

# ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY VÝROBY A VYUŽITÍ PORTLANDSKÝCH CEMENTŮ SMĚSNÝCH

*Potenciál změn sortimentní skladby cementů podle ČSN EN 197-1  
v souvislosti se systémem obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů*

**Ing. Jan Gemrich**

*Svaz výrobců cementu ČR, K Cementárně 1261, 153 00 Praha 5 – Radotín,  
e-mail: [svcement@svcement.cz](mailto:svcement@svcement.cz)*

*Výzkumný ústav maltovin Praha s.r.o., Na Cikánce 2, 153 00 Praha 5 – Radotín,  
e-mail: [gemrich@vumo.cz](mailto:gemrich@vumo.cz)*

## POST-KJÓTSKÉ OBDOBÍ PO R. 2012 A EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

**Kjótský protokol** je protokol k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách. Průmyslové země se v něm v prosinci 1997 zavázaly snížit emise skleníkových plynů za pětileté období 2008–2012 o 5,2 %, přičemž na Českou republiku připadl závazek snížení o 8 %. Tato redukce se vztahuje na koš šesti plynů, resp. jejich agregované průměrné emise v jednotkách tzv. uhlíkového ekvivalentu ve srovnání s rokem 1990. **Skleníkové plyny** jsou plyny, vyskytující se v atmosféře Země, absorbující dlouhovlnné infračervené záření, díky čemuž je ohřívána spodní vrstva atmosféry a zemský povrch.

**Skleníkový efekt** je označení dvou rozdílných věcí. Přírodní skleníkový efekt se vyskytuje na Zemi téměř od samotného počátku jejího vzniku. **Je mylné vnímat jej jako škodlivý**, neboť bez výskytu přirozených skleníkových plynů by průměrná teplota při povrchu Země určená jen radiální bilancí byla asi -18 °C. Účinek přirozeného skleníkového efektu se tak stal nezbytným předpokladem života na Zemi. Antropogenní skleníkový efekt tkví v lidské činnosti (nejčastěji spalováním fosilních paliv, kácení lesů a globální změny krajiny) a který velmi pravděpodobně způsobuje globální oteplování. Míra významu druhého jevu je předmětem sporů. Jakákoliv změna složení zemské atmosféry, která brání nebo podpoří přenos dlouhovlnného infračerveného záření naruší tuto rovnováhu a zemský povrch se bude zahřívat nebo ochlazovat, dokud se nedosáhne nové teplotní rovnováhy. Již koncem 19. století vypočítal švédský badatel Swante Arrhenius, který za své chemické objevy získal v roce 1903 Nobelovu cenu, že kdyby se koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře zdvojnásobila, její teplota by se mohla zvednout až od 5 °C a odvodil souvislost mezi jeho poklesy a výskytem dob ledových. Od 70. let, s růstem ekologického podvědomí, se skutečnost, zda antropogenní skleníkový efekt má skutečně vliv na globální oteplování nebo ne, stává předmětem sporů. Existuje část vědecké obce, která změny klimatu přikládá přirozenému vývoji bez značného či žádného vlivu člověka na něj. V posledních letech se větší část vědců přiklání k názoru, že zvyšující se skleníkový efekt způsobený větším podílem CO<sub>2</sub> a jiných plynů významně přispívá k současnému globálnímu oteplování. Proběhlo několik mezinárodních konferencí, na kterých bylo přijato usnesení, že za globálním oteplováním stojí člověk.

Základem splnění závazků má být redukcí emisí na území příslušného státu. Systém však umožňuje část závazku splnit pomocí tzv. *flexibilních mechanismů*. Ty mají průmyslovým státům umožnit, aby zajistily snížení emisí na území jiného státu nebo odkoupily od jiného státu právo vypouštět skleníkové plyny.

V období po Kjótu budou i nadále pravděpodobně platit tři typy flexibilních mechanismů:

- **obchodování s emisemi** (Emission Trading, ET);

- **společně zaváděná opatření** (Joint Implementation, JI);
- **mechanismus čistého rozvoje** (Clean Development Mechanism, CDM).

Je důležité si uvědomit, že žádný z těchto mechanismů sám o sobě nevede ke snižování emisí skleníkových plynů. Jde „pouze“ o způsob, jak pomocí tržních nástrojů snížit ekonomické náklady na omezení emisí. Pro využití těchto mechanismů nejsou žádné přesné limity, nemělo by se nicméně stát, že některý stát na snižování emisí na domácí půdě zcela rezignuje a potřebné kredity si nakoupí či vyslouží v zahraničí. Využití flexibilních mechanismů má být jen doplňkem k vnitrostátním opatřením pro snížení emisí.

Obchodování s emisemi mezi státy je asi nejprůhlednějším mechanismem. Jestliže se ukáže, že země A emituje např. o deset milionů tun CO<sub>2</sub> méně, než jí ukládá Protokol, může tento rozdíl prodat jiné zemi B. V konečném důsledku země A i B společně plní závazky, pouze dochází k redistribuci emisních limitů mezi A a B. Na tomto základě mohou již dnes kolektivně plnit své závazky např. země EU15.

### SNÍŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDU UHLIČITÉHO V ČESKÉM CEMENTÁŘSKÉM PRŮMYSLU

Jako možný příklad průmyslově environmentálního podnikání může sloužit výroba cementu. V rámci komplexní modernizace českých a moravských cementářských linek, která proběhla v uplynulých deseti letech, byly uzavřeny všechny vysokoenergetické výrobní linky mokrého způsobu výroby slínku a dnes se při výrobě cementu v ČR používá již pouze energeticky nejúspornější suchý proces výroby. Příprava suroviny byla převedena do moderních předhomogenizačních jednotek s vysokou efektivitou a racionalitou skladby suroviny na výpal a bylo zintenzivněno využívání druhotných surovinových zdrojů, např. železitých kalů, odpadních písků aj. Pro vlastní výpal slínku bylo zahájeno využívání alternativních paliv, které částečně nahrazují základní palivo - mleté černé uhlí. Dříve používaná paliva, např. zemní plyn naftový ZPN a těžký topný olej (mazut) TTO jsou, zejména z ekonomických důvodů, využívána v minimální míře. Také využívání biomasy je v cementářském průmyslu omezeno zejména pro její nízkou výhřevnost.

**Vznik oxidu uhličitého je z nicméně z podstaty neoddělitelnou součástí technologie výroby cementu. CO<sub>2</sub> vzniká jednak při rozkladu vápence obsaženého v cementářské surovině (procesní CO<sub>2</sub>) a jako produkt spalování paliva v rotační peci (palivový CO<sub>2</sub>).**

**Emise oxidu uhličitého z výroby cementu poklesly v České republice v období 1990 až 2000 o více než 23%**, tedy téměř trojnásobek povinnosti českého státu v rámci platnosti Kjótského protokolu. Vznik oxidu uhličitého je však neoddělitelnou součástí technologie výroby cementu. Zatímco v oblasti využívání alternativních paliv lze ještě hledat úspory, tzv. procesní emise z rozkladu vápence o objemu cca 65% již regulovat nejde. Tyto emise pochází z kalcinace vápence a jsou proto nevyhnutelné. Toto je jasná nevýhoda cementářského průmyslu vůči jiným odvětvím.

Ve zdánlivém rozporu s výše uvedeným poklesem vzrostla měrná emise CO<sub>2</sub> na tunu slínku a cementu. Důvodem je citovaná změna palivové základny. Je nutno si uvědomit, že na jeden TJ palivového příkonu vznikne například při spalování plynu 55 t CO<sub>2</sub>, při spalování mazutu 78 t CO<sub>2</sub> a při spalování uhlí 93 t CO<sub>2</sub>. Skutečný podíl emisí z alternativních paliv a z biomasy v budoucnu se od předpokladů může velmi lišit a bude závislý především na podobě platné legislativy, která bude využívání jak alternativních paliv, tak odpadů upravovat.

## TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ VÝROBY CEMENTU

Cement je prvním stavebním materiálem, který je v České republice vyráběn podle evropských cementářských norem. Tím jsme předběhli řadu jiných evropských států. Jeho kvalita je vysoká a není jednoduché ji dosahovat. Výrobci tuto kvalitu musí garantovat. Dávkování cementu do betonu je nyní přiměřeně přesné. Plýtvání cementem v betonu je dávnou minulostí uplynulých desetiletí. Cement je v betonu podle připravovaných betonářských evropských norem částečně nahrazován druhotnými, někdy odpadními materiály, jako např. popílkem či struskou. To opět snižuje spotřebu cementu absolutně i jeho podíl v betonu.

Důležitými dalšími náklady, které se promítají do ceny cementu jsou veškeré dopravní a manipulační náklady. Uvádí se, že cement obvykle není ekonomické dopravovat za hranici 200 nebo maximálně do 300 km, což však platí pouze pro suchozemskou dopravu. Parametry námořní dopravy naopak umožňují transport cementu např. napříč Středozezemním mořem anebo import slínku ze Středního východu.

Poptávka po cementu v 21. století odráží rozvoj průmyslu a rostoucí urbanizaci. Spotřeba cementu v průmyslově vyspělých zemích vzrostla cca pětinasobně od 2. světové války. Nicméně v posledních 15ti letech se výrazně liší spotřeba cementu ve starých a nových členských státech EU a je rovněž závislá na podpůrných finančních tocích mezi členským státem a Evropskou komisí. Spotřeba cementu se úzce svázána s ekonomickým rozvojem příslušného státu anebo regionu a s pravidelnými ekonomickými cykly. Cementářské závody často zakládají samostatné distribuční jednotky, popř. samostatné mlecí kapacity. Cílem je udržet transportní náklady na co nejnižší úrovni.

Cementářský průmysl je dnes řazen s několika dalšími mezi tzv. mineralogické procesy. Energetický účet nicméně představuje až 50% celkových výrobních nákladů vč. odpisů při výrobě cementu s minimální možností dalších úspor, které jsou odhadovány na přibližně 2,2 %.

Spotřeba cementu, který za běžných ekonomických podmínek je vždy výrazně tuzemským výrobkem, se ve střední Evropě zvyšuje. Spotřeba cementu v ČR na jednoho obyvatele je sice ještě hluboko pod úroveň současných států Evropské Unie, ale v regionu střední Evropy je nutná výstavba nových silnic, mostů, železničních tratí, domů, čističek odpadních vod a mnoha dalších staveb. Toto všechno jsou oblasti, kde je zapotřebí cement a samozřejmě beton. Navrhovaný program obchodování s emisemi nyní brání zlepšování infrastruktury (a tím i zvyšování životní úrovně), která bude vyžadovat zvýšenou domácí výrobu cementu. Ukazatele ČSÚ i Eurostatu dokladují, že stavební výroba roste cca 8% tempem v posledních letech a obdobné tempo prognózují i do budoucna. Dnešní cca 20% dovoz cementu ze zahraničí lze omezit, zejména bude-li mít domácí průmysl dostatek povolenek pro předpokládaný objem výroby a spotřeby cementu v českém stavebnictví.

**Český cementářský průmysl má v současné době podle přidělů povolenek pro období do roku 2012 a podle stávající výroby přibližně 12% roční deficit povolenek na požadovanou výrobu. Český cementářský průmysl není v současné době se schopen bránit dovozu zahraničního cementu z non-EU zemí. Dosavadní systém obchodování s povolenkami nepřinesl žádnou environmentální úsporu s ohledem na již dříve zavedené techniky BAT podle IPPC, ale pouze zvýšenou administrativní náročnost.**

**V letech 2011 – 2012 bude evidentní nedostatek povolenek na výrobu slínku a proto bude zapotřebí informovat trh o jiných druzích cementů podle ČSN EN 197-1 dosud v ČR nevyužívaných.**

## PORTLANDSKÉ CEMENTY SMĚSNÉ

Z výše uvedeného je zřejmé, že ekologické hledisko může být jedním z důvodů, který přinese na český cementářský trh rozšířenou nabídku druhů cementů. Portlandské cementy směsné jsou však dobrou alternativou běžného portlandského cementu i z technického hlediska. Díky možnosti kombinovat několik hlavních složek, zejména vysokopecní strusku, popílek a sádrovec, umožňuje portlandský směsný cement CEM II-M využít výhody i nevýhody jednotlivých hlavních složek. Tím lze dospět k vytvoření stabilních materiálových systémů. Přitom je třeba komplexně přihlížet jak k možnostem výroby, tak i požadovaným vlastnostem cementu. Pokud jde o vlastnosti, jedná se zejména o vliv cementu na vlastnosti betonu, např. na zpracovatelnost, na nárůst pevností a především na trvanlivost. Z pohledu výrobce cementu hraje svou roli jak poměr nákladů na výrobu vůči tržní ceně cementu tak i vliv výroby cementu na životní prostředí.

Druh CEM II Portlandský cement směsný	Označení	Obsah složek <sup>*)</sup> [% hm.]	Druhy složek: označení
Portlandský struskový cement	CEM II/A-S	6 až 20	granulovaná vysokopecní struska: S
	CEM II/B-S	21 až 35	
Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	6 až 20	křemičitý úlet: D
Portlandský pucolánový cement	CEM II/A-P/Q	6 až 20	přírodní pucolán: P
	CEM II/B-P/Q	21 až 35	přírodní kalcinovaný pucolán: Q
Portlandský popílkový cement	CEM II/A-V/W	6 až 20	křemičitý popílek: V
	CEM II/B-V/W	21 až 35	vápenatý popílek: W
Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí	CEM II/A-T	6 až 20	kalcinovaná břidlice: T
	CEM II/B-T	21 až 35	
Portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L/LL	6 až 20	vápenec s TOC ≤ 0,5: L
	CEM II/B-L/LL	21 až 35	vápenec s TOC ≥ 0,2: LL
Portlandský směsný cement	CEM II/A-M	6 až 20	S + D <sup>**)</sup> + P + Q + V + W + T +
	CEM II/B-M	21 až 35	L + LL

<sup>\*)</sup> obsah jiných hlavních složek než portlandský slínek

<sup>\*\*)</sup> podíl 6 až 10 % hm.

Evropská cementářská norma EN 197-1 specifikuje celou skupinu **portlandských cementů směsných CEM II**. Ta obsahuje kromě portlandského slínku jedinou další hlavní složku. Jsou to např. portlandské struskové cementy CEM II/A-S s 6 až 20 % hm. a CEM II/B-S s 21 až 35 % hm. granulované vysokopecní strusky. Uvedená kategorie, která bude dále označována jen označením CEM II, zahrnuje dále následující druhy cementu:

- portlandský cement s křemičitým úletem,
- portlandský pucolánový cement,
- portlandský popílkový cement,
- portlandský cement s kalcinovanou břidlicí,
- portlandský cement s vápencem,

kteří mají všechny vedle slínku ještě jednu další složku.

Označení **CEM II-M Portlandský směsný cement** je určeno pro cementy, ve kterých jsou kombinace dále uvedených hlavních složek:

- granulovaná vysokopecní struska,
- křemičitý úlet,
- přírodní pucolán, např. tras,
- křemičitý nebo vápenatý popílek a
- vápenec.

Jaké jsou konkrétní argumenty ve prospěch portlandských směsných cementů CEM II-M? Z technického hlediska je třeba při vývoji nového cementu respektovat požadavky na vlastnosti vyráběného betonu, jako jsou dobrá zpracovatelnost, nárůst pevnosti a zvláště pak trvanlivost. Z pohledu výrobce cementu hrají přirozeně svou roli výrobní náklady a možné dopady na životní prostředí. **Výhradní roli pak představují potenciálně absolutní nedostatek některých hlavních složek cementu, např. vysokopecní strusky a absolutní nedostatek povolenek na emise skleníkových plynů potřebných pro výpal slinku.**

Z technického hlediska mají cementy CEM I, CEM II a CEM III pochopitelně různé vlastnosti. Žádný cement, ani portlandský, není ideálním řešením pro všechny aplikace. Cementy CEM II-M umožňují vyvážit výhody a nevýhody jednotlivých hlavních složek jejich správnou kombinací. Kromě snížení emisí CO<sub>2</sub> a šetření přírodních zdrojů lze dále optimalizovat i vliv cementů na vlastnosti z nich vyráběných betonů.

Řadu materiálových vlastností a chování v betonu je nutno průběžně pečlivě vyzkoušet a ověřit. Jednou z vlastností, která dozná v kombinaci slinek – vysokopecní struska – popílek a vápence změny je pórovitost a rozložení velikosti pórů. To je významné pro vstup škodlivin do systému zatvrdlé stavební hmoty a pro odolnost betonu. U cementu s vysokým obsahem vápence je mikrostruktura tvrdnoucí cementové kaše poněkud hrubší. Poloměr pórů lze zmenšit použitím latentně hydraulických či pucolánových hlavních složek. Lze tedy optimalizací obsahu např. strusky a vápence nalézt vyhovující kombinaci pro dosažení rozumné nepropustnosti např. pro iontové škodliviny.

Obdobně i rychlost a hloubka karbonatace závisí nejen na vodním součiniteli (hlavní vliv), ale i na obsahu slinku. Ve srovnání s betonem z portlandského cementu se hloubka karbonatace zvětšuje i nejen s obsahem vysokopecní strusky, ale i s rostoucím obsahem vápence či popílku. Výsledek laboratorních zkoušek však nelze přeceňovat. U venkovních stavebních prvků, u kterých je vyšší nebezpečí koroze výztuže, je totiž vlivem větší vlhkosti betonu hloubka karbonatace proti laboratorním zkouškám menší. U vnitřních stavebních prvků je sice vlivem menší vlhkosti betonu hloubka karbonatace větší, pro malou vlhkost betonu se však současně snižuje riziko koroze výztuže. To vše uvedené platí v souladu s EN 206–1 pro přepokládanou životnost konstrukce 50 let.

Řadu materiálových vlastností portlandských cementů směsných s vyšším zastoupením hlavních složek bude třeba ještě ověřit ve vlastní betonářské praxi a převzít rovněž zkušenosti v okolních zemích, které směsné cementy již používají. Nicméně ekonomická a environmentální realita bude jak výrobce, tak i zpracovatele cementu nutit k využívání těchto moderních ekologických cementů.