

Tehnike termične analize pri preučevanju termičnih lastnosti PCM-parafinov kot energetske učinkovite dodatke gradbenim materialom

Martina Potočnik, Jaša Hrovat, Aljaž Renko, Niko Kučič, Tina Skalar, Nataša Čelan Korošič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Večna pot 113, Ljubljana, Slovenija

