



## ZAVEDENÍ LCA PRODUKTOVÝCH TOKŮ UŘÍCH MATERIÁLŮ SILNIČNÍHO STAVITELSTVÍ

Zpracovali: Ing. et Ing. Libor Špička, Ing. Jiří Jedlička (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.)

### Souhrn

V roce 2016 byla činnost zaměřena na definování produktových toků základních materiálů silničního stavitelství, zejména písku, kameniva, vápence a cementu. U těchto materiálů byla zároveň provedena analýza energetické náročnosti jednotlivých zpracovatelských procesů. V oblasti primárních energetických zdrojů byla provedena základní energetická bilance výroby procesních paliv a elektřiny, jakožto vstup do výrobních procesů jednotlivých materiálů. Výsledky řešení budou použity jako vstupy do bilancí směsí materiálů a při tvorbě výpočetních modelů (kalkulátorů).

### Oblast použití

Využití nových poznatků se předpokládá především při vývoji a zavádění kalkulatoru uhlíkové stopy a nástrojů analýzy životního cyklu staveb dopravní infrastruktury z pohledu energetické náročnosti a dopadu na životní prostředí.

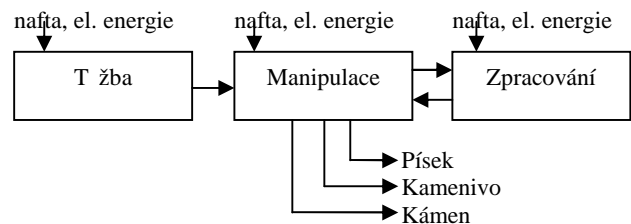
### Metodika a postup řešení

Pro základní materiály písek, kámen, vápenc a cement byla provedena podrobná analýza technologických postupů a používaného strojního vybavení se zaměřením na nejlepší dostupné technologie (BAT). Na základě této analýzy byly definovány typické produktové toky. Jako informační zdroje pro tuto fázi byly použity informace od zástupců firem působících v daném odvětví (konzultace, konferenční příspěvky, odborné články atd.), údaje výrobce strojního zařízení a stavebních strojů, údaje z informačního systému EIA. Při zpracování energetických bilancí byly kromě výše uvedených zdrojů dále využity LCA databáze The Boustead model a GEMIS. Energetické toky (elektrická energie, paliva) byly vztaheny k jednotlivým procesům a položeny na tunu produktu. Procesy tzv. „pre-combustion“ fáze, tedy energetická náročnost výroby paliv a elektřiny jsou v bilancích zahrnuty.

### Výsledky

#### Těžba a zpracování štěrku

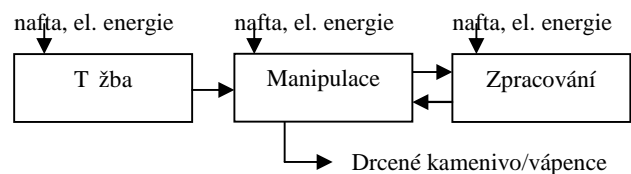
Analýza produktových toků byla provedena pro nejčastější způsob těžby, tj. technologii povrchové těžby a těžby pod hladinou (ze břehu, plovoucí těžební zařízení). Hlavní produktové toky jsou souhrnně uvedeny na obrázku 1. Proces zpracování zahrnuje technologii praní, třídění, případně drcení, a to s využitím technologických linek mobilních, případně stacionárních. Proces manipulace zahrnuje manipulaci s materiálem z místa těžby do místa zpracování, manipulaci do místa uskladnění a nakládání při expedici.



Obr. 1 Produktové toky těžby a zpracování štěrku.

#### Těžba a zpracování kamene a vápence

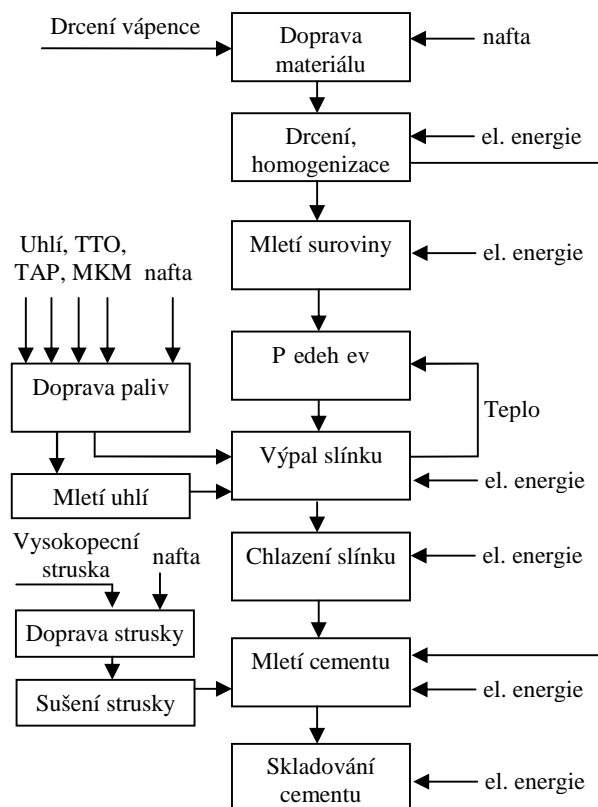
Proces těžby zahrnuje přípravné činnosti pro odstředivý (vrtání) a rozdělení nadměrného materiálu. Proces zpracování zahrnuje primární, sekundární, případně terciální třídění a drcení materiálu na požadované frakce. Proces manipulace zahrnuje manipulaci s materiálem z místa těžby do místa zpracování, manipulaci do místa uskladnění a nakládání při expedici.



Obr. 2 Produktové toky těžby a zpracování kamene a vápence.

## Výroba cementu

Výroba cementu byla rozdělena na dva procesy, a to výrobu slínku a vlastní výrobu cementu. Produktové toky v dílčích procesech jsou znázorněny na obr. 3.



Obr. 3 Produktové toky výroby cementu.

## Energetická bilance

Energetická náročnost těžby štěrku pod vodní hladinou a jeho zpracování se pohybuje obvykle v rozmezí 20,3-36,1 MJ/t produkt. Obdobná náročnost je i při povrchové těžbě. V případě drceného kameniva je spotřeba energie obvykle v rozmezí od 13,7 do 33 MJ/t, v extrémním případě až 50 MJ/t produkt. Zpracování vápence má oproti drcenému kamenivu mírně vyšší energetickou náročnost, cca 43 MJ/t produkt v důsledku zpracování na menší frakce (primární, sekundární a terciální drcení). Energetická náročnost obecně závisí především na strojním vybavení a na množství těžného materiálu ve vztahu ke kapacitě výrobní technologie. Podíl jednotlivých procesů (těžba, manipulace a zpracování suroviny) je uveden v tabulce 1.

Výroba cementu je vysoce energeticky náročná. Spotřeba energie na produkci 1 tuny cementu se udává ve výši cca 3,68-4,50 GJ [1, 2]. Lze se setkat i s vyšším rozpětím 2,70-6,79 GJ [3]. Energetická náročnost výroby je nejvíce závislá na druhu použitého paliva při výrobě slínku. V ČR se používá zejména směs fosilních paliv a tuhých alternativních paliv (TAP), případně v kombinaci s dalšími

odpadními produkty, například masokostní moukou. Energetická náročnost se pak pohybuje přibližně ve výši 3939,2 MJ/t cementu.

Z energie spotřebované na výrobu cementu připadá přibližně 1,1 % na těžbu a zpracování vstupních surovin, cca 89,0 % na výrobu slínku a přibližně 9,9 % na finální výrobu cementu.

Tab. 1 Podíl jednotlivých procesů zpracování základních surovin na spotřebě energie.

|  | Těžba [%] | Manipulace [%] | Zpracování [%] |
|--|-----------|----------------|----------------|
| Štěrkopískek – těžba pod hladinou plovoucím zařízení | 21,2-44,7 | 15,5-64,5      | 14,3-53,1      |
| Štěrkopískek – těžba pod hladinou ze břehu           | 15,1-16,0 | 49,0-50,9      | 33,9-35,0      |
| Kamenivo – stacionární i mobilní linky               | 4,5-6,1   | 33,0-41,2      | 54,2-60,9      |
| Vápenec  | cca 11,9  | cca 36,0       | cca 52,1       |

## Závěr

Byly definovány produktové toky základních materiálů. Na základě produktových toků byla zpracována energetická bilance. Spotřeba energie byla sumarizována do definovaných základních procesů. Jako energeticky nejméně náročný se ukazuje proces těžby suroviny. Náročnost manipulace s materiálem a jeho zpracování pak závisí především na strojním vybavení a na množství těžného materiálu ve vztahu ke kapacitě výrobní technologie. U energeticky vysoce náročné výroby cementu připadá na výrobu vstupních produktů pouze cca 1 % spotřebované energie.

V dalším období bude innost zaměřena na další zpracování provedených bilancí a alokaci spotřeby na detailnější produkty. Analyzovány budou i další materiály používané v silničním stavitelství.

## Literatura

- [1] RAMIREZ, A. D., et al. Environmental impacts, life cycle assessment and potential improvement measures for cement production: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 113, p. 114–122.
- [2] RUAN, S., UNLUER, C. Comparative life cycle assessment of reactive MgO and Portland cement production. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 137, p. 258–273.
- [3] STAFFORD, F. N., et al. Life cycle assessment of the production of cement: A Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 137, p. 1293–1299.