrně začlenit do přírodní krajiny zázemí pro turisty skládající se z turistické informační kanceláře, toalet a parkoviště a propojit ho schůdným přístupem k vodopádu.

Turistické informační centrum a toalety tvoří monolitické betonové bloky, které jsou propojeny další betonovou hmotou, zastřešující část venkovního prostoru. Betonové stěny tvoří z jedné strany bariéru k příjezdové komunikaci, z druhé strany nabízejí průzory do krajiny a vodopád [33].

◀ **Obr. 31** Pohled na turistické centrum [34]



Primárním materiálem této stavby je beton, odlévaný do bednění přímo na místě. Tento konstrukční proces umožnil realizaci stejné hmoty pro zastřešení i svislých stěn a vizuálně tak vytvořil soudružnou formu. Aby bylo co nejvíce dosaženo splnutí s okolní krajinou, které dominují zelené louky a téměř zářivá zelená barva řeky a vodopádu na jaře, byl beton probarven pigmentem oxidu chromitého v kombinaci s bílým cementem. Touto kombinací bylo dosaženo pastelového odstínu zelené. Bednicí formy, které byly použity pro bednění betonových stěn směřujících do venkovních prostor byly vyrobeny z hrubých prken, tím vznikla hrubá pohledová struktura betonu. Pro bednění betonových stěn a stropů směřujících do vnitřního krytého prostoru byly použité hladké formy [33,34].



◁ **Obr. 32** Část betonové konstrukce po odbednění [34]

▽ **Obr. 33** Výsledná barva pigmentu na bázi oxidu chromitého v kombinaci s bílým cementem. K probarvení betonové konstrukce bylo potřeba téměř 1000 kg pigmentu [33]





- △ **Obr. 34** Vizuální rozdíl pohledové struktury betonové konstrukce.
 ▷ Exponované části do vnějšího prostoru byly bedněny do bednění z hrubých prken, Pro bednění krytých částí byly použity hladké bednicí formy [34]





VILA BAUTISTA

ARCHITEKT: PRODUCTORA, ROK REALIZACE: 2019, LOKACE: TULUM, MEXIKO

Příkladů architektury s aplikací modrého pigmentu k probarvení betonu není mnoho. Jednou z mála realizací je dvoupatrová vila s oficiálním názvem Vila Bautista, která je zasazena v biosférické rezervaci Sian Ka'an, jenž je od roku 1987 světovým dědictvím UNESCO. Tím, že se jedná o chráněnou oblast byli architekti do jisté míry omezeni. Rezidence je umístěna na pozemku u pláže v přechodové zóně, kde je povolena rezidenční výstavba za účelem ekoturistiky. Dům je vyvýšen na betonových piliřích, aby nepoškodil ekosystém pod ním. První patro domu zahrnuje otevřenou kuchyni, jídelnu a obývací pokoj. Na této úrovni jsou také čtyři ložnice a tři koupelny, hlavní apartmá má přístup do samostatné třípatrové betonové věžičky, která zdvojnásobuje flexibilní prostor pro práci nebo meditaci. Jednotlivá podlaží jsou propojena točitým betonovým schodištěm [35].

◀ **Obr. 35** Pohled z výšky zachycující Vilu v celém jejím objemu [36]



Primárním konstrukčním materiálem je beton , jehož surovost vyvažuje dřevo z místních lesů. Architekti ozvláštnili exponované betonové monolitické konstrukce protónováním modrým organickým pigmentem, který proměňuje svou barevnost v závislosti na poloze a intenzitě slunce od oceánově modré až po odstíny růžové. Obecně jsou modré pigmenty pro probarvování betonu vyráběny ze směsi oxidů železa chromu a kobaltu. V tomto případě je použití modrého organického pigmentu v exteriéru vzhledem jeho barevné nestálosti jistým experimentem [35].

“Dodavatel nás upozornil, abychom barvivo nepoužívali, jelikož je nestabilní vůči účinkům vnějšího prostředí, určené pouze pro interiéry. Jako přírodní a organická přísada experti nejsou schopni předpovědět, jak bude reagovat na přímém slunečním světle, na “slanost” vzduchu či účinky dalších povětrnostních vlivů - časem s největší pravděpodobností změní svůj odstín.

Ve studiu se nám však líbila myšlenka pracovat s touto nepředvídatelností a klient, mladá kreativní mysl, ji okamžitě podpořil.

V džungli, nacházející se mezi mořem a lagunou, pod modrou karibskou oblohou byla vyzdvížena modrá struktura. Jedná se o dům se stěnami, které reagují podle toho, jak jsou vystaveny slunci, a podle své polohy v domě – generují měnící se škálu tónů, které přecházejí od modrého moře až po růžové západy slunce. Moderní ruina, která odráží plynutí času” [38].

Productora



◁ Obr. 36 Testovací sada probarvovaných vzorků [37]



◁ **Obr. 37** Pohled zachycující proměnu barvy betonového bazénu na střešní terase při západu slunce [36]



◁ **Obr. 38** Pohled na betonové, modře probarvené, točité schodiště, které propojuje jednotlivá podlaží a patrovou betonovou věž [36]



▽ **Obr. 39** Betonáž sloupů IN SITU [37]



▽ **Obr. 40** Konstrukce lešení v budoucím místě výstavby pro definování výšek jednotlivých podlaží a výhledů do krajiny [37]





HOTEL PARADERO TODOS SANTOS

ARCHITEKT: YEKTAJO & VALDEZ ARCHITECTS, ROK REALIZACE: 2021,
LOKACE: TODOS SANTOS, MEXIKO

Hotel Paradero je umístěn v lokalitě Todos Santos, jejíž krajina, vzhledem ke své blízkosti k obratníku Raka zahrnuje pět odlišných ekosystémů. Poušť, pohoří Sierra La Laguna, které je z hotelu na obzor, pláže podél pobřeží Tichého oceánu, oázu s palmami a zemědělskou půdu patřící farmářské komunitě Mesa. Vzhledem k této rozmanitosti označilo UNESCO Todos Santos za biosférickou rezervaci, jednu z pouhých dvou lokalit v mexickém Baja. Hotel Paradero zaujímá pět akrů dříve nedotčené půdy nacházející se na hranici zemědělské půdy. Vzhledem k hodnotě místa bylo primární snahou architektů vytvořit dílo, které bude místo s pokorou respektovat, splyne s ním a nezanechá výraznou ekologickou stopu.

Celkovou dispozici hotelu navrhli architekti Yektajo a Valdez do lichoběžníkového tvaru, tak, aby každý apartmán nabídl výhled na okolní krajinu. Primárním konstrukčním materiálem je béžově probarvený beton, v interiéru doplněn o dřevo a kov. Směrem do átria tvoří betonová stěna sinusoidu, která je analogií k okolnímu pohoří [39,40].

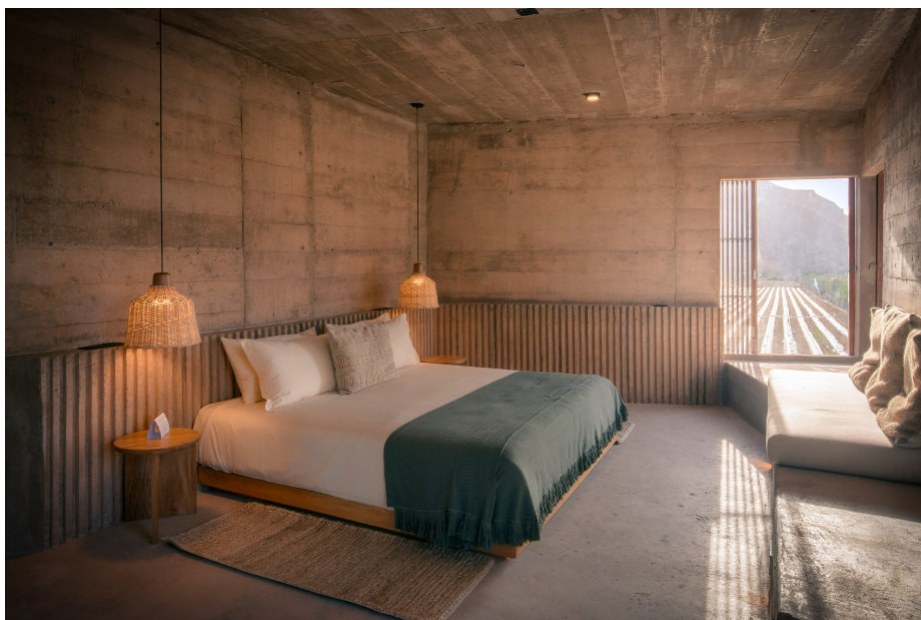
◁ **Obr. 41** Pohled z nadhledu na hotelový komplex a betonovou stěnu ve tvaru sinusovy křivky orientované do átria hotelového komplexu [40]
▽



Hotelový komplex se skládá z řady betonových objemů. Betonová směs probarvená pigmentem, jejíž výsledná béžová barva po vytvrzení ladí s okolní krajinou byla odlita do bednění z hrubých dřevěných prken IN SITU [39,40].



◁ **Obr. 42** Betonové objemy splývající s okolním prostředím [40]



◁ **Obr. 43** Pohled do jednoho ze 35 apartmánů. Interiéry byly realizovány ve spolupráci s mexickým studiem B I Huber [40]

▽ Obr. 44 Proces odlevání betonové směsi do bednění z hrubých dřevěných prken, které po vytvrzení betonu a odbednění zanechají viditelnou texturu [41]





MĚSTSKÝ SOUD A MATRIKA

ARCHITEKT: DAVID CHIPPERFIELD, FERMÍN VÁZQUEZ, ROK REALIZACE: 2004-2009,
LOKACE: BARCELONA, ŠPANĚLSKO

Záměrem realizace “ City of Justice” bylo zkoncentrování právního aparátu barcelonské samosprávy a města L’Hospitalet de Liobregat do jednoho místa a zjednodušit tím chod úřadu, který byl dříve roztroušen do sedmnácti budov po celém městě, což působilo značné logistické komplikace zaměstnancům i uživatelům z řad veřejnosti.

Realizace, která byla dokončena v roce 2009 zahrnuje celkem osm objektů na území bývalých vojenských kasáren na hranici mezi oběma městy. Komplex přiléhá z jedné strany ke Grand Via, hlavní přístupové cestě z jihu do centra Barcelony, z druhé strany k magistrále, která vede do L’Hospitalet de Liobregat. Svým umístěním tak umožňuje optimální přístup z a do města soukromou i veřejnou dopravou.

Vložení téměř 240 000 čtverečních metrů zastavěné plochy do relativně malého prostoru, jehož okolí postrádá jasné urbanistické reference vyřešili architekti rozčleněním do devíti kvádrových bloků různých barev a velikostí, které jsou do prostoru usazeny s určitou mírou kompoziční volnosti vyhýbající se rigidnímu ortogonálnímu vzoru. Budovy obklopují veřejné náměstí

Institucionální zastoupení spravedlnosti a obrovská velikost projektu se odráží ve strukturální monolitické fasádě z probarveného betonu. Charakter pravdivosti jednotlivých monolitických budov odráží poklid soudcovské funkce a průkaznost dění uvnitř soudů [5,42].

◁ Obr. 45 Komplex budov městského soudu a matriky [43]

Po dokončení realizace komplexu retrospektivně zhodnotil architekt David Chipperfield, že volba probarvovaného betonu, jakožto jednoho z primárních stavebních materiálů, významně přispěla ke kvalitě celého projektu.

Idea zvolit probarvovaný beton vzešla především ze snahy rozlišit od sebe objemy jednotlivých budov. Samotné realizaci však předcházely jisté pochybnosti a sice jak bude probarvovaný beton v takovém objemu vypadat. Barva je v tomto projektu hlavní esencí a tedy i vysokým rizikem.

Obavě předcházelo dilema, zda je vhodné betonovou směs k dosažení barevnosti probarvit, či beton opatřit barevným nátěrem následně po jeho vytvrzení. Při jisté neopatrnosti může být probarvení betonu kontraproduktivní. K vysvětlení David Chipperfield uvádí příklad “Pokud realizujeme budovu z fialového betonu, je to opravdu zajímavé?” Probarvením může dojít ke ztrátě přirozenosti betonu.“ Nejsložitější je probarvení žlutým pigmentem. Z pohledu přirozenosti spolu beton a žlutá barva nepasují, probarvením žlutým pigmentem vždy dosáhneme pouze umělého výsledku. Z tohoto pohledu je probarvení zemítymi pigmenty jednodušší. Při probarvení betonové směsi se barva stává součástí materiálu, zde tkví hlavní problém a výzva zároveň. Současně je nutné myslet také na přirozené stárnutí materiálu, který se v případě probarveného betonu může projevit proměnou barevnosti. Například ambice sytě černé barvy by v tomto projektu představovala problém. Černá barva v kombinaci s betonem velmi dobře působí, avšak v případě probarvení betonu a vystavení účinkům vnějšího prostředí velmi rychle saturuje.

Původně měly být použity pouze tři, opakující se, barvy pro celý projekt: červená, žlutá a zelená. V návaznosti na první prakticky realizovaný experiment s probarvením vzorků přišli architekti s myšlenkou barevné spektrum rozšířit a dosáhnout tak větší barevné rozmanitosti. Zde architekti stáli opět před složitým rozhodnutím, bylo nutné vybrat takové barvy, které působí dobře v kombinaci s betonem a současně barvy, které se budou vzájemně doplňovat a ladit v celém kontextu projektu [5,42].

Pro osm budov bylo zvoleno sedm barevných variací z čehož jednu budovu ponechali architekti bez probarvení. Přidání pigmentu do betonové směsi výrazně zvyšuje náklady, eliminací probarvení bylo dosaženo dalšího barevného tónu při eliminaci nákladů.

Rozvržení budov a použití jednotlivých druhů barevných pigmentů a jejich koncentrace v betonové směsi je uvedena na schématu níže [5].

▽ Obr. 46 Schéma rozložení budov a jejich barevnosti [44]




Diagram showing the layout of eight buildings (A, B, C, D, F, G, H, J) with their respective colors and pigment concentrations. Building A is green, B is white, C is red, D is orange, F is brown, G is black, H is yellow, and J is yellow.

BUDOVA	PIGMENT	KONCENTRACE
A	ZELENÝ	1 %
B	BEZ PIGMENTU	-
C	ČERVENÝ	1 %
D	ORANŽOVÝ	2 %
F	HNĚDÝ	1 %
G	ČERNÝ	2 %
H	ŽLUTÝ	2 %
J	ŽLUTÝ	2 %

Nižší podíl pigmentu, značně pod množstvím nasycení, postačuje k dosažení znatelných rozdílů v barvě a zároveň má tu výhodu, že snižuje účinky možných chyb v dávkování, které se projeví menší vizuální odchylkou v celkovém objemu.

Minimalizace rizika vzniku estetických anomálií probarvených exponovaných ploch a dosažení kvality výsledného díla byla předem konzultována s externími konzultanty, kteří měli předchozích zkušeností v oblasti prefabrikace. Pozornost byla soustředěna také na hledání referenčních staveb a prací, které by mohly poskytnout vodítka a informace o skutečném rozsahu možných obtíží. Výsledkem této rešerše a konzultací byla volba pigmentů, které jsou kompatibilní v kombinaci s šedým cementem, dále potom zajištění procesu barvení betonové směsi s použitím předem odměřeného množství pigmentu v rozpustných pytlích, které po nalití přímo do míchacích vozů značně zjednodušily proces přípravy betonu [5,42].

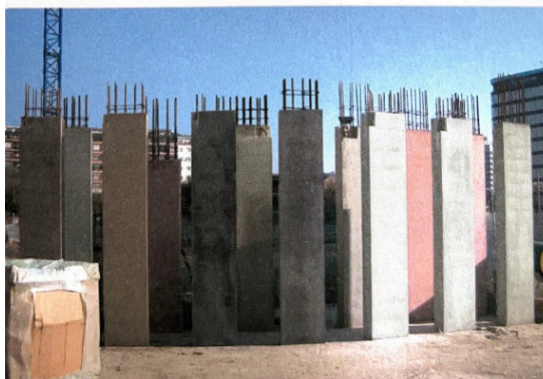
Procesu výstavby předcházela rozsáhlá část přípravy, která zahrnovala provedení experimentálních vzorků v reálném měřítku. Kvalita těchto vzorků odpovídala nárokům architektů, ačkoliv, jak bylo očekáváno, určité nedostatky se při odbednění konstrukce vyskytly. Překvapivě jen malá část vad souvisela s procesem probarvení. Vady, byly spíše spojeny s typickou problematikou pohledových betonových ploch, na které jsou kladeny vyšší požadavky.

Barva v celém objemu není vizuálně jednotná, tak jako při dodatečném natření betonu po jeho vytvrzení. Tuto zdánlivou nedokonalost odchylek barevného tónu je však možné chápat naopak jako určitou atraktivitu přirozenosti **Obr. 48**.

Druh a stav použitých bednicích forem je jedním z primárních faktorů ovlivňujících výslednou podobu a kvalitu pohledového betonu. První myšlenkou bylo použití forem z překližkové desky s fenolickou vrstvou, avšak z důvodu nevýhody náchylnosti k poškození při opakovaném použití byla zvolena odolnější varianta v podobě ocelových bednicích plátů. Možnost opětovného využití bednění značně snižuje ekonomické náklady a také ekologickou stopu výstavby **Obr. 49**. Přední strana forem je chráněna antikorózním nátěrem, Ochrana vnitřních ploch není nutná. Opakované použití forem a aplikace separačních prostředků poskytuje dostatečnou ochranu proti korozi oceli **Obr. 50** [5,42].



◁ **Obr. 47** Pigmenty probarvované testovací vzorky [5]



◁ **Obr. 48** Probarvené “makety” pilířů v měřítku 1:1, sloužící k otestování reálné barevnosti [5]

▽ Obr. 49 Průběh bednění [5]



▽ Obr. 50 Ochrana přední strany forem antikoročním nátěrem [5]

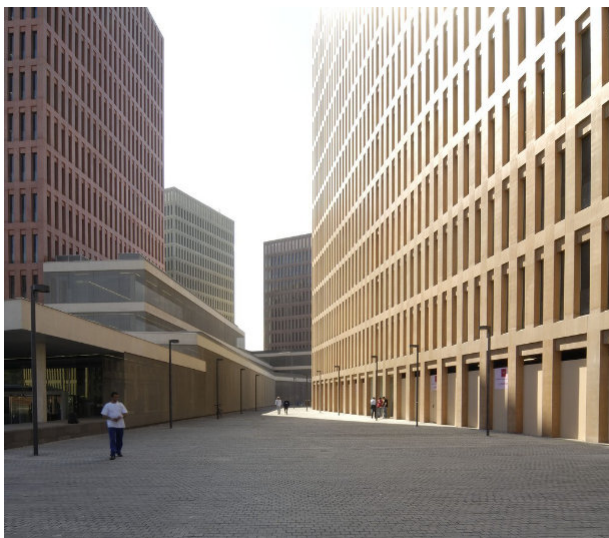




△ **Obr. 51** Opravy a demolice.
Přes veškerou snahu je téměř nemožné zcela eliminovat sporadický výskyt vad pohledového betonu [5]

V případě drobných “kosmetických” nedostatků opravy spočívali v úpravě povrchu pigmentovanou maltou ve speciálně kontrolovaném poměru pigmentu, tak , aby došlo k co nejpřesnější reprodukci původní barvy.

Použití hnědých a černých pigmentů k probarvení betonové směsi je průvodem kuriózního jevu, jehož rozsah a spektakulární povaha zpočátku vyvolávali v tomto projektu mírné obavy. Původcem problému se zdá být náboj statické elektřiny generovaný v ocelových plátech forem třením stěrky během aplikace separačního prostředku. Částice železitých pigmentů jsou přitahovány pokovením bednicích forem a usazují se na povrchu betonu. Naštěstí se jedná pouze o slabou vrstvu, kterou lze odstranit jemným kartáčováním [5].

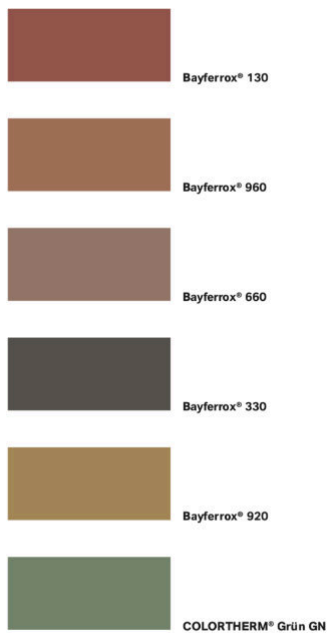


◁ **Obr. 52** Detail exponované probarované betonové fasády v parteru [45]



△ **Obr. 53** Pohled na probarvované fasády jednotlivých budov komplexu Ciudad de la justicia Barcelona [43,46]

◁ **Obr. 54** Přehled použitých pigmentů v projektu. Pigmenty dodala firma Lanxess [42]





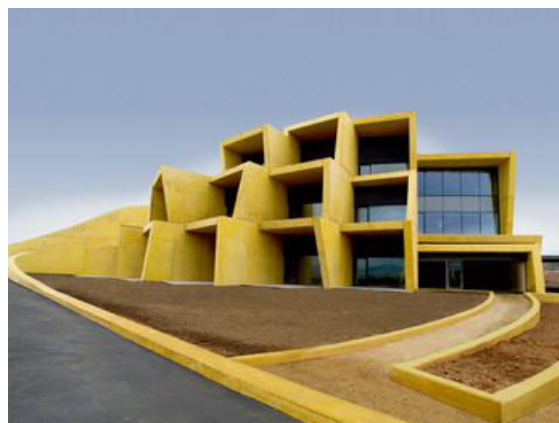
KOMPLEX VINAŘSTVÍ – BODEGA ANTIÓN

ARCHITEKT: JESÚS MARINO PASCUAL, ROK REALIZACE: 2004-2007,
LOKACE: LA RIOJA, ŠPANĚLSKO

Za návrhem komplexu pro vinařství Bodega Antión ve španělské Rioji stojí architekt Jesús Marino Pascual, který se při své práci zaměřil na důmyslné propojení výroby a prezentace vysoce kvalitních vín, restauraci a luxusní hotelové ubytování pro hosty vinařství. Bodega Antión je přirovnávána k “procházce” vinnou révou, která návštěvníkům nabízí nejen vinařský zážitek, ale představuje také umělecké architektonické dílo.

Při řešení tohoto projektu stál architekt před velikou výzvou. Pozemek o velikosti 18 127 m² měl pojmout nejen výrobní a skladovací plochy až pro 1 milion litrů vína ročně, ale také dvanáct luxusních apartmánů, exkluzivní restauraci, degustační prostory, administrativu a vinotéku. Aby všechny tyto prostory začlenil do budovy o rozloze 12 165 m², bylo potřeba překonat určitá topografická omezení krajiny a využít prostory pod zemí pro provozní zařízení a nad zemí pro “veřejné” zázemí. Snahou bylo prostory nad zemí co nejcitlivěji integrovat do okolní krajiny a vytvořit pocit kontinuity mezi všemi částmi budovy, což bylo dosaženo mimo jiné zvolenou barvou probarveného betonu [47, 48].

◁ Obr. 55 Interiér a exteriér vinařství [47,48]



Pro výrobu okrově zbarveného betonu byl do betonové směsi přimíchán žlutý anorganický, vysoce tónovací pigment oxidu železa . Betonová směs byla vyrobena in situ v míchačce přímo na staveništi. Tímto způsobem bylo možné snadno a v krátkém časovém horizontu dosáhnout barevného tónu, který byl architektky požadován. V celém projektu bylo potřeba cca 12 000 m³ betonu, což odpovídá celkové spotřebě cca 120 tun pigmentu. Pigment byl dávkován do míchačky betonu přímo ve vodou ředitelných papírových pytlích po 10ti kilogramech [47,48].



◁ Obr. 56 Průběh výstavby
[47,49]
▽





△ Obr. 57 Detaily žlutě probarvených betonových ploch v interiéru a exteriéru [48]



◁ Obr. 58 Barva použitého pigmentu v projektu. Pigment dodala společnost Lanxess [48]

**formirapid®/
Bayferrox® 920**



VEGAS ALTAS – KONGRESOVÉ CENTRUM

ARCHITEKT: PANCORBO ARQUITECTOS, ROK REALIZACE: 2014,
LOKACE: VILLANUEVA DE LA SERENA, ŠPANĚLSKO

Přístup k návrhu budovy kongresového centra Vegas Altas vzešel z rozporuplné urbanistické situace. Centrum bylo umístěno na periferii města v těsné blízkosti zemědělské půdy a polí, které se staly pro autory realizace inspirací. “ Neúrodné pole se může stát úrodnou zemí, která přijímá a dává život. Pšeničný klas se proměňuje, mění a slouží jako potrava a zároveň se stává součástí nás, našeho života. Město se proměňuje, je schopno vytvářet nové prostory, ve kterých z ničeho vzniká celek. Z ničeho nic vzniká nový prostor, místo, které nás baví, žije a které se stává místem setkávání, společným místem. A příroda k nám přichází v podobě velkého balíku slámy, něčeho tak spojeného s naší zemí, s naším způsobem života. A město se tak spojuje s přírodou, která nás vždy překvapí. A pod tím velkým balíkem slámy je život, kultura, starosti, iluze... Všechno má v kongresovém centru své místo” [50-52].

◁ Obr. 59 Detail fasády kongresového centra Vegas Altas [53]



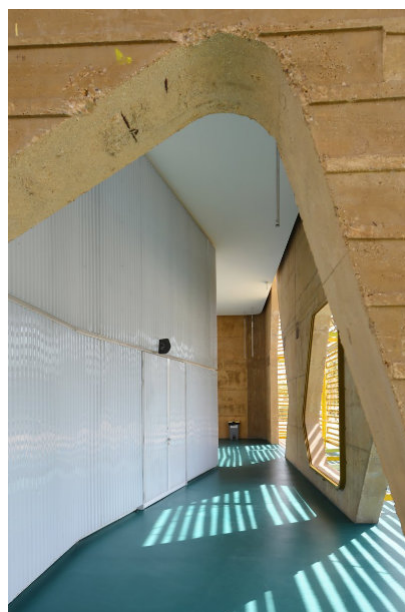
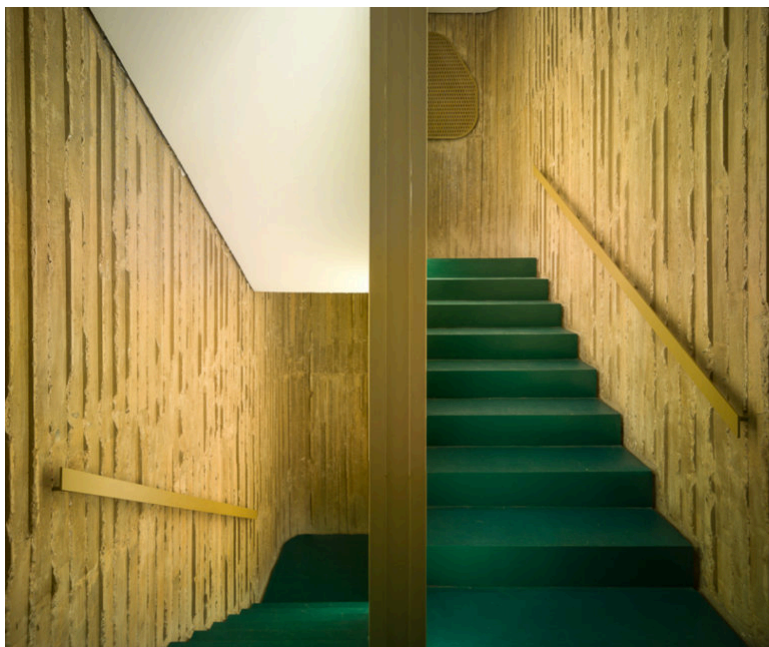
Probarvení betonové konstrukce v celé její hmotě bylo dosaženo skrze přimíchání žlutého anorganického pigmentu oxidu železa. Betonová konstrukce byla zhotovena in situ. Výsledkem po vytvrzení betonu je zlatožlutá sytá barva. Cílem bylo dosažení barvy připomínající balík slámy. Na základě této reference byl pigment přidán do betonu navrhnut společností Serra ciments specificky pro tuto stavbu.

S cílem zjemnit kontrast budovy obalili architekti pohledovou betonovou konstrukcí systémem lan v uspořádané formě inspirovanou liniemi vyřiznutými do zemědělských polí pro sklizeň. Tento “závoj” zároveň poskytuje neocenitelný stín návštěvníkům budovy během horkých letních dní v regionu [50-52].

▽ **Obr.60** Průběh výstavby
[50,54,55]



▽ Obr.61 Detaily probarveného betonu na fasádě a v interiéru [53]





SKLAD SUDŮ – KYRÖ DISTILLERY

ARCHITEKT: AVANTO ARCHITECTS, ROK REALIZACE: 2019,
LOKACE: Isokyrö, FINSKO

Zadavatelem realizace je společnost Kyrö Distillery, finský řemeslný výrobce lihovin, který v posledních letech zaznamenal veliký úspěch a mezinárodní ocenění jeho produktů. Pozitivní reputace výrobků vedla k nárustu poptávky a s tím spojené potřeby rozšíření výrobních a skladovacích prostorů. Společnost uspořádala vyzvanou soutěž, v rámci níž bylo vybráno finské studio Avanto Architects se sídlem v Helsinkách.

Oblast, kde se komplex lihovaru nachází, je jedinečná svou krajinou, která je klasifikována jako národně významná krajina s rozlehlými rovinatými poli a hustými lesy, které doplňují zachovalé postarší dřevěné stodoly. Dřevo jakožto původní a také přítomný materiál vnuklo architektům myšlenku pojetí skladovací budovy jakožto tradiční stodoly obložené dřevěnými prkny. Výstavba za účelem uskladnění lihovin je spojena, vzhledem k hořlavosti surovin, s rámcovými omezeními a nároky na vysoký stupeň požární bezpečnosti. Nutné je zajištění nehořlavosti stavebních materiálů, ale také správných podmínek vnitřního klimatu, s určitou teplotou a vlhkostí. Koncentrace alkoholu vypařujícího se z dřevěných sudů musí být regulována, aby nedošlo k výbuchu. Z tohoto důvodu bylo nutné od záměru použití dřeva ustoupit. V rámci snahy o zachování původní myšlenky vizuálního pojetí přistoupili architekti k volbě betonu jakožto stavebního materiálu za použití bednicích forem se strukturou dřeva. Tato volba a následné provedení zajistilo na první pohled téměř nerozeznatelný rozdíl oproti původnímu záměru použití dřeva [56,57].

◀ Obr. 62 Detail fasády skladu sudů [56]

Konstrukce vnějšího pláště je složena ze standardních betonových sendvičových panelů ve složení vnějšího železobetonového pláště o tloušťce 105 mm, 150 mm polyuretanové izolace a vnitřního železobetonového pláště tloušťky 80 mm.

Ve snaze o dosažení autentického vzhledu typické stodoly pro daný region byly pro vhodný otisk bednění zpracovány původní desky z demontované stodoly do dvou forem o velikosti 1,5 x 4,5 m. Textura dřevěných vláken, díry po hřebících a helmintech byly předem zvýrazněny oškrábáním a broušením desek. Tento proces podtrhl jedinečnou strukturu desek pro použité bednicí formy, jehož výsledkem je povrch věrně připomínající ostrobotnské dřevo. Architekt si přál co nejméně opakujícího se vzoru, vzhledem k nedostatečnosti použitelných prken muselo být technikou odlévání vyrobeno více pryžových prken aby bylo možné odlévat dvě různé formy 1,5 x 4,5 m. S těmito dvěma formami bylo možné vytvořit vzor, který se opakoval pouze po každých šesti metrech [56,57].

▽ **Obr. 63** Naskládané desky byly opískovány a opáleny. To zvýraznilo kresbu dřeva. Vše uvolněné bylo ze stodol odstraněno, načež byly desky zpevněny pryskyřicí [56,58]

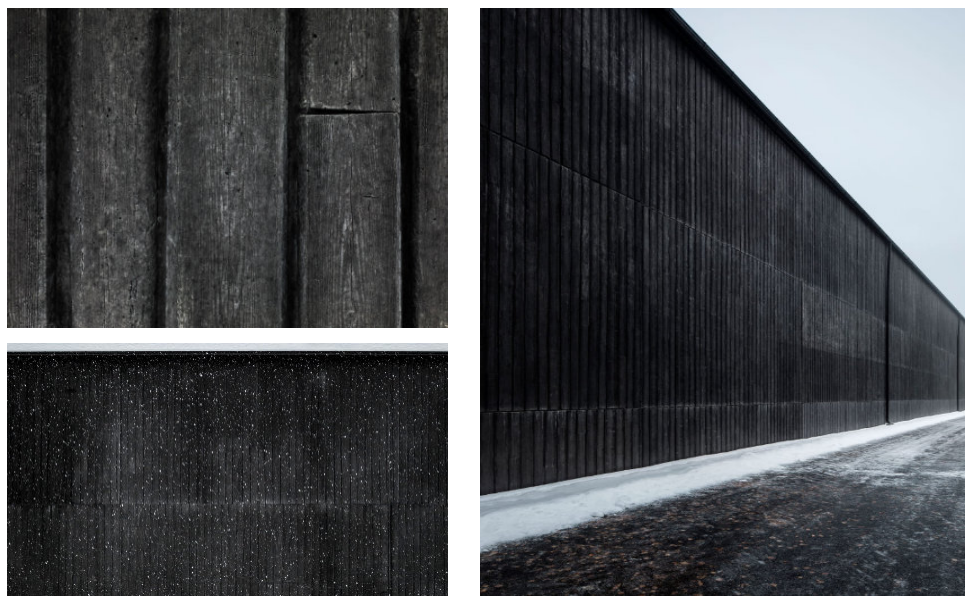


Podle původního plánu měly být betonové prvky vyrobeny z probareveného betonu a následně po vytvrzení na staveništi opatřeny nátěrem k dosažení tmavšího odstínu. Na základě výsledků několika experimentálních zkušebních vzorků byl použit sytě černý pigment Bayferrox 360 v dávce 5 % pigmentu (počítáno na celkovou hmotnost cementu) v kombinaci s bílým cementem pro dosažení čistého barevného tónu. Výsledný barevný beton byl dostatečně tmavý a černý, nebylo tedy potřeba použití drahého dodatečného nátěru v exteriéru. Nátěr černou barvou byl aplikován pouze ve dvou odděleních interiéru s vysokou intenzitou osvětlení, které jsou přístupny veřejnosti k dosažení “dramatičtější” atmosféry.

Použití pigmentů na bázi oxidu železa v betonu pro realizaci výstavby vždy vyžaduje nezbytnou technickou a aplikační odbornost – zvláště u černých pigmentů. Krom výběru vhodného pigmentu má na výsledek značný význam vhodně zvolený cement, jehož barva značnou měrou ovlivňuje výsledný odstín betonu.

V projektu bylo použito cca 80 m³ betonu, což odpovídá celkové spotřebě cca 1 300 kg pigmentu [56,57].

▽ **Obr. 64** Detaily povrchu vnějšího pláště fasády. Beton reprodukuje zvětralou povrchovou strukturu dřeva s velikou přesností, na první pohled je rozdíl mezi betonem a dřevem jen těžce rozeznatelný [56,58]



◁ **Obr. 65** Barva použitého pigmentu v projektu [57]

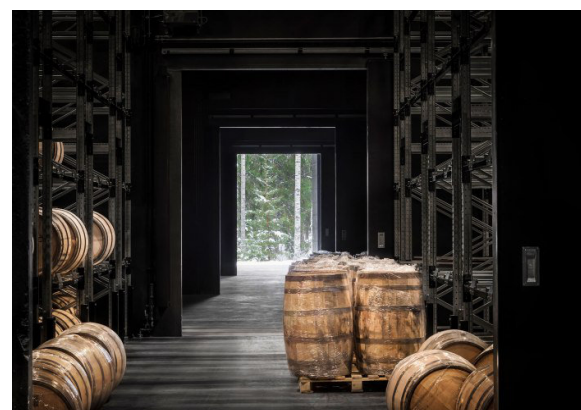
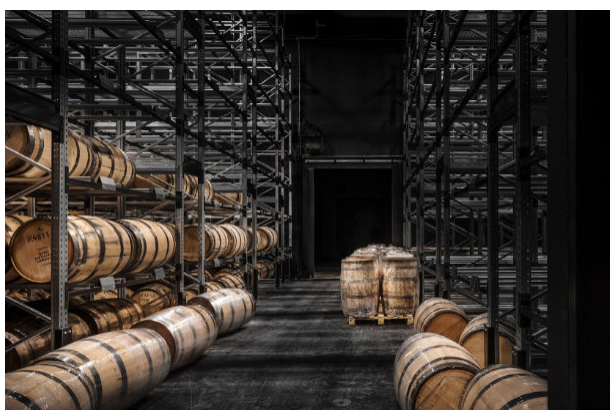
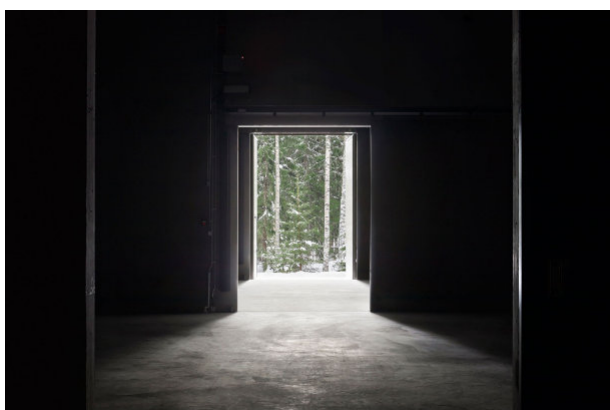
▽ Obr. 66 Jedna z původních staveb v oblasti, kterou byla realizace inspirována [56]



▽ Obr. 67 Pohled na exteriér realizace skladu sudů z černě probarveného betonu [56]



▽ Obr. 68 Pohled na exteriér a interiér skladu [56]





MEZIGENERAČNÍ BYTOVÝ DŮM

ARCHITEKT: SANDEN + HODNEKVAM ARCHITECTS, ROK REALIZACE: 2017-2020,
LOKACE: LILLEHAMMER, NORSKO

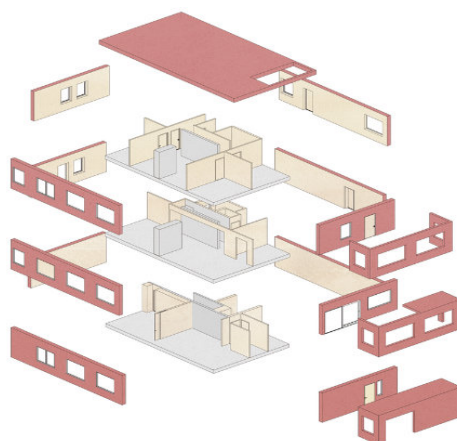
Červeně probarvený betonový dům v norském Lillehammeru je vyroben na principu opakovatelné stavebnice, která umožňuje majitelům domů realizovat velkou část stavebních prací svépomocí.

V celkové hmotě se jedná o projekt pro třígenerační rodinu. Vzhledem k relativně velkému objemu a omezenému rozpočtu se finance staly důležitým faktorem, který generoval potřebu najít řešení, které bude cenově dostupné, bude vyhovovat záměru a zároveň dodržena celková kvalita projektu.

Stavba je situována na poměrně strmém pozemku o výměře 650 m² s výškovým rozdílem cca 10 metrů. Vzhledem ke komplikovanému terénu, zajištění dodržení předpisů výšek jednotlivých pater a využití potenciálu krásného výhledu do okolí je velká část domu zasazena do svahu.

Kombinace velmi racionálního a opakujícího se stavebního systému a značného množství výstavby svépomocí vedla k velmi nízkým stavebním nákladům v kombinaci s dobrou kvalitou v poměru peněz a času [59].

◁ Obr. 69 Pohled na exteriér domu a schema prefabrikace [59,62]



Na základě omezeného rozpočtu a skutečnosti, že část domu je umístěna pod zemí, zvolili architekti jako primární vnější stavební materiál prefabrikované betonové prvky. Všechny prvky fasády, podzemní i nadzemní, jsou vyrobeny ze stejného materiálu a dodržují stejný systém. Tímto je zajištěna jednoduchost konstrukce a detailů a zaručeny nízké stavební náklady. Přechody mezi prefabrikovanými prvky a liniemi mezi deskami se prolínají a vytvářejí charakteristický vzor na fasádách. Betonové prvky se opakují, což umožnilo použití stejného bednění vícekrát. Opakující se systém také umožňuje potenciální opětovné použití stavebních materiálů v budoucnu.

Betonové prvky jsou vyrobeny z izolovaného betonu (cellcrete), s 50mm vnější vrstvou z betonu, který je probarven červeným pigmentem na bázi oxidu železa.

Před zahájením prefabrikace testovali architekti různé varianty bednění a ladili kombinaci jednotlivých prefabrikovaných betonových prvků. Předem bylo počítáno si faktem, že nelze docílit barevné jednotlosti [59].

▽ Obr. 70 Průběh výstavby [61]





◁ Obr. 71 Detail kresby fasády [61]

▽ Obr. 72 Schéma prefabrikace [61]

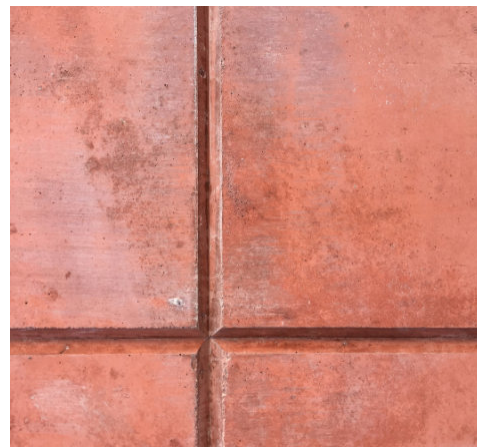
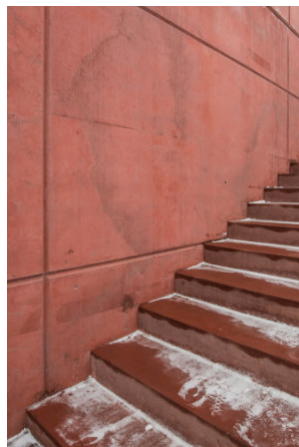


▽ Obr. 73 Testování různých betonových směsí. Poměr vody, druhu, barvy a poměru pigmentu v kombinaci s cementem a štěrkem z norského západního pobřeží [60]



▽ Obr. 74 Test pigmentace betonových prvků v měřítku 1:1 [61]

▽ Obr. 75 Viditelné spáry mezi prefabrikovanými prvky vytváří charakteristický vzor na fasádách [59,60]



PAELŮV DŮM

ARCHITEKT: MAURICIO PEZO, SOFIA VON ELLRICHSHAUSEN, ROK REALIZACE: 2009
LOKACE: CONCEPCION, CHILE

Pigmentovaná železobetonová fasáda, provedena in-situ, byla během řemeslné výroby několikrát opravována k "dokonalosti". Betonová směs byla odlévána po vodorovných vrstvách do bednění z dřevěných prken tak, aby přebytečná voda v každém záběru obarvila vrstvu předchozí se záměrem dosažení efektu „čmáranice“, kterým autoři usilují o poetický obraz „domu, který pláče“ [63].

▽ Obr. 76 Detaily fasády [64]



NÁVŠTĚVNICKÉ CENTRUM – VSTUP A ZASTŘEŠENÍ

ARCHITEKT: VALERIO OLGIATI, ROK REALIZACE: 2019
LOKACE: MUHARRAQ, BAHRAIN

Probarvený betonový “baldachýn” podepřený betonovými sloupy navržený švýcarským architektem Valeriem Olgiatim tvoří bránu do památky světového dědictví Unesco Pearling Path v Bahrainu. Hlavní návštěvnické a zážitkové centrum Pearling Path se nachází v srdci Muharraq uprostřed historického tradičního trhu. Projekt s názvem Pearling Site, zahrnuje ruiny 'Ammarat Yousif Ali Fakhro, historickou 'ammaratskou stavbu postavenou ve 30. letech 20. století, která chátrala kvůli nedostatečnému využití od 60. let 20. století, stejně jako 'Ammarat Al Doy a jeho pozdější rozšíření. Centrum oslovuje široké publikum a funguje jako komunitní centrum, které zahrnuje výstavní prostory, prostory pro děti a dílny, stejně jako archiv a knihovnu a konferenční prostory. Budova je koncipována jako sjednocující střešní konstrukce, ve které je umístěno návštěvnické centrum a zároveň poskytuje ochranu ruinám a zastínění pro setkávání návštěvníků a místní komunity. Les tenkých sloupů drží střechu, výška střechy a rastr sloupů mají jinou logiku než archeologické ruiny, což umožňuje návštěvníkům snadno rozlišit mezi dvěma systémy, systémem ruin a systémem projektu [65].

▽ Obr. 77 Fotografie exteriéru komplexu návštěvnického centra [65]



MUZEUM UMĚNÍ PAULY REGO

ARCHITEKT: EDUARDO SOUTO DE MOURA, ROK REALIZACE: 2008
LOKACE: CASCAIS, PORTUGALSKO

Muzeum umění Pauly Rego v portugalském Cascais poskytuje zázemí pro sbírku děl této mezinárodně uznávané umělkyně, která v Estorilu žila mnoho let. Budova byla navržena podle jejího vlastního přání, přičemž také architektka si Paula Rego sama vybrala. Portugalský architekt Eduardo Souto de Moura, považovaný za jednoho z nejvýraznějších představitelů Escola do Porto, navrhl stavbu, která splňuje všechny technické a architektonické požadavky muzea. Dvě budovy ve tvaru pyramidy stejné velikosti jsou realizovány z červeně probarveného betonu, díky čemuž se harmonicky začlenily do okolní zástavby. Muzeum nabízí 750 m² celkové výstavní plochy, hlediště s 200 místy k sezení a kavárnu se vstupem do zahrady [66].

Muzeum umění Pauly Rego bylo inspirací pro Novou scénu DJKT v Plzni [67].

▽ Obr. 78 Fotografie exteriéru komplexu Muzea umění Pauly Rego [68]



STAVĚDLO

ARCHITEKT: GIGON GUYER, ROK REALIZACE: 1999
LOKACE: ZURICH, ŠVÝCARSKO

Architektonický ateliér Gigon/Guyer stojící za realizací Stavědla v blízkosti Curyšského hlavního nádraží přistoupil k návrhu této budovy na základě konceptuální analýzy daného místa. V okolí zamýšlené stavby si autoři všimli, jak rez z vlakových kolejí znečišťuje betonové pražce, vlečky a dokonce i rostliny podél trati. Rez byla pro volbu barevnosti budovy inspirací. Konstrukce byla provedena z betonu jako monolit s přidáním hnědočerveného pigmentu oxidu železa. Před samotnou realizací byly provedeny časově náročné zkoušky, které měly být zárukou dosažení správné barevnosti betonových stěn [16,17].

▽ **Obr. 79** Fotografie fasády stavědla a jejího detailu. Jednotlivé varianty pigmentů, které byly testovány k dosažení výsledné barvy rzi na kolejích [16, 69,70]

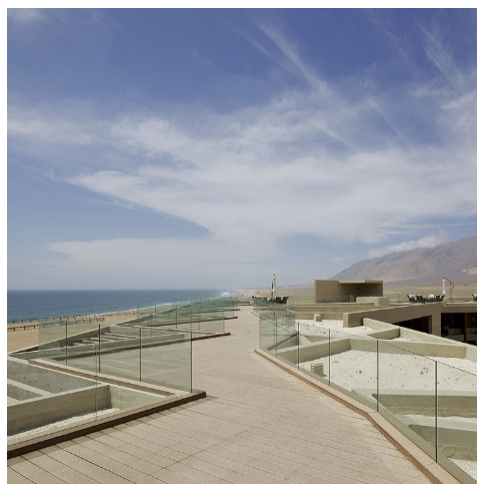


HOTELOVÝ KOMPLEX HORNITOS

ARCHITEKT: GONZALO MARDONES V ARQUITECTOS, ROK REALIZACE: 2012
LOKACE: HORNITOS, CHILE

Hotel pro investora Caja de Compensación Los Andes v Hornitos se nachází na náhorní plošině nad výběžkem 32 metrů nad mořem v poušti Atacama, severně od Chile. Protože se jedná o přírodně velmi hodnoté místo, neposkrvněné zástavbou, stáli architekti před výzvou co nejmenšího invazivního zásahu do krajiny. Architekti zvolili koncepci rozptýlení jednotlivých budov po pozemku s analogií rozlehlostí pouště. Každá z jednotlivých budov byla realizována z vyztuženého betonu pigmentovaného barvami pouště umocňujícími záměr mimésis a dosáhnout tak splynutí budov s okolím [71,72].

▽ Obr. 79 Fotografie exteriéru hotelového komplexu Hornitos [73]

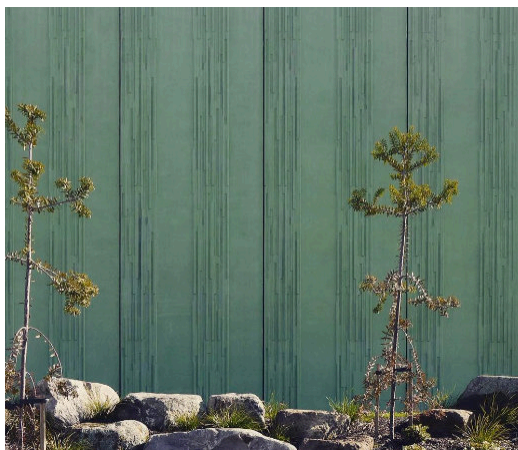


TECHNOLOGICKÝ INSTITUT TOI OHOMAI

ARCHITEKT: DARRYL CHURCH ARCHITECTURE + MOAA ARCHITECTS,
ROK REALIZACE: 2015, LOKACE: ROTORUA, NOVÝ ZÉLAND

V roce 2012 MOAA Architects ve spojení s DCA vyhráli soutěž technologického institutu Toi Ohomai Institute na novou budovu výzkumu. Výsledkem spolupráce je inspirativní vnitřní prostředí zabalené do exteriéru z prefabrikovaných zeleně probarvovaných texturovaných betonových panelů (panely jsou z části vzorované, což minimalizuje případné barevné vizuální odchylky), skla a zelených zástěn. Budova se skládá z přednáškového sálu, studentských společenských prostor a kanceláří zaměstnanců a otevřených, flexibilních a technologicky bohatých výukových prostor [74].

▽ Obr. 80 Fotografie exteriéru technologického institutu Toi Ohomai a detail fasády [74,75]



KOMPLEX ODBORNÉHO UČILIŠTĚ

ARCHITEKT: AIR ARCHITECTURES, ROK REALIZACE: 2009
LOKACE: SAINT-MAUR-DES-FOSSÉS, FRANCIE

Projekt komplexu odborného učiliště francouzských architektů AIR ARCHITECTURES zahrnuje novou třípodlažní budovu obsahující halu, instalatérskou dílnu, učebny, zasedací místnosti a také rekonstrukci stávající jídelny a učeben.

Surově žlutá betonová fasáda dává budově jasnou identitu. Fasáda ze žlutého betonu probarveného ve hmotě, se “překlápá” na zem a vytváří velkorysý slunný otevřený prostor mezi dvěma budovami [76].

▽ Obr. 81 Fotografie exteriéru komplexu odborného učiliště [77]



2 RODINNÉ DOMY

ARCHITEKT: AZPILICUETA ARQUITECTURA Y PAISAJE, ROK REALIZACE: 2017,
LOKACE: LERÍN, ŠPANĚLSKO

Přístup k novostavbě dvou rodinných domů byl podmíněn složitou geometrií místa. Dům M a dům P jsou navrženy jako masivní prvky z jednoho materiálu: upravený pohledový beton, integrovaný do strmého svahu, “vedoucí dialog” s typickou geografii místa.

Pro realizaci byl zvolen konstrukční systém pohledových železobetonových nosných stěn, hromadně pigmentovaných a pískovaných, tak aby bylo odhaleno oblázkové kamenivo, typické pro lerínskou oblast [78].

▽ Obr. 82 Fotografie exteriéru rodinných domů a detail probarvené fasády [79]



MUZEUM LETECTVÍ

ARCHITEKT: PYSALL.RUGE ARCHITEKTEN, ROK REALIZACE: 2010
LOKACE: KRAKOV, POLSKO

Létání, duch místa a struktura historického letiště: nová budova Muzea letectví tyto faktory intelektuálně přebírá a syntetizuje je do expresivní a emblematické struktury. Staré hangáry byly klíčem ke stanovení modulárního měřítka pro půdorys (60 x 60 m) a výšku (12 m) pro novou budovu. Z tohoto modulárního měřítka, vystřiženého a složeného jako papírové letadlo, vznikla konstrukce z černě probarveného betonu připomínající trojúhelníková křídla. Černě probarvovaný beton vytváří ideální kontrast k exponátům letadel, které jsou povětšinou stříbrné, červené nebo modré barvy [80].

▽ Obr. 83 Fotografie exteriéru Muzea letectví [81]

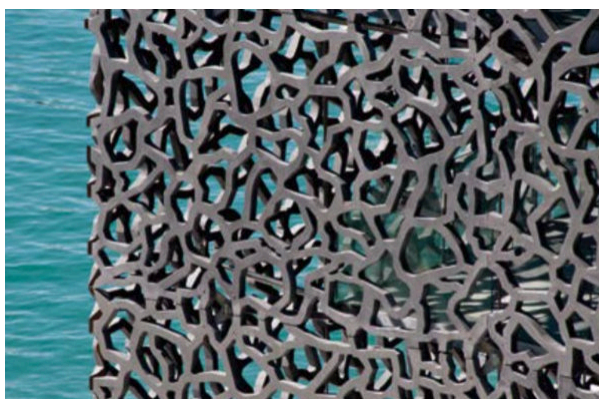
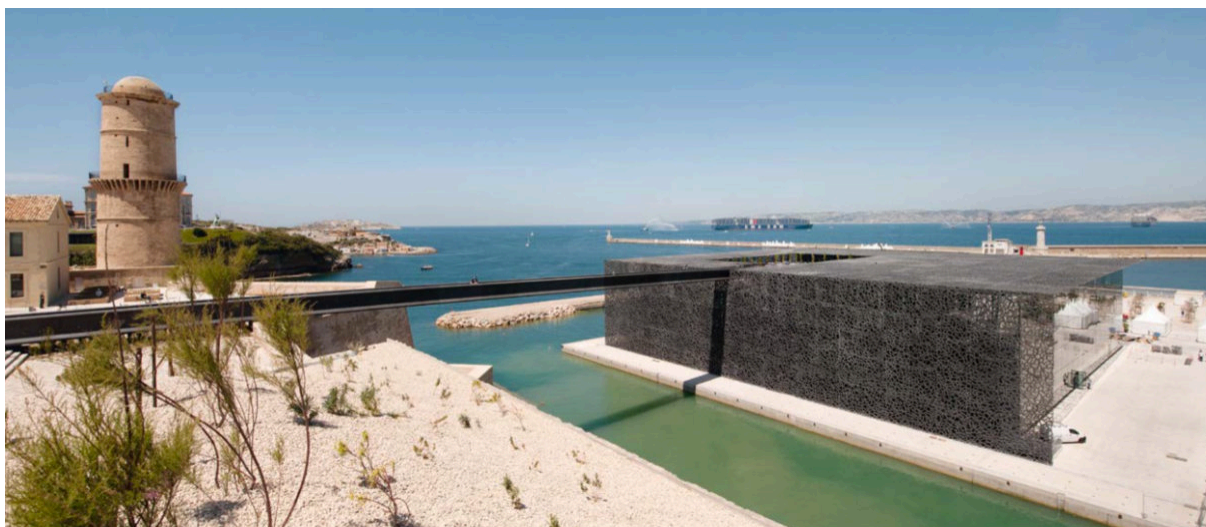


MUZEUM CIVILIZACÍ EVROPY A STŘEDOMOŘÍ

ARCHITEKT: RUDY RICCIOTI, ROK REALIZACE: 2013,
LOKACE: MARSEILLE, FRANCIE

V roce 2013 byla středomořská přístavní metropole jmenována hlavním, kulturním městem Evropy. Otevření unikátního muzea, které je věnováno kulturám středomořské oblasti, si mnozí připomínají jako vrchol roku kulturního hlavního města. Muzeum, navržené francouzským architektem Rudym Ricciottim bylo realizováno na místě starého přístavu, v přímé blízkosti pevnosti Saint Jean. Hranatý objem MuCEM a barevný kontrast fasády k béžové pevnosti vytváří svou vlastní identitu a vyhýbá se konkurenci historickému okolí. Právě z tohoto důvodu Ricciotti vědomě použil černě probarvený beton jakožto primární konstrukční materiál. Konstrukce vyrobená z ultra vysoko hodnotného betonu (UHPC), připomíná síť místních rybářů a její barva umocňuje dojem lehkosti [82].

▽ **Obr. 84** Fotografie exteriéru Muzea civilizací Evropy a Středomoří a detail betonové fasády [82]



DALŠÍ PŘÍKLADY ZAHRANIČNÍCH STAVEB



◁ **Obr. 85** Rezidence z černě probarveného betonu
ARCHITEKT: Di Frenna Arquitectos [83]



◁ **Obr. 86** Černě pigmentovaný beton byl použit k realizaci domu ve vesnici Federal v Novém jižním Walesu v Austrálii
ARCHITEKT: Edition Office [84]



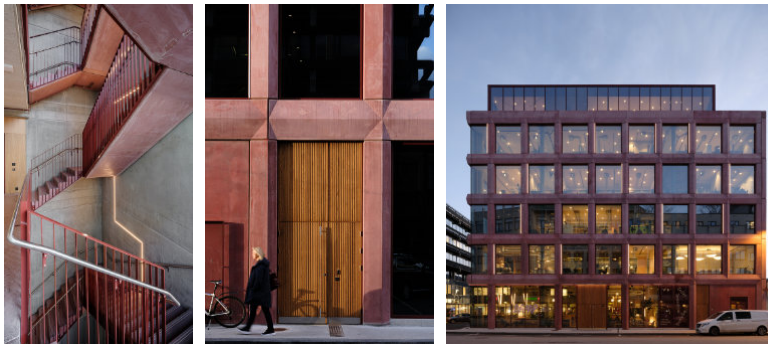
◁ **Obr. 87** Rezidence v Mexiku. Dvě různé textury v červeně pigmentovaného betonu odlišují úrovně a jednotlivé funkce domu
ARCHITEKT: Estudio MMX [85]

▽ **Obr. 88** Čínský Atelier Xi realizoval tónovaný betonový komunitní pavilon a bar s výhledem na pole broskvoní v provincii Henan v Číně
ARCHITEKT: Atelier XI [86]





◁ **Obr. 89** Základní a střední škola Antoine de Ruffi v Marseille ve Francii. Bílý beton s hladkým a pískovaným povrchem
 ARCHITEKT:
 TAUTEM Architecture, bmc2 architectes [87]



◁ **Obr. 90** Kancelářská budova Pir Ålesund v Norsku. Betonová fasáda a prvky v interiéru probarvené červeným pigmentem oxidu železa
 ARCHITEKT: MAD arkitekter [88]



◁ **Obr. 91** Rodinný dům v Londýně, betonová fasáda a prvky v interiéru probarvené červeným pigmentem a zeleným pigmentem
 ARCHITEKT: Studio Ben Allen [89]



◁ **Obr. 92** Rodinná rezidence v portugalském Portu. Beton probarvený žlutým pigmentem
 ARCHITEKT: TRAMA arquitetos [90]

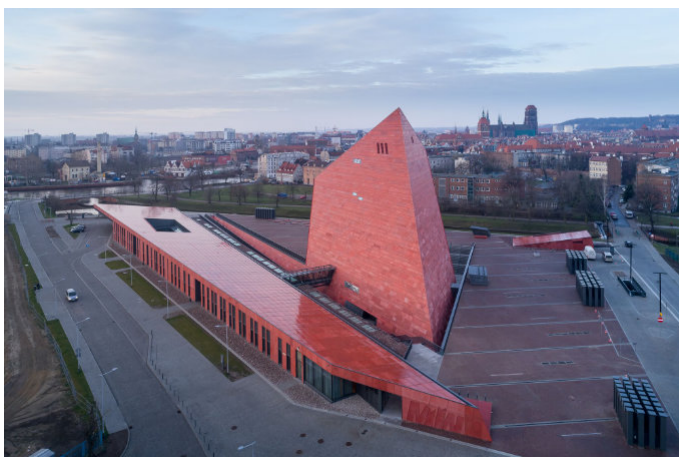


◁ **Obr. 93** Bytový dům v Mexiku.
 Betonová fasáda probarvena do pískového odstínu
 ARCHITEKT: Anonimus [91]

▽ **Obr. 94** Justiční centrum v Bochum v Německu.
 Betonová fasáda probarvena světle růžovým pigmentem v kombinaci s bílým cementem
 ARCHITEKT: Hascher-Jehle Architektur [92]



◁ **Obr. 95** Hotel Tepoztlán v Mexiku
 Betonová fasáda probarvena červeným pigmentem
 ARCHITEKT: Pasquinel Studio,
 Taller Carlos Marin [93]



◁ **Obr. 96** Muzeum druhé světové války v Gdaňsku
 Obálka budovy je tvořena terakotově červeným betonovým obkladem
 ARCHITEKT: Studio
 Architektoniczne Kwadrat [94]

04.1

PROBAROVANÝ BETON V ČESKÉ ARCHITEKTUŘE

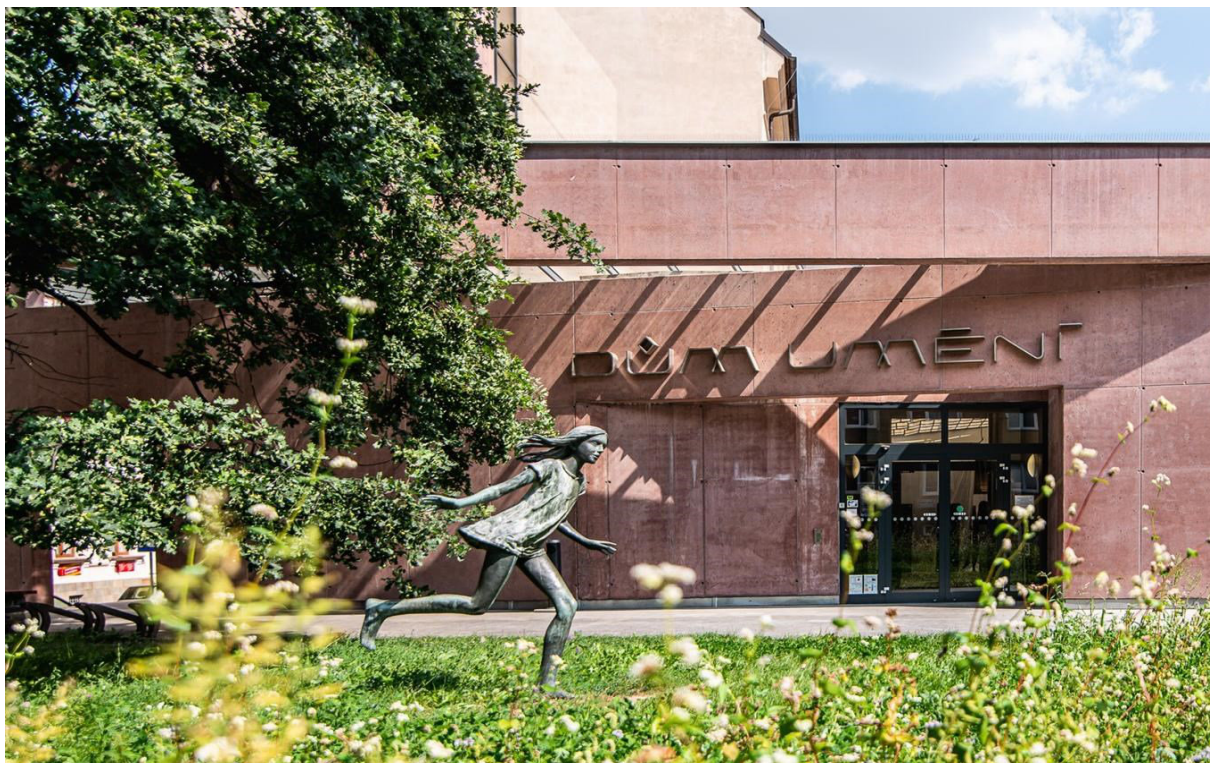
REKONSTRUKCE DOMU UMĚNÍ

ARCHITEKT: HULEC & ŠPIČKA, ROK REALIZACE: 2011,
LOKACE: OPAVA, ČESKÁ REPUBLIKA

Realizace červeně probarveného betonového portálu a nového vstupu do Základní umělecké školy byla součástí rozsáhlé rekonstrukce Domu umění v Opavě.

“Původně středověký, gotický klášter, byl později barokně přestavěn a poté zrušen za josefínských reforem. Torzo stavby přežilo válečnou destrukci města Opavy a bylo přestavěno na Dům umění v 60. a 70. letech 20. století. Současná obnova nahradila dožilou přístavbu kláštera rozsáhlejšími novodobými prostory se vstupním foyer, výstavní halou, hygienickým a provozním zázemím, výtahem a restaurací. Byly rehabilitovány některé památkově nevhodné stavební zásahy z předchozích období, na druhé straně však byly dle požadavků památkové péče jiné novodobé prvky zachovány. Výsledná podoba stavby je pak komplikovanou architektonickou strukturou i mozaikou stylů a období od středověku po 21. století” [95].

▽ Obr. 97 Vstupní trakt z červeně probarveného betonu do Domu umění po rekonstrukci [96]



▽ **Obr. 98** Vizualizace rekonstrukce [97]



▽ **Obr. 99** Vizualizace rekonstrukce [97]



◁ **Obr. 100** Nový vstup do Základní umělecké školy s výtahovou šachtou po rekonstrukci [95]

▽ **Obr. 101** Vstupní trakt do Domu umění po rekonstrukci [95]





NOVÁ SCÉNA DJKT V PLZNI

ARCHITEKT: VLADIMÍR KRUŽÍK / Contemporânea Lda, ROK REALIZACE: 2012-2014,
LOKACE: PLZEŇ, ČESKÁ REPUBLIKA

Nová scéna divadla Josefa Kajetána Tyla v Plzni, je prvním divadlem v České republice, které vzniklo po roce 1989 včetně zázemí. Divadlo bylo součástí projektu Evropské hlavní město kultury 2015 a zahrnuje divadelní budovu se dvěma sály, hledištěm pro 500 diváků, restauraci, baletní školou, studiovou scénou a provozní částí.

Ideový návrh pochází od portugalské architektonické kanceláře Contemporânea Lda, který následně rozpracovala projekční kancelář Helika v čele s architektem Vladimírem Kružíkem.

Argument pro použití červeně probarveného betonu je čistě výtvarný a vychází z očekávání, že bude evokovat archetypy divadelní architektury minulých století. Pochybnost o vhodnosti červeně probarvovaného betonu byla eliminována při společné návštěvě architektů muzea umění Pauly Rego v portugalském Cascais, kde došlo s konečnou platností k rozhodnutí tento materiál v poměrně rozsáhlém měřítku k realizaci Nové scény DJKT v Plzni použít [67,98].

“Přáli jsme si, aby cihlově červená barva betonu, která nás tolik nadchla v Portugalsku, přinesla neopakovatelnou živost a jedinečnost i fasádám plzeňské novostavby”.

Akad. Arch. Vladimír Kružík



◁ Obr. 102 Pohled na průčelí divadla [99]

Konstrukce probarvených betonových stěn je provedena jako monolit in situ, ačkoliv se během přípravných prací zvažovala alternativa prefabrikátů. Na základě výsledků dlouhodobého testování však bylo zjištěno, že nejlepší výsledek zaručuje odlití na staveništi.

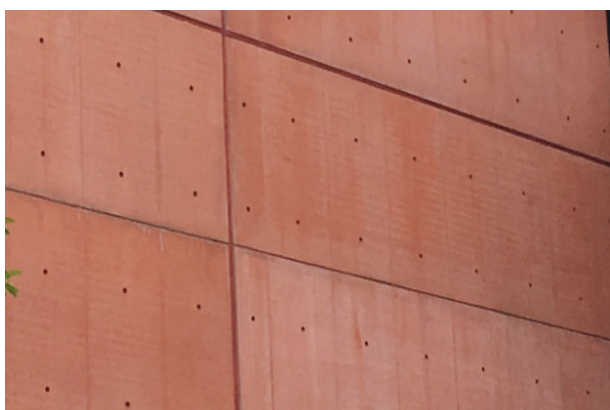
Z počátku byl zamýšlen hladký povrch pohledových ploch, v průběhu testování se od této myšlenky odstoupilo, realizován byl povrch na němž jsou zřetelné bublinky a póry. Architekt kladl důraz na rovnoměrné rozmístění těchto struktur, tento požadavek následně ovlivnil průběh betonáže. Při dosažení hladkého povrchu by bylo náročné rovnoměrnost rozmístění pórů a vzduchových bublinek zajistit.

Beton byl plněn shora pomocí bádí, bylo potřeba vyzkoušet, jakým způsobem nejlépe postupovat, aby vznikly vzduchové bublinky ideální velikosti. Technologem bylo doporučeno plnění pod hladinou z důvodu hrozby oddělování frakcí směsi, tímto způsobem však vznikal příliš hladký a nestejný povrch. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo plněním přes rukáv zhruba z výšky 30 cm nad hladinou. Výsledná receptura byla lazena zhruba jeden rok. Bylo zhotoveno zhruba třicet malých vzorků a sedm zkušebních monolitů. Úvodní a koncové receptury se hodně odlišovaly. Betonáž probíhala každý den i při mírném mrazu, protože směs byla předehřátá. Při nižších teplotách bylo dokonce dosaženo lepších výsledků, barevnost byla sytější a nevytvářely se kresby v líci [67,98].

“Při plánování realizace barevných betonů je zásadní mít naprosto přesnou představu o požadovaném odstínu. Sytě červeného zbarvení fasády divadla bylo dosaženo pomocí anorganického pigmentu na bázi červeného oxidu železa. Dosavadní výzkumy ukázaly, že tyto anorganické pigmenty mají velmi dobré vlastnosti s ohledem na dlouhodobou stálost barevného odstínu”.

Ing. Stanislav Smiřický, jednatel a vedoucí zkušební laboratoře Betotech.

Realizace byla spojena s řadou obtíží, které byly doprovázeny dlouhými diskuzemi, opakovaným vzorkováním a hledáním finálního barevného odstínu, což bylo na jedné straně způsobeno nezkušeností s probarvovaným betonem v takovémto rozsahu v České republice. Po odbednění budily červené betonové fasády pozornost široké veřejnosti, povětšinou v negativním slova smyslu. Kritiku vzbudila především určitá barevná nejednotnost pohledových ploch a přírodní charakter. Ironií této negativity je záměr architekta, který odmítl pokusy o dokonalý, jednolitý barevný vzhled povrchu fasády [67,98].



◁ Obr. 103 Detail pohledové plochy



▽ Obr. 104 Průběh výstavby a a betonáže [100,101]





RODINNÁ VILA

ARCHITEKT: ARCHITEKTONIKA 3000 I PETR SKRUŠNÝ , ROK REALIZACE: 2015,
LOKACE: BRNO, ČESKÁ REPUBLIKA

Rodinná vila a protější objekt, ve kterém se nachází ateliér , garáž a vinný sklep jsou situovány na místo původního tenisového dvorce, který byl vsazen téměř tři metry pod okolní terén. Z tohoto zasazení následně vzešel koncept atriového domu, který je situovaný na okraji parcely a svým prosklením se maximálně otevírá do atria, které nabízí absolutní intimitu. Základním požadavkem architekta a investora v jedné osobě bylo, vzhledem k atriu, které není moc velké, dostatečné prosvětlení prostoru a tedy použití materiálu v barvě, která světlo nepohlcuje. Z tohoto požadavku vzešla preference použití sněhově bílého betonu. Dle slov architekta je pro něj “ beton daleko ušlechtlejším materiálem, co se týká použití v exteriéru, a to jak z hlediska estetiky, tak z hlediska trvanlivosti. Při tomto složení se navíc nemusím bát, že někde popraská, opadá nebo se bude muset renovovat. Je to záležitost na několik desítek let. To je jeden z hlavních důvodů - nadčasovost a trvanlivost” [102,103].

◁ **Obr. 105** Exteriér vily je proveden z bíle probarveného betonu [104]



Působivý dojem stavby je dosažen fungující kombinací použitých materiálů, primárně bílého betonu a skla. Bílý pohledový beton byl realizován na bočních stěnách v zahradě a hlavní, přední stěně objektu s wellness a garáží. Protěžší čelní stěna domu je realizována v plném prosklení. Spojení bílého betonu a skla je výsledkem mimořádného světla a jasů. Sám architekt z vlastní zkušenosti dodává “ Když stojím na zahradě, i večer je tu díky bílému betonu mnohem větší světlo, protože stěny doslova září ”.

Vzhledem k vysokým nárokům na pohledovost betonové konstrukce byl při její výrobě kladen důraz na výběr kvalitních surovin a pigmentů, které budou odolávat po vytvrzení vnějším vlivům a budou stálobarevné v dlouhodobém časovém horizontu.

Pro výrobu betonu byl zvolen jako pojivo bílý dánský cement, pro zvýšení výsledné bělosti betonu byl do betonové směsi přidán bílý pigment, titanová běloba, v obsahu 5 % z celkové hmotnosti cementu. U bílého betonu je výsledná bělost významně ovlivněna bělostí pojiva, pigmentu a čistotou a bělostí kameniva. Z tohoto důvodu byl věnována výběru kameniva patřičná pozornost. Z environmentálního i ekonomického hlediska byla snaha o dodání surovin z blízkých zdrojů samotné stavby. V případě kameniva však v okolí Brna nebylo možné kamenivo použít a sice z důvodu obsahu oxidu železa na části zrn. Obsah oxidu železa se po delší době projevuje rezavými skvrnami na povrchu betonových konstrukcí, což u bílého betonu v tomto případě nebylo žádoucí. Pro výrobu betonu byla použita pouze pitná voda [102,103].

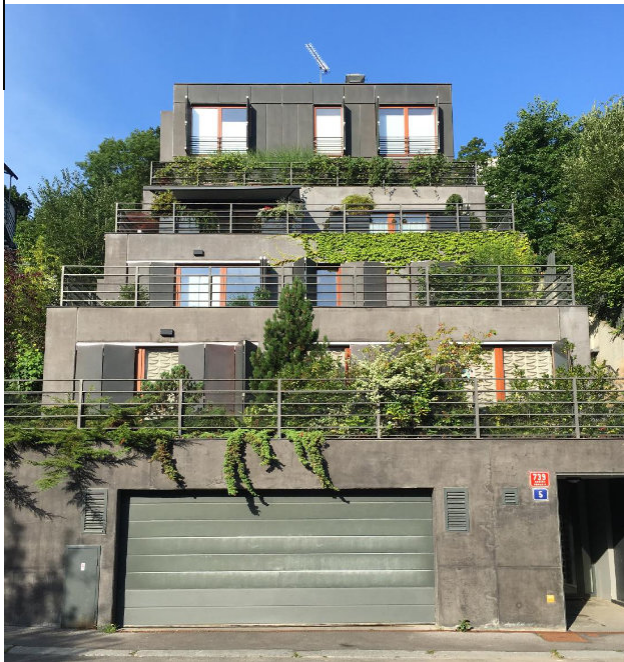
Před betonáží nebyla na odpovědnost investora provedena žádná referenční konstrukce, což znamenalo určité riziko. Při betonáži se potvrdilo, že je nutné přesně stanovit množství potřebného betonu, neboť cca 0,5 m³ betonu chybělo. Protože byl tento beton namíchan ze speciálně dovezeného drobného kameniva, které bylo v zásobníku betonárny jen v době výroby tohoto betonu, způsobil tento problém na betonárně poměrně výrazné problémy v následné výrobě standardních betonů.

Výsledná pórovitost povrchu a drobné nedostatky na povrchu konstrukcí se objevovaly v akceptovatelné míře [102,103].

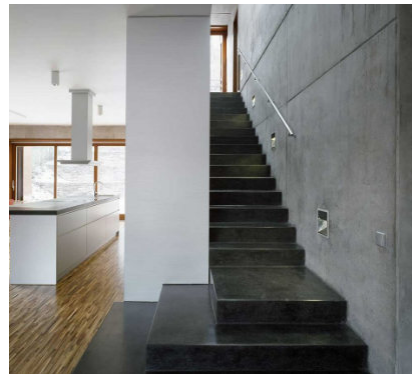
▽ **Obr. 106** Exteriér a výhledy z interiéru na exponované bíle probarvené pohledové betonové plochy [104]



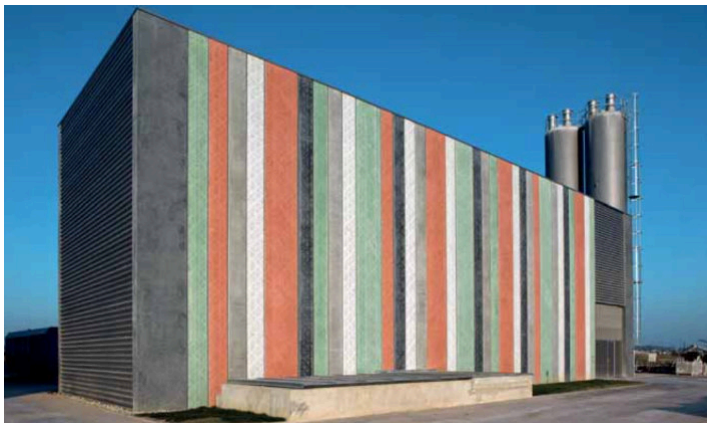
DALŠÍ PŘÍKLADY ČESKÝCH STAVEB



◁ **Obr. 107** Exteriér a interiér terasového domu v Praze
▽ Košících z černě probarveného betonu. Inspirací byla břidlicová skála pod domem
Realizace: 2007
ARCHITEKT: Hnilička Císler architekti [105]



◁ **Obr. 108** Přístavba Muzea východních Čech v revitalizovaném areálu Gayerových kasáren v Hradci Králové z černě probarveného betonu
Realizace: 2022
ARCHITEKT: AOC architekti



◁ **Obr. 109** H.A.N.S. Stavby a.s., Průmyslový areál Malá Čiperka
Realizace: 2009
ARCHITEKT: Jan Jarolímek [4]



◁ **Obr. 110** Interiéry Paláce Národní, DRN.
◁ Beton má v DRNU nosnou i pohledovou funkci, aplikace různého bednicího materiálu a experimentování s širokou škálou pigmentu k probarvení betonu vytváří unikátní interiér
Realizace: 2018
ARCHITEKT: Stanislav Fiala

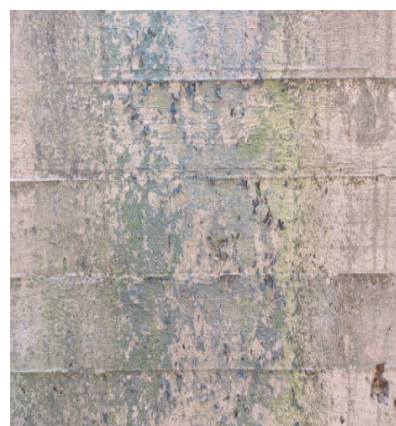




◁ **Obr. 111** Prefabrikovaná lávka přes Dřetovický potok ve Vrapicích u Kladna z černě probarveného vysokopevnostního betonu s rozptýlenou výztuží
Realizace: 2019
ARCHITEKT: AOC architekti



▽ **Obr. 112** Úprava nábřeží řeky Loučné v Litomyšli z červeně probarvovaného betonu.
Realizace: 2017
ARCHITEKT: Rusina Frei architekti [106]

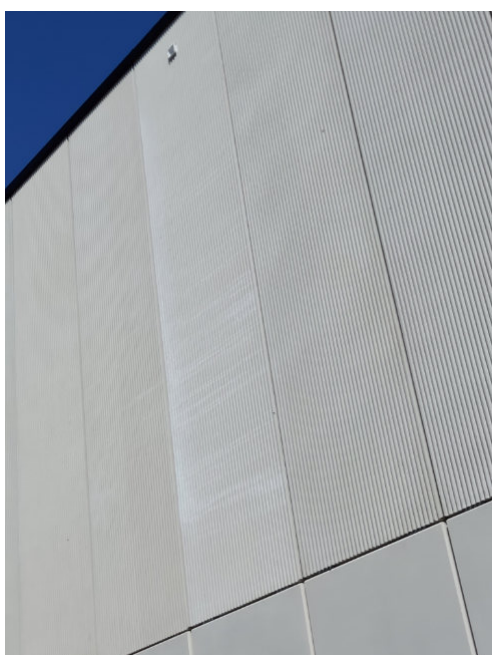
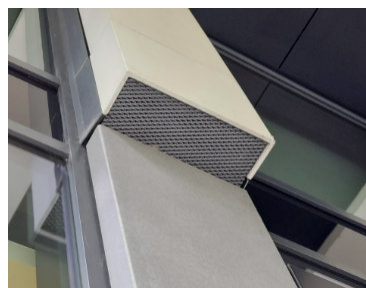




◁ **Obr. 113** Main Point Karlín.
 Charakteristický prvek fasády představují 3D tvarovky ze sklocementu v pěti barevných odstínech
 Realizace: 2011
 ARCHITEKT: DAM Architekti



◁ **Obr. 114** Florentinum.
 Charakteristický prvek fasády představují 3D tvarovky ze sklocementu v bílé barvě
 Realizace: 2013
 ARCHITEKT: Jakub Cigler Architekti



◁ **Obr. 115** Státní okresní archiv Louny. Fasádní obkladové panely z bílého betonu v tloušťce 10 cm. V provedení hladké prefabrikované panely a panely s vloženou maticí
 Realizace: 2021
 PROJEKTANT: SATER - PROJEKT, s.r.o. [107]



05

EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM

05.1

VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK

JEDNOTLIVÉ FÁZE EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU



PŘEDMĚT EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

Předmětem experimentálního výzkumu byly dvě sady betonových desek, každá o ploše 0,1 m². První sada byla vyrobena s použitím bílého portlandského cementu CEM I 52,5 R - SR 5 a betonová směs probarvena syntetickými pigmenty, žlutým a červeným oxidem železa a zeleným oxidem chromu. Na **Obr. 119** jsou tyto desky označeny číslicí a písmenem 1A, 1B, 1C. Pro výrobu druhé sady vzorků byl použit šedý portlandský cement CEM I 42,5 R s přidáním žlutého, zeleného a červeného pigmentu stejného výrobce a stejného obsahu 5 % hmotnosti pojiva jako u první sady vzorků. Druhá sada je na **Obr. 119** označena číslicí a písmenem 2A, 2B, 2C. Obě sady betonových desek byly odlity do plastových forem.

OZNAČENÍ	CEMENT	PIGMENT	KONCENTRACE
1A	bílý	žlutý oxid železa	5 %
1B	bílý	zelený oxid chromu	5 %
1C	bílý	červený oxid železa	5 %
2A	šedý	žlutý oxid železa	5 %
2B	šedý	zelený oxid chromu	5 %
2C	šedý	červený oxid železa	5 %

△ **Tab. 2** Základní rozdělení dvou sad betonových desek v závislosti na použitém druhu cementu a pigmentu



△ **Obr. 116** Odlité experimentální betonové desky v plastových formách

METODA EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

Betonové desky byly po dobu tří let monitorovány. Sledována byla především jejich vizuální a barevná proměna v důsledku působení vnějších vlivů v exteriéru.

Po odbednění byl povrch každé betonové desky zdokumentován, pozornost byla věnována stejnobarevnosti v ploše a výskytu pórů, které mohou mít na proměnu barevnosti a výskyt estetických anomálií vliv.

Na každé z desek bylo vyznačeno pět oblastí, aby došlo k pokrytí větší plochy měření kolorimetrem. Následně byla měřena intenzita barvy pomocí kolorimetru ColorCatch Nano, který ukazuje a měří hodnoty barevného prostoru Lab. Betonové desky byly po této počáteční dokumentaci umístěny do exteriéru a v opakujících se cyklech několika měsíců až let opět zdokumentovány a porovnány hodnoty předchozích měření.

Cílem bylo pozorování míry tendence k proměně barevnosti jednotlivých vzorků. Míra tendence proměny barvy byla stanovena barevnou odchylkou Delta E.

Barevná odchylka Delta E byla počítána dle vztahu (1):

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

L* - světlost [108]

a*, b* - kolorimetrické souřadnice, které představují rozsah barevných odstínů v dvourozměrné rovině [108]

NÁSTROJE EXPERIMENTÁLNÍHO VÝZKUMU

- kolorimetr COLORCATCH NANO

- aplikace RAL iColours

- Apple Ipad 3rd

- fotoaparát OLYMPUS E-PL 10

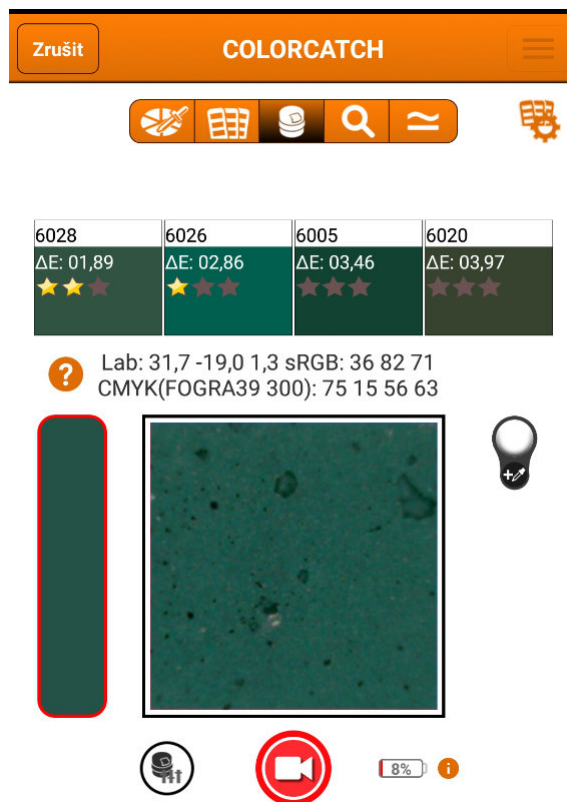
- objektiv 14-42 mm EZ

- Delta E Calculator

▽ **Obr. 117** Fotodokumentace povrchu betonové desky s použitím šedého cementu a přidáním zeleného pigmentu oxidu železa po odbednění



▽ **Obr. 118** Datový výstup z aplikace RAL iColours

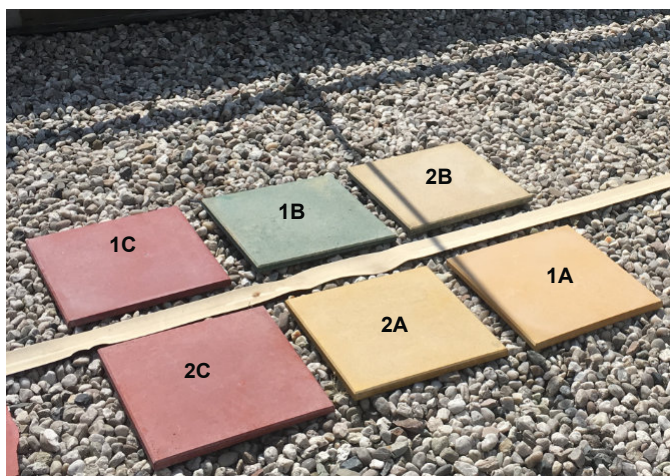


▽ **Obr. 119** Experimentální desky umístěné v exteriéru vystavené účinkům vnějších vlivů

Fotografie z data 28.6.2019
(po odbednění)



Fotografie z data 29.7.2020
(po jednom roce vystavení účinkům vnějších vlivů)

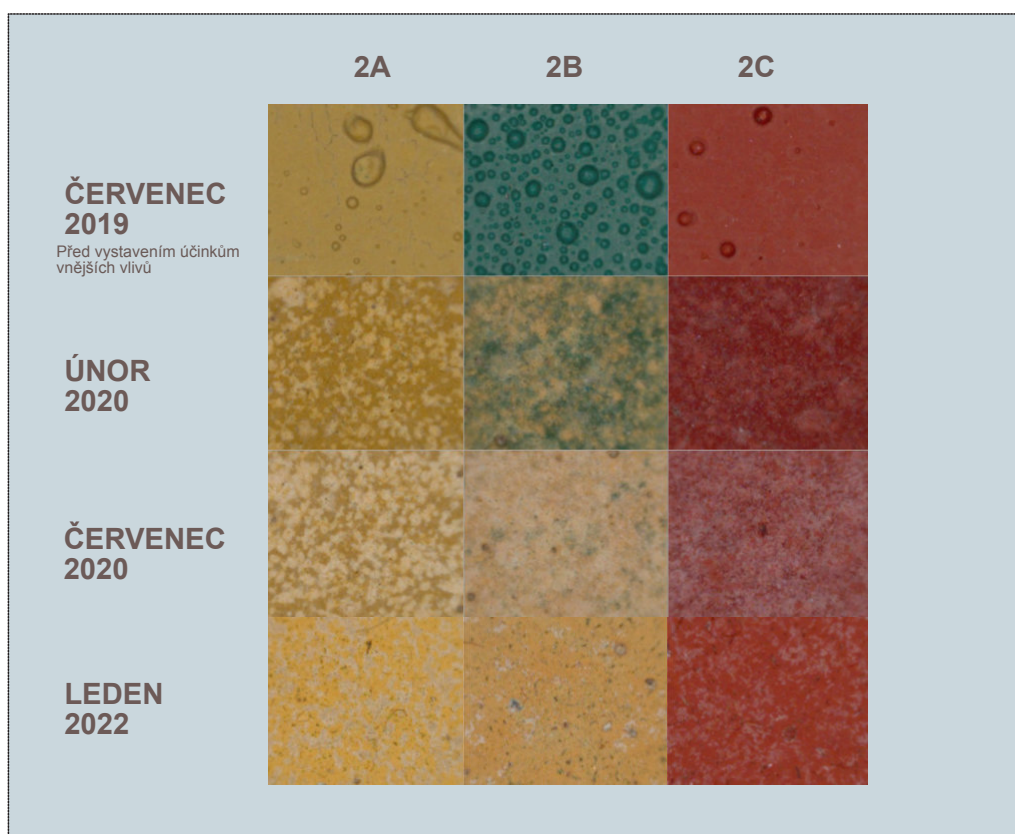


DATOVÁ ANALÝZA A VÝSLEDKY

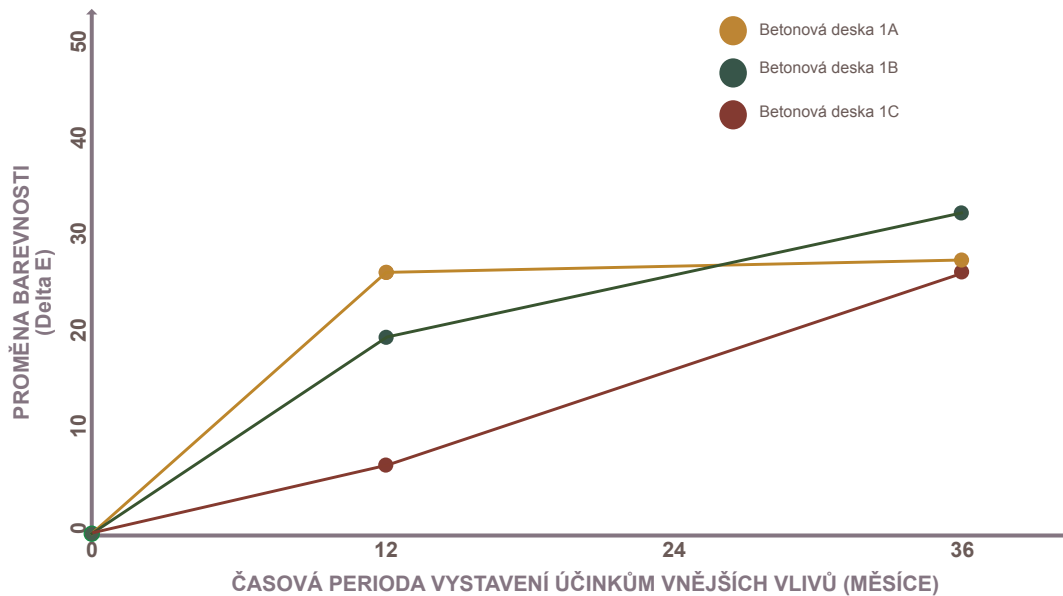
Míra tendence proměny barevnosti betonového povrchu jednotlivých testovaných vzorků, které byly po dobu tří let vystaveny účinkům vnějších vlivů v exteriéru je znázorněna na **Obr. 121** a **Obr. 122**.

Míra tendence proměny barevnosti je demonstrována numerickou odchylkou Delta E, tedy numerickým rozdílem barvy vzorku v čase odbednění s barvou vzorku vystaveného povětrnostním vlivům po 12ti a 36ti měsících.

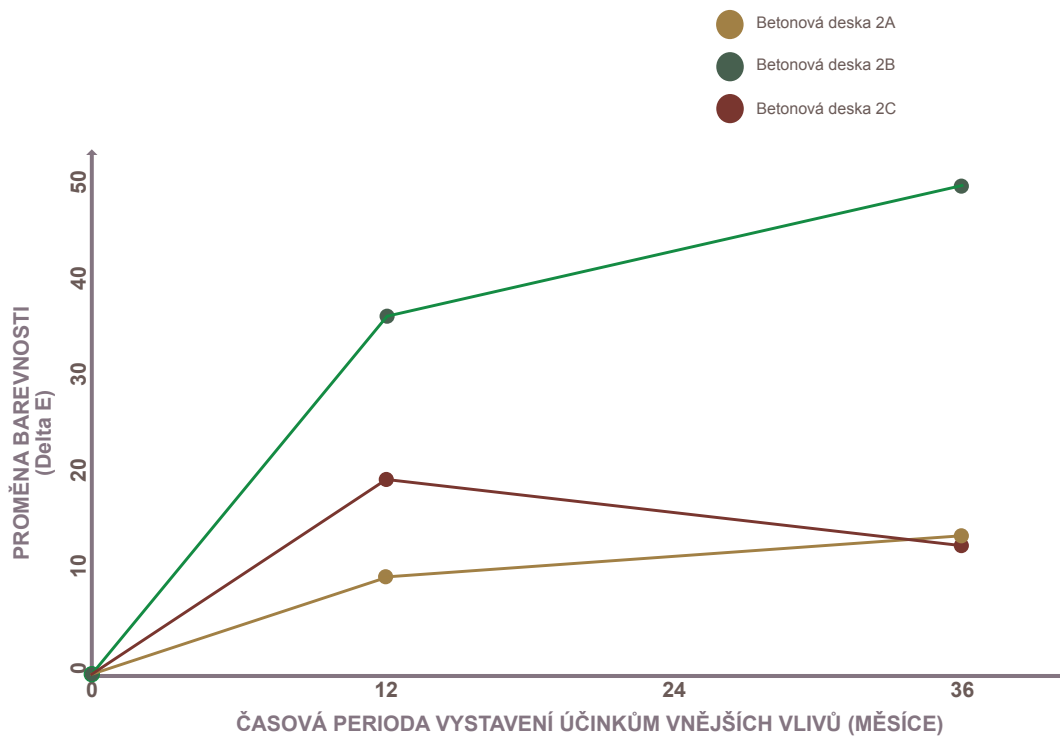
Nejmenší odchylka, kterou lze zrakem postřehnout, odpovídá přibližně $\Delta E = 1$. Naopak odchylka $\Delta E > 50$ poukazuje na výraznou míru neshody s referenčním vzorkem [9]. Vizuální proměna barevných vzorků s použitím šedého portlandského cementu CEM I 42,5 R zachycena kamerou Colorimetru je prezentována na **Obr. 120**.



△ **Obr. 120** Detail struktury povrchu betonových desek sady s použitím šedého portlandského cementu CEM I 42,5 R, s obsahem žlutého a červeného oxidu železa a zeleného oxidu chromu vygenerovaného kamerou kolorimetru COLORCATCH NANO

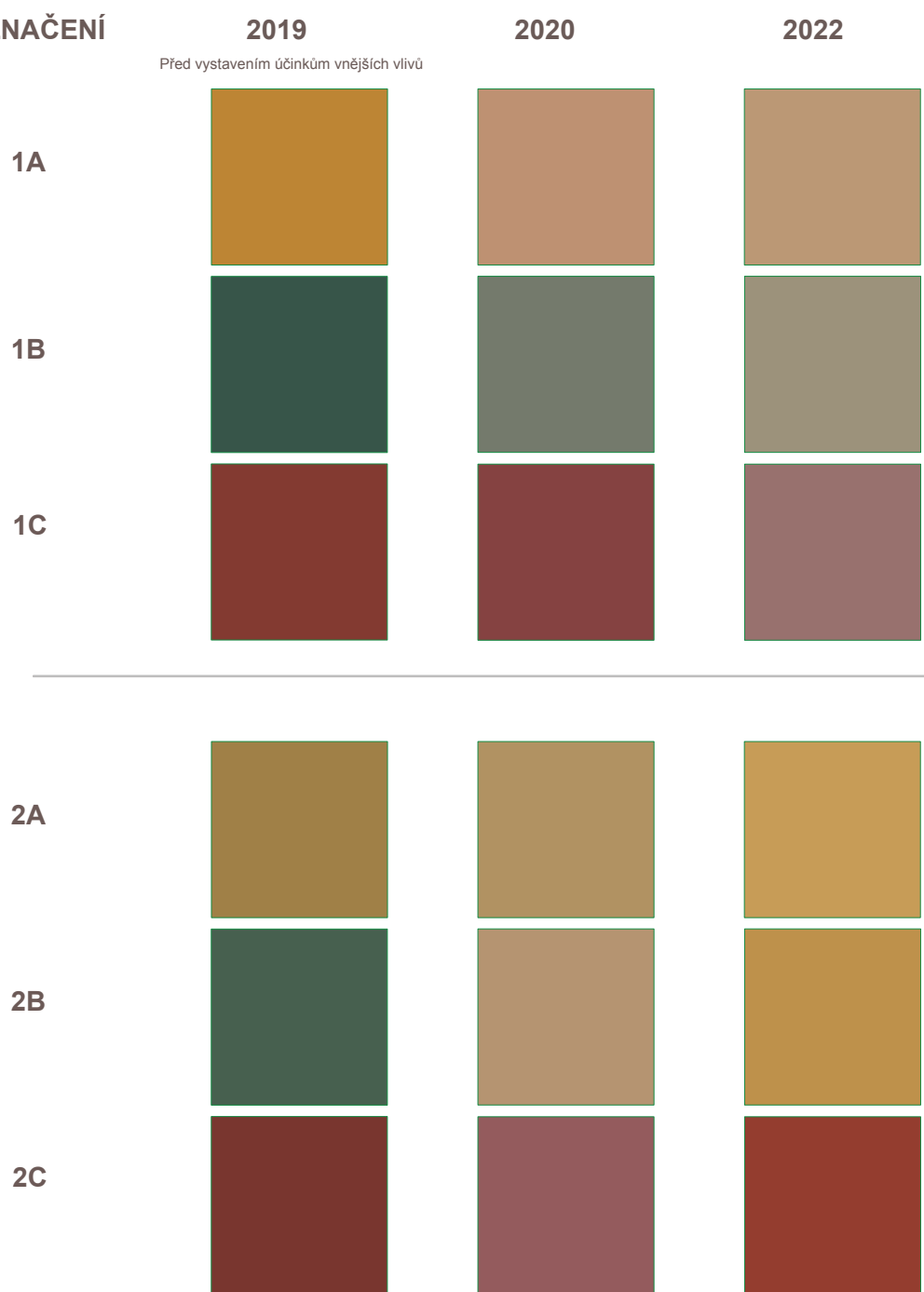


△ Obr. 121 Proměna barevnosti Delta E jednotlivých betonových desek s obsahem žlutého, zeleného a červeného pigmentu s portlandským bílým cementem CEM I 52,5 R - SR 5 v závislosti na časové periodě vystavení účinkům vnějších vlivů






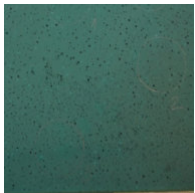


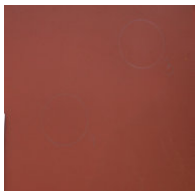





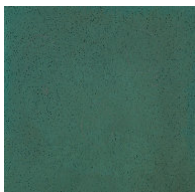


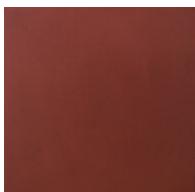


△ Obr. 122 Proměna barevnosti Delta E jednotlivých betonových desek s obsahem žlutého, zeleného a červeného pigmentu s portlandským šedým cementem CEM I 42,5 R v závislosti na časové periodě vystavení účinkům vnějších vlivů

OZNAČENÍ



△ Obr. 123 Barevná proměna jednotlivých desek v průběhu času vygenerovaná kolorimetrem COLORCATCH NANO.

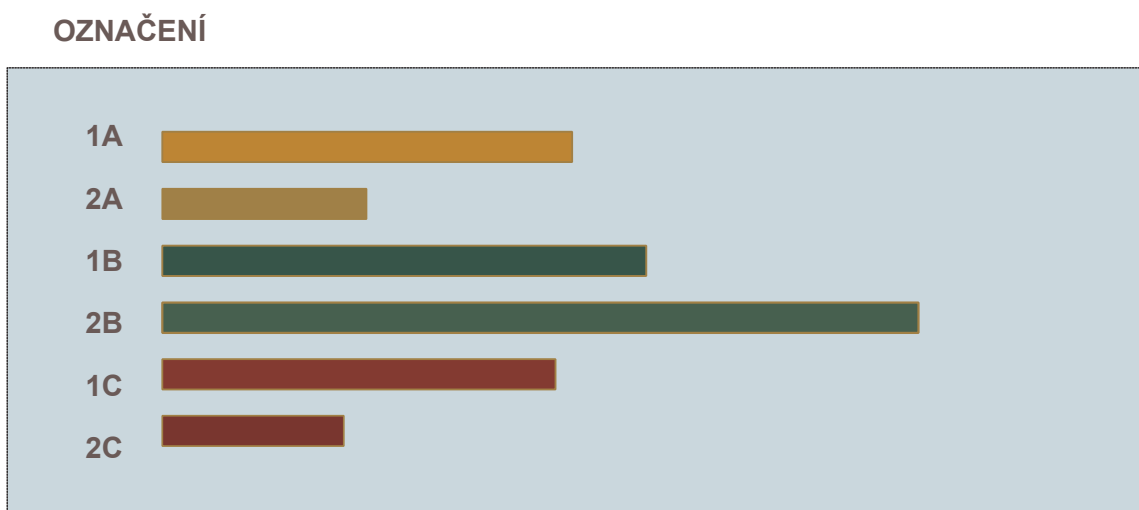
OZNAČENÍ

	2019	2020	2022
	Před vystavením účinkům vnějších vlivů		
1A			
1B			
1C			
<hr/>			
2A			
2B			
2C			

△ Obr. 124 Fotodokumentace povrchu jednotlivých desek v detailu, zachycující barevnou a vizuální proměnu povrchu desek v průběhu času

OZNAČENÍ	Delta E (12)	Delta E (36)
1A	26.5831	27.1295
1B	19.4003	32.1424
1C	7.8508	26.4313
2A	9.2814	13.494
2B	36.3785	49.1477
2C	19.1763	12.5535

△ **Tab. 3** Číselné vyjádření odchyly Delta E v periodě 12ti měsíců a tří let po vystavení betonových desek účinkům vnějších vlivů



△ **Obr. 125** Grafické porovnání odchyly Delta E jednotlivých betonových desek po vystavení účinkům vnějších vlivů po době 36ti měsíců

DISKUZE

Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že míra tendence k proměně barevnosti jednotlivých pigmentů je různá a může mít veliký numerický rozptyl. Největší vizuální rozdíl můžeme zaznamenat u zeleného pigmentu oxidu chromu v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R. Odchylka Delta E je po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů rovna 36.3785 a po 36ti měsících 49.1477 a u desky probarvené zeleným pigmentem oxidu chromu v kombinaci s bílým portlandským cementem CEM I 52,5 R - SR 5 s odchylkou Delta E po 12ti měsících 19.4003 a 36ti měsících 32.1424. Tyto vysoké hodnoty mohou souviset s velkým množstvím pórů v celé ploše jednotlivých desek.

U desky probarvené červeným pigmentem oxidu železa v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R došlo v průběhu času ke zmenšení barevné odchylky vztažené k barvě betonové desky před jejím vystavením účinkům povětrnostních vlivů. Barevná odchylka Delta E je po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů rovna 19.1763 a po 36ti měsících 12.5535. Tato klesající tendence byla způsobena postupným vymizením výkvětovitosti, která byla v době měření po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů většího rozsahu. Oproti tomu barevná odchylka Delta E u desky z červeně probarveného betonu oxidu železa v kombinaci s bílým cementem CEM I 52,5 R - SR 5 se v průběhu 24 měsíců více než ztrojnásobila, což je způsobeno rozsáhlým výskytem výkvětovitosti po delší době vystavení účinkům vnějších vlivů.

Nejmenší barevná odchylka Delta E po 12ti měsících vystavení účinkům vnějších vlivů byla naměřena u desky probarvené červeným oxidem železa v kombinaci s bílým portlandským cementem CEM I 52,5 R - SR 5 s hodnotou 7.8508. Nejmenší barevná odchylka Delta E po 36ti vystavení účinkům povětrnostních vlivů byla naměřena u desky probarvené červeným oxidem železa v kombinaci s šedým portlandským cementem CEM I 42,5 R s hodnotou 12.5535.

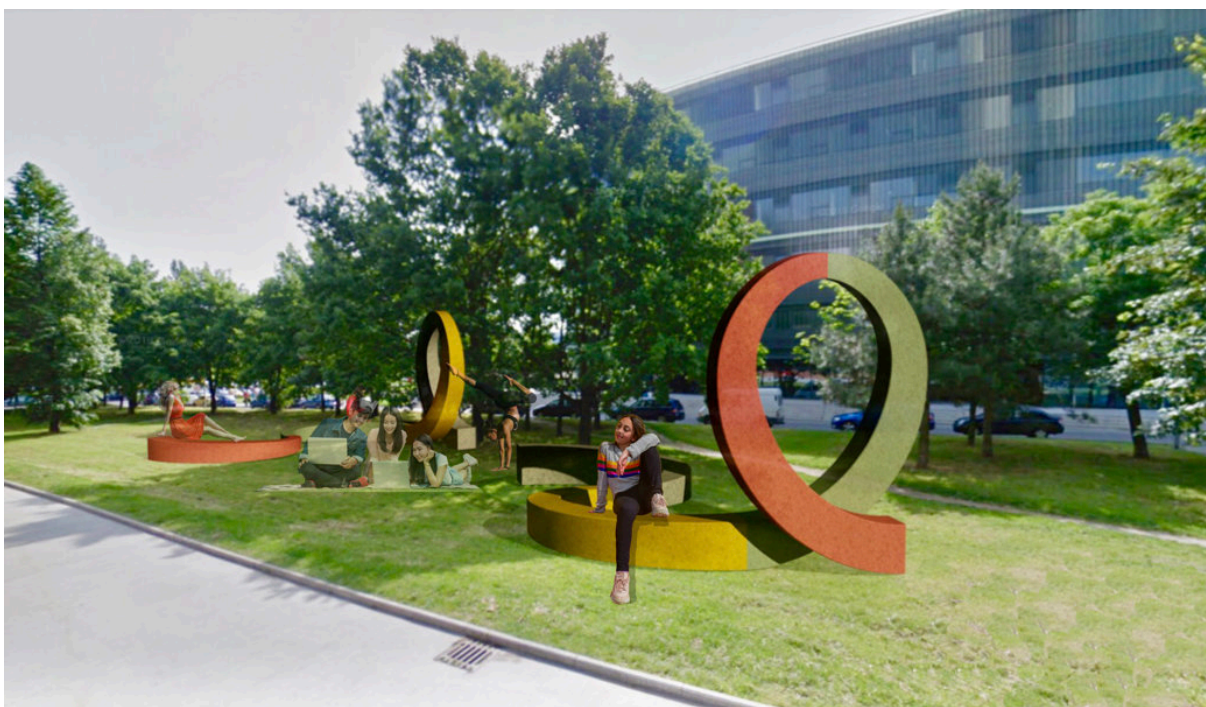
Protože se jedná o experimentální projekt menšího rozsahu s omezenou plochou pro měření, měl by být závěr predikce proměny probarvených ploch v závislosti na použitém druhu pigmentu a barvě cementu potvrzen více experimenty na konstrukci většího rozsahu.

05.2

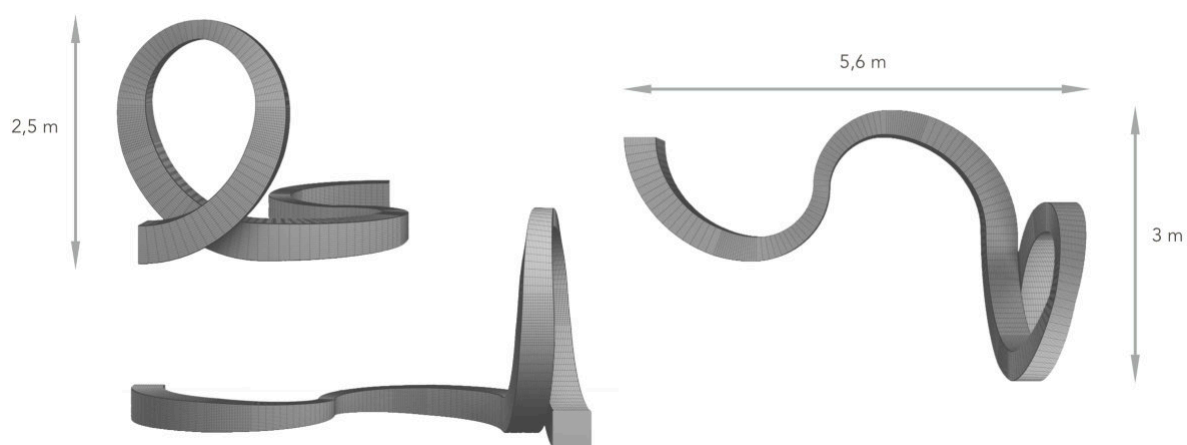
NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU

ZÁMĚR INSTALACE

Experimentální výzkumný projekt, který podpoří edukaci studentů v oblasti probarvovaných betonů a zároveň jim nabídne prostor pro odpočinek a setkávání. Tento projekt svou myšlenkou a konceptem navazuje a doplní již dokončený dřevěný průchod, který vytvořili studenti v rámci Letní dílny 2017 ateliéru MáMa a na experimentální AIR House/UCEEB před Fakultou stavební.

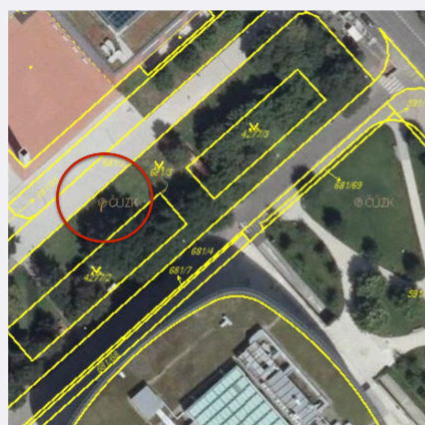


△ Obr. 126 Vizualizace experimentálního objektu



△ Obr. 127 Rozměry experimentálního objektu

LOKACE



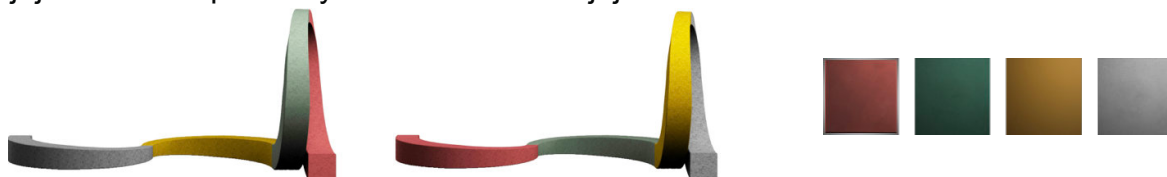
PARK INDIRY GÁNDHIOVÉ
50°06'15.64"N, 14°23'23.48"E

PARCELNÍ ČÍSLO: 681/3
OBEC: PRAHA
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ: DEJVICE
ČÍSLO LV: 8874
DRUH POZEMKU: OSTATNÍ PLOCHA
VLASTNÍCI:
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE,
HLAVNÍ MĚSTO PRAHA

△ Obr. 128 Umístění objektu

KONCEPCE ZÍSKÁVÁNÍ DAT

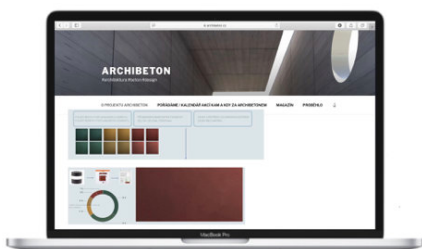
Data potřebná k výzkumu budou vycházet z hodnocení referenčních ploch experimentálních betonových bloků, které se liší barvou probarvovacího pigmentu a umístěním v rovině. Tyto plochy budou pravidelně fotodokumentovány, analyzována míra jejich vizuální proměny v čase a měřena jejich reálná barva kolorimetrem.



△ Obr. 129 Barevné rozvržení objektu

PREZENTACE VÝSLEDKŮ VÝZKUMU VEŘEJNOSTI

Základní informace o tomto projektu budou uvedeny v místě instalace. Naměřená data, aktuální monitoring a analýzu výzkumu bude možné sledovat online na webovém portálu archibeton.cz, kde bude celý projekt detailně prezentován.



△ Obr. 130 Naměřená data a monitoring budou publikovány na webové stránce www.archibeton.cz

06

ZÁVĚR

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Primárním cílem disertační práce bylo vytvoření souhrnného podkladu / vodítka pro architekty, projektanty, designéry, investory, který obsáhne problematiku probarvovaných betonových konstrukcí v celém svém kontextu a zahrne rovněž dlouhodobý časový horizont po který jsou stavby z probarveného betonu vystaveny účinkům vnějších vlivů.

NAPLNĚNÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

Tento předem stanovený cíl byl v obsahu této disertační práce naplněn. Práce představuje komplexní výzkum probarvovaného betonu, možnosti jeho využití a potenciál v architektuře, ale také jeho možné limity.

Práce je strukturovaná do dvou hlavních částí. Části teoretické, která vychází z rešerše odborné literatury, výzkumných studií, zkušeností architektů a 22 případových studií zahraničních a českých staveb. Tyto případové studie demonstrují český a zahraniční přístup k návrhu a realizaci staveb z probarveného pohledového betonu. Na konkrétních příkladech staveb je poukázáno na skutečnost, že rizika betonu spojená s vystavením konstrukce účinkům vnějších vlivů lze kreativním přístupem k návrhu "obrátit" v estetický potenciál. Další příklady nopak poukazují na skutečnost, že neznalost přirozeného chování probarveného betonu a jeho tendenci k proměně barevnosti po vystavení účinkům vnějších vlivů může vést například ke zbytečné časové a finanční náročnosti při hledání ideální a přesné barvy pigmentu pro architektonický záměr, přičemž v krátkém časovém horizontu po vystavení konstrukce účinkům vnějších vlivů se barva probarveného betonu více či méně promění. Jiné příklady soudobé architektury, které jsou do výše uvedených případových studií zahrnuty dále poukazují na nemožnost vyvarování se vápených výkvětů, které jsou častým sporem mezi zhotovitelem, potažmo architektem a investorem, ačkoliv se jedná o jev dočasný. Těmto sporům je přitom možné se vyvarovat správnou komunikací.

Část teoretická je doplněna částí praktickou formou experimentálního výzkumu, ve kterém byly předmětem zkoumání probarvované betonové desky, které byly po dobu tří let vystaveny účinkům vnějších vlivů v exteriéru. V pravidelných cyklech byly desky monitorovány a analyzována jejich vizuální a barevná proměna v čase. Výsledky tohoto experimentálního výzkumu jsou představeny a shrnuty v kapitole 05.1 VÝROBA A MONITORING EXPERIMENTÁLNÍCH BETONOVÝCH DESEK. Tyto desky budou v pravidelných cyklech monitorovány i nadále.

Návrh architektonického díla z pohledového, potažmo probarvovaného betonu je kreativní proces, který, jak ukazuje současná stavební praxe, není vždy jednoduché převést v úspěšnou realizaci či dlouhodobou spokojenost s kvalitou jejího povrchu.

Ačkoliv v mnoha případech již nastává posun správné specifikace při zadání a uspokojivému výsledku při odbednění, stále v řadě případů dochází k neuspokojivému estetickému vnímání vzhledu povrchu po určité době jeho vystavení účinkům vnějších vlivů. Tato skutečnost je způsobená především nedostatečným množstvím informací týkající se přirozené podstaty chování betonu a rizik, která mohou jejich nevědomostí při zadání vzniknout. Disertační práce by měla sloužit jako dostupný, srozumitelný nástroj a podklad, který předem na základě výše uvedených informací a dat z experimentálního výzkumu na tato rizika upozorní. Přesnou a srozumitelnou definicí těchto rizik bude v praxi možné jim snáze předejít či s nimi počítat. Při predikci chování architektonického betonu již v počáteční fázi návrhu je možné zvýšit kvalitu architektonického díla v budoucnosti.

DOPORUČENÍ PRO ČESKÉ PROSTŘEDÍ / PODNĚT K NAVAZUJÍCÍMU VÝZKUMU

Data z praxe a zkušenosti architektů poukazují na problém s vizuální proměnou probarvovaných betonových konstrukcí v čase, který z podstatné části vychází z neinformovanosti a malého počtu referenčních staveb, které by na podstatu betonu přirozeně upozornily. Poměrně častá je výstavba zkušebních betonových konstrukcí v měřítku 1:1 před započítáním stavby, na kterých se ověří správný návrh betonové směsi. Avšak tato konstrukce nezohledňuje faktor času a působení vnějších vlivů v exteriéru. Řešením je návrh a realizace volně přístupné konstrukce v dostatečném měřítku, která by dočasně „suplovala“ nedostatek referenčních staveb v českém prostředí a umožnila nejen architektům, ale také investorům či širší veřejnosti zorientovat se v této problematice a upozornit na možná rizika a limity, či naopak potenciál, který probarvovaný beton nabízí.

V rámci této práce byl zpracován návrh experimentálního objektu, takzvané „Dejvické stuhy“, blíže specifikované v kapitole 05.2 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍHO OBJEKTU, která by mohla být v praxi vhodnou, volně přístupnou edukativní konstrukcí umístěnou v kampusu ČVUT v Praze.

07

LITERATURA A ZDROJE

- [1] Kasal, P., Hela, R., Finkous, P., Lorenc, V.: *Technická pravidla ČBS 03 Pohledový beton*, 2018, ISBN: 978-80-906759-3-3
- [2] Hawes, F.: *Weathering of Concrete Buildings (Appearance Matters S.)*, 1986, ISBN-10:0721013333
- [3] Mostafavi, M.: *On Weathering: The Life of Buildings in Time*, 1993, ISBN-10: 026263144X
- [4] Margoldová, J.: *Barevné betony*, Beton TKS, 2012, pp. 90-95
- [5] Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203
- [6] Bennet, D.: *The Art of Precast Concrete: Colour Texture Expression*, 2005, ISBN-10 3764371501
- [7] Bennet, D.: *Innovations in Concrete*, 2002, ISBN-10: 0727720058
- [8] Brookes, M.: *The applications, benefits and limitations of inorganic pigments when used to through-colour architectural concrete*, 2017
- [9] Sullivan, Ch.: *Problems with integrally colored Concrete*, www.concretenetwork.com [online], dostupné z : www.concretenetwork.com/chris_sullivan/colored_concrete.htm
- [10] Serra Ciments: Colour Chart, www.serraciments.com [online], dostupné z : <https://www.serraciments.com/en/colour-chart/>
- [11] Forty, A.: *Concrete and Culture: A Material History*, 2016, ISBN-10 1780236360
- [12] Paul Rudolph's Fluted Concrete Buildings, www.scribd.com [online], dostupné z : <https://www.scribd.com/document/221339419/Paul-Rudolph-s-Fluted-Concrete-Buildings-tcm45-344645>
- [13] PCI, *Architectural Precast Concrete*, www.pci.org [online]
- [14] Bayferrox: *Efflorescence. A Temporary Problem*, 2004, www.bayferrox.us [online], dostupné z: https://bayferrox.us/uploads/tx_lanxessmatrix/bayferrox_efflorescence_02.pdf
- [15] graf upraven autorem z Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203
- [16] Becker, S.: *Béton rouge über eine variante in rot*, BAUNETZWOCHE#463 Das Querformat für Architekten, 2016, pp. 8-16
- [17] McLachlan, F. : *Ethereal material: colour and material surface*, Construction Materials Volume 166 Issue CM6, 2013, pp. 358-364

- [18] Gigon/ Guyer, Signal Box, www.architecture.eu [online], dostupné z: <http://www.architecture.eu/Architekten/Schweiz/Gigon%20Guyer/Gigon%20Guyer%20-%20Signal%20Box%20Zurich%201.html>
- [19] Rudin House, Leymen, [blog.livedoor.jp](http://blog.livedoor.jp/moromi1-impgass/archives/2825244.html) [online] dostupné z: <http://blog.livedoor.jp/moromi1-impgass/archives/2825244.html>
- [20] Šteger, O., Popenková, M. : Chyby vznikající při realizaci pohledového betonu, [asb-portal.cz](https://www.asb-portal.cz) [online] , dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/chyby-vznikajici-pri-realizaci-pohledoveho-betonu>
dostupé na: [asb-portal.cz](https://www.asb-portal.cz)
- [21] Nguyen, V. A. , Sens, S. : Instagram [online],
dostupné z: <https://www.instagram.com/explore/tags/paularegomuseum/>
- [22] Dosda, E.: *Réparer les vivants*, Poly 216, 2019, pp. 58-59
- [23] Boegly, L. : Psychiatry Centre, Metz an der Mosel | France, www.jung.de [online],
dostupné z: <https://www.jung.de/ru/7988/psychiatry-centre-metz-an-der-mosel-france/3268/?reference%5Bcategory%5D=28>
- [24] Vetchý, J.: Hydrofobní impregnace betonu, www.mct.cz [online], dostupné z:
<https://www.mct.cz/soubor/hydrofobni-impregnace/>
- [25] Kaspersen, K., Østnor, T., Bøhnsdalen Eide, M., De Weerd, K. :
Characterisation of concrete surfaces in Askimporten tunnel, 2012, ISBN
978-82-536-1311-6
- [26] tabulka upravena autorem z Kaspersen, K., Østnor, T., Bøhnsdalen Eide, M., De Weerd, K. : Characterisation of concrete surfaces in Askimporten tunnel, 2012, ISBN
978-82-536-1311-6
- [27] Dosda, E. : *Réparer les vivants*, Poly 216, 2019, pp. 58-59
- [28] Metz Queuleu : une œuvre artistique scellée dans le béton teinté, SANTÉ,
www.republicain-lorrain.fr [online], dostupné z: <https://www.republicain-lorrain.fr/edition-de-metz-ville/2016/02/01/metz-queuleu-une-oeuvre-artistique-scellee-dans-le-beton-teinte>
- [29] Boegly, L., Perez, J. : PSYCHIATRIC HEALTH CENTER, METZ, FRANCE,
www.theplan.it [online], dostupné z: <https://www.theplan.it/eng/award-2019-health/psychiatric-health-center-metz-france>
- [30] Houzelle, B.: *Centre de soins psychiatriques*, Construction Moderne, 2019, pp. 2-5
- [31] Eqiom, *EB Parement*, eqiom.com [online], dostupné z: <https://www.eqiom.com/betons/produits/betons/eb-parement>

- [32] Richter & Associates, dostupné z: <https://www.facebook.com/RichterAssociatesArchitects/>
- [33] Lanxess, *Case Study Steinsdalsfossen, Bergen, Norway*
- [34] Dale, N.P., Havran, J.: *Steinsdalsfossen Waterfall/ JVA*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/778737/steinsdalsfossen-waterfall-jva>
- [35] Productora, *Bautista House*, dostupné z: <http://productora-df.com.mx/en/project/casa-bautista/>
- [36] Luque, O.: *Casa Bautista*, www.facebook.com [online], dostupné z: <https://www.facebook.com/search/posts/?q=productora%20architects>
- [37] Productora, www.facebook.com [online], dostupné z: https://www.facebook.com/productora.df/photos/?ref=page_internal
- [38] IN SITU: Conversations on Architecture and Beyond dostupné z: https://www.instagram.com/p/B_xafVZIXjG/?utm_source=ig_embed
- [39] Shah, D.: *Paradero Todos Santos by Yektajo Valdez Architects celebrates rustic architecture*, 2022, www.stirworld.com [online], <https://www.stirworld.com/see-features-paradero-todos-santos-by-yektajo-valdez-architects-celebrates-rustic-architecture>
- [40] McKnight, J.: *Concrete structures form Paradero Hotel on Mexico's Baja Peninsula*, 2021, www.dezeen.com [online], dostupné z: <https://www.dezeen.com/2021/03/28/concrete-structures-form-paradero-hotel-on-mexicos-baja-peninsula/>
- [41] Yektajo Valdez Architects, www.instagram.com [online], dostupné z: <https://www.instagram.com/yyektajo/>, <https://www.instagram.com/rubervaldezpractice/>
- [42] Lanxess, *Case Study Project: Ciutat de la Justícia, Barcelona, Spain*
- [43] Ciudad de la Justicia of Barcelona, www.yumpu.com [online], dostupné z: <https://www.yumpu.com/es/document/read/27886241/ciudad-de-la-justicia-de-barcelona-city-of-justice-barcelona>
- [44] Schéma upraveno autorem z Chipperfield, D., Vázquez, F.: *Concrete and Pigments: Ciudad de la Justicia of Barcelona*, 2012, ISBN: English 9788415391203
- [45] Argelés, J.: *City of Justice Barcelona & L'Hospitalet de Llobregat / b720*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/61643/city-of-justice-barcelona-l%25e2%2580%2599hospitalet-de-llobregat-david-chipperfield-b720>
- [46] Richters, Ch., Malagamba, D., Pegenaute, P., Paisajes Españoles: *Ciudad de la Justicia, Barcelona*, www.arquitecturaviva.com [online], dostupné z: <https://www.arquitecturaviva.com/obras/ciudad-de-la-justicia-de-barcelona>

- [47] J. MARINO PASCUAL & ASOCIADOS BODEGA ANTION, 2008, www.divisare.com [online], dostupné z: <https://divisare.com/projects/62902-j-marino-pascual-asociados-adriana-landaluce-esteban-bodega-antion>
- [48] Lanxess: *Case Study: Project: Bodega Antión, La Rioja, Spain*
- [49] Rico, L.: *La bodega de La Rioja alavesa Antión quiebra con un pasivo de 6 millones*, www.elpais.com [online], dostupné z: https://elpais.com/ccaa/2012/04/11/paisvasco/1334167606_936673.html
- [50] Berg, N.: *Citation: Vegas Altas Congress Center and Auditorium*, 2016, www.architectmagazine.com [online], dostupné z: https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citation-vegas-altas-congress-center-and-auditorium_o
- [51] Palacio de Congresos Villanueva de la Serena, dostupné z: <https://palaciocongresosvillanuevadelaserena.negocio.site>
- [52] Zabalbeascoa, A.: *¿Cuánto deben verse los Palacios de Congresos?*, 2015, www.elpais.com [online], dostupné z: https://www.elpais.com/2015/02/16/del_tirador_a_la_ciudad/1424071080_142407.html
- [53] De Villar-Chacón Arquitectura, *Vegas Altas Congress Center and Auditorium*, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/en/b/vegas-altas-kongresove-centrum-a-auditorium-palacio-de-congresos-villanueva-de-la-serena>
- [54] Dunar arquitectos, *Palacio de Congresos Vegas Altas de Luis Pancorbo & José de Villar. Villanueva de la Serena*, 2012, www.twitter.com [online], dostupné z: <https://twitter.com/dunararquit/status/252682181623816192>
- [55] Serra Ciments, *Conference and Exhibition Centre*, www.serraciments.com [online], dostupné z: <https://www.serraciments.com/en/work/conference-and-exhibition-centre/>
- [56] Kyrö Distillery Companyn uusi tynnyrivarasto, *Betoni 2/2019*, foto: Kuvio, K
- [57] Lanxess, *Case Study Kyrö Distillery*, Isokyrö, Finland
- [58] Kuvio, K., Portman, A.: *Kyrö Distillery Company Barrell Storage Building*, 2019, www.ark.fi [online], dostupné z: <https://www.ark.fi/en/2019/04/kyro-distillery-company-barrell-storage-building/>
- [59] Sanden+Hodnekvam Architects, www.sandenhodnekvam.no [online], dostupné z: <https://sandenhodnekvam.no/project/house-hk>
- [60] house_h_k: *byggeblogg for enebolig på Lillehammer*, www.instagram.com [online], dostupné z: https://www.instagram.com/house_h_k/

- [61] Sanden+Hodnekvam Architects, [www.instagram.com](https://www.instagram.com/sanden_hodnekvam_architects/) [online], dostupné z: https://www.instagram.com/sanden_hodnekvam_architects/
- [62] Sanden+Hodnekvam Architects, *Red Concrete House*, 2020, www.divisare.com [online], dostupné z: <https://divisare.com/projects/426807-sanden-hodnekvam-architects-red-concrete-house>
- [63] Pael House, 2010, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/59110/pael-house-pezo-von-ellrichshausen-architects>
- [64] Palma, C., Estudio Palma, *Pael House*, 2010, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/59110/pael-house-pezo-von-ellrichshausen-architects>
- [65] Astbury, J.: *Valerio Olgiati creates huge red concrete canopy at entrance to Bahrain's Pearling Path*, 2019, www.dezeen.com [online], dostupné z: <https://www.dezeen.com/2019/04/20/valerio-olgiati-canopy-pearling-path-concrete-architecture/>
- [66] Lanxess, *Case Study, Project: Casa das Histórias Paula Rego, Cascais, Portugal*
- [67] Kružík, V.: *Nové divadlo v Plzni a jeho červené betonové fasády*, 2014, Beton TKS, pp. 2
- [68] Guerra, F., Alves, L.F.: *Paula Rêgo Museum, Cascais*, www.arquitecturaviva.com [online], <https://arquitecturaviva.com/works/museo-paula-rego-1>
- [69] Gigon/Guyer Architekten, www.facebook.com [online], <https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos>
- [70] Harald, F. M., : Gigon/Guyer Architekten, www.facebook.com [online], <https://www.facebook.com/GigonGuyer/photos>
- [71] Hornitos Hotel / Gonzalo Mardones V Arquitectos, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/375284/hornitos-hotel-gonzalo-mardones-viviani>
- [72] Gonzalo Mardones Arquitecto, *Hotel Hornitos*, www.gonzalomardones.com [online], dostupné z: <https://gonzalomardones.com/en/portfolio/hotel-hornitos/>
- [73] Saieh,N.: *Caja los Andes Hotel by Gonzalo Mardones Viviani*, www.nicosaieh.cl [online], dostupné z: <https://www.nicosaieh.cl/caja-los-andes-hotel/>
- [74] MOAA Architects, *Toi Ohomai Health Sciences Building*, <http://www.moaa.co.nz> [online], dostupné z: <http://www.moaa.co.nz/project/toi-ohomai-health-sciences-building>

- [75] Peter Fell, *Waiariki Institute of Technology, Health and Science in Rotorua*, www.peterfell.co.nz [online], dostupné z: <https://www.peterfell.co.nz/waiariki-institute-of-technology-health-and-science-in-rotorua/>
- [76] Chabard, P.: *Cyrille Hanappe and Olivier Leclercq have pooled their individual skills in AIR*, A10#38 Eurovision
- [77] Ferrattier, D., Boureau, D.: *Apprentice Formation Centre / AIR*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/39476/apprentice-formation-centrer-air>
- [78] 2 Houses in Lerin / azpilicueta arquitectura y paisaje, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/881740/2-houses-in-lerin-azpilicueta-arquitectura-y-paisaje?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
- [79] Bescós, R.: 2 Houses in Lerin / azpilicueta arquitectura y paisaje, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/881740/2-houses-in-lerin-azpilicueta-arquitectura-y-paisaje?ad_source=search&ad_medium=projects_tab
- [80] Lanxess, *Case Study Muzeum Lotnictwa Polskiego, Krakow, Poland*
- [81] Muzeum polského letectví, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/muzeum-polskeho-letectvi-muzeum-lotnictwa-polskiego>
- [82] Lanxess, *Case Study MuCEM, Marseille, France*
- [83] Di Frenna Arquitectos, www.instagram.com [online], dostupné z: <https://www.instagram.com/difrenna.arquitectos/>
- [84] Hosking, B.: *Federal House / Edition Office*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/968418/federal-house-edition-office>
- [85] Estudio MMX, www.facebook.com [online], dostupné z: <https://www.facebook.com/estudioMMX>
- [86] Chao, Z.: *Atelier Xi designs peach-coloured concrete pavilion in rural China*, www.dezeen.com [online], <https://www.dezeen.com/2021/08/14/peach-hut-atelier-xi-concrete-pavilion-china/>
- [87] Boegly, L.: *Antoine de Ruffi School / TAUTEM Architecture + bmc2 architectes*, www.archdaily.com [online], dostupné z: <https://www.archdaily.com/959725/antoine-de-ruffi-school-tautem-architecture-plus-bmc2-architectes>
- [88] Sundal, K.: *Pir Ålesund Office Building / Mad arkitekter*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/976373/pir-alesund-office-building-mad-arkitekter?ad_source=unverified&ad_name=project

- [89] French + Tye, *Barevná betonová přístavba rozzářila viktoriánský dům. Pobaví vás také interiér plný křivek*, www.estav.cz [online], dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/9853.barevna-pristavba-rozzarila-viktoriansky-dum-interier-vas-pobavi-i-svymi-krivkami>
- [90] Morgado, J.: *Vilarinha House / TRAMA arquitetos*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/978540/vilarinha-house-trama-arquitetos?ad_medium=gallery
- [91] Koitani, Y.: *Aira/ anonymous*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/907302/aira-anonymous?ad_medium=gallery
- [92] Lanxess, *Case Study Bochum Justice Center*
- [93] Luque, O.: *Hotel Tepoztlán / Taller Carlos Marín + Pasquinel Studio*, www.archdaily.com [online], dostupné z: https://www.archdaily.com/941774/hotel-tepoztlan-taller-carlos-marin-plus-pasquinel-studio?ad_medium=gallery
- [94] Paniczko, P.: *Museum of the Second World War | Studio Architektoniczne Kwadrat*, www.arch2o.com [online], dostupné z: <https://www.arch2o.com/museum-of-the-second-world-war-studio-architektoniczne-kwadrat/>
- [95] Hulec a Špička Architekti, *Obnova a přístavba Dominikánského kláštera – Domu umění v Opavě*, <http://www.hs-architekti.cz> [online], dostupné z: <http://www.hs-architekti.cz/opava.php>
- [96] Dům umění v Opavě, www.kudyznudy.cz [online], dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktivity/dum-umeni-v-opave>
- [97] Dům umění, vizualizace, [www.http://op4u.cz](http://op4u.cz) [online], dostupné z: <http://op4u.cz/pub/mmo/foto/investice/37/index.htm>
- [98] Vinšová, H.: *Umění improvizace při náročných zakázkách*, Stavitel 05, 2014, pp. 10-11
- [99] Nové divadlo, www.stavbaroku.cz [online], dostupné z: <https://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=1163>
- [100] Pohledové betony na Novém divadle v Plzni, www.transportbeton.cz [online], dostupné z: <https://www.transportbeton.cz/pohledove-betony-na-novem-divadle-v-plzni.html>
- [101] Sladký, V.: *Novostavba plzeňského divadla má název, otazníky nadále zůstávají*, www.musical-opereta.cz [online], dostupné z: <https://www.musical-opereta.cz/novostavba-plzenskeho-divadla-ma-nazev-otazniky-nadale-zustavaji/>

- [102] Málek, M., Kovářová, P.: *Petr Skrušný: Baví mě kombinovat přírodní materiály s moderními trendy*, magazin.aktualne.cz [online], dostupné z: <https://magazin.aktualne.cz/bydleni/petr-skrusny-bavi-me-kombinovat-prirodni-materialy-s-moderni/r~3150a962470411e98a200cc47ab5f122/>
- [103] Žalud, O., Veselý, J.: *Technologie barevných betonů na vile architekta Petra Skrušného*, 2015, www.stavba.tzb-info.cz [online], dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12300-technologie-barevnych-betonu-na-vile-architekta-petra-skrusneho>
- [104] Teplý, L.: *Technologie barevných betonů na vile architekta Petra Skrušného*, 2015, www.stavba.tzb-info.cz [online], dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12300-technologie-barevnych-betonu-na-vile-architekta-petra-skrusneho>
- [105] Terasový dům v Košířích, www.archiweb.cz [online], dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/terasovy-dum-v-kosirich>
- [106] Rusina Frei - Obnova nábřeží řeky Loučné v Litomyšli, www.earch.cz [online], dostupné z: <https://www.earch.cz/katalog/projekty-a-realizace/rusina-frei-obnova-nabrezi-reky-loucne-v-litomysli>
- [107] CONSTRUCTION OF STATE REGIONAL ARCHIVE IN LOUNY, www.subterra.cz [online], dostupné z: <https://www.subterra.cz/en/reference/construction-of-state-regional-archive-in-louny/>
- [108] Novosad, P.: *Architektonické betony*, disertační práce, 2016

08

VLASTNÍ PUBLIKAČNÍ ČINNOST

2021

Utěšená, M.; Pernicová, R.

ČESKEM ZA ARCHIBETONEM

In: <https://www.archibeton.cz/kam-za-archibetonem/>

Utěšená, M.; Pernicová, R.

VLIV PIGMENTŮ NA ZMĚNU BAREV POHLEDOVÝCH BETONŮ VLIVEM VNĚJŠÍCH PODMÍNEK

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2021, 43. konference. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky WTA CZ, 2021. p. 51-56. ISBN 978-80-908408-0-5.

Pernicová, R.; Hurtig, K.; Utěšená, M.

VLIV MRAZU NA TRVANLIVOST PROBARVOVANÝCH BETONŮ

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2021, 43. konference. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky WTA CZ, 2021. p. 23-29. ISBN 978-80-908408-0-5.

2020

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Kratochvíle, L.

INFLUENCE OF PIGMENTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF COLORED CONCRETE

In: Engineering Mechanics 2020: Book of full texts. Prague: Institute of Thermomechanics, AS CR, v.v.i., 2020. p. 504-507. ISSN 1805-8248. ISBN 978-80-214-5896-3.

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Šesták, J.

THE ISSUE OF ABSENCE OF STANDARDS FOR PROPERTIES AND DURABILITY OF EXPOSED CONCRETE

In: Proceedings of the 21st Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings. Key Engineering Materials Vol. 868. Zürich: Transtech Publications, 2020. p. 70-75. ISSN 1662-9795. ISBN 978-3-0357-3653-3.

Utěšená, M.; Pernicová, R.

COLOR INTENSITY OF ARCHITECTURAL CONCRETE DEPENDING ON THE TYPE OF CEMENT

In: Materials Science Forum. Curich: Trans Tech Publications, 2020. p. 50-54. Materials and Technologies in Engineering II. vol. 986. ISSN 0255-5476. ISBN 978-3-0357-1590-3.

2019

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Šesták, J.

PROBLEMATIKA ABSENCE NOREM - POHLEDOVÝ BETON

In: Sanace a rekonstrukce staveb 2019. Praha: Czech Technical University in Prague, 2019. p. 87-92. ISBN 978-80-02-02888-8.

Utěšená, M.; Pernicová, R.

ANALYSIS OF THE CURRENT CONSTRUCTION FROM FAIR FACED CONCRETE IN TERMS OF BOUND CO2 EMISSIONS

In: 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019 - Energy and clean technologies. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019. p. 845-850. 19. vol. 4.1. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-83-6.

Pernicová, R.; Utěšená, M.

INFLUENCE OF MOULD-RELEASING AGENT ON SURFACE PROPERTIES OF COLOURED CONCRETE

In: 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2019. p. 177-182. vol. 19. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-89-8.

Pernicová, R.; Šesták, J.; Utěšená, M.

REVIEW OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF ARCHITECTURAL CONCRETE

In: Rehabilitation and Reconstruction of Buildings II. Curich: Trans Tech Publications, 2019. p. 9-14. vol. 808. ISSN 1013-9826. ISBN 978-3-0357-1492-0.

2018

Utěšená, M.; Pernicová, R.

**INCREASING DURABILITY OF SURFACE LAYERS OF ARCHITECTURAL
CONCRETE STRUCTURES WITH REGARDS TO ENVIRONMENTAL
SUSTAINABILITY**

In: 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018 - Ecology, Economics, Education and legislation - Ecology and Environmental Protection. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2018. p. 537-543. vol. 18. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-47-8.

09

UMĚLECKÁ A GRANTOVÁ ČINNOST

2021

Utěšená, M.

SGS21/075/OHK1/1T/15

PŘÍRODNÍ PIGMENTY PRO PROBARVOVANÝ BETON

Utěšená, M. Pernicová R.

1032103E001 FUČ FOND UMĚLECKÝCH ČINNOSTÍ

BETONY V KONTEXTU

2018

Utěšená, M.

SGS18/198/OHK1/3T/15

**MOŽNOSTI ZVYŠOVÁNÍ TRVANLIVOSTI A ODOLNOSTI POVRCHU
ARCHITEKTONICKÉHO BETONU VŮČI PŮSOBENÍ VNĚJŠÍCH VLIVŮ**

2021

Utěšená, M., Pernicová R.

Českem za Archibetonem

Specializovaná mapa s odborným obsahem publikovaná na www.archibeton.cz

Utěšená, M., Pernicová R.

#DIY Archibeton 3

Praktický workshop pro studenty Fakulty architektury ČVUT

Utěšená, M., Pernicová R.

Komentované prohlídky po soudobé architektuře z pohledového betonu pro studenty Fakulty architektury i širší veřejnost

2019

Utěšená, M., Pernicová R.

#DIY Archibeton

Praktický workshop pro studenty Fakulty architektury ČVUT i širší veřejnost

2018

Utěšená, M., Pernicová R.

Výstava k workshopu #DIY Archibeton

Pernicová, R.; Utěšená, M.; Kloda, M.; Stempel, J.

#DIY Archibeton

Praktický workshop pro studenty Fakulty architektury ČVUT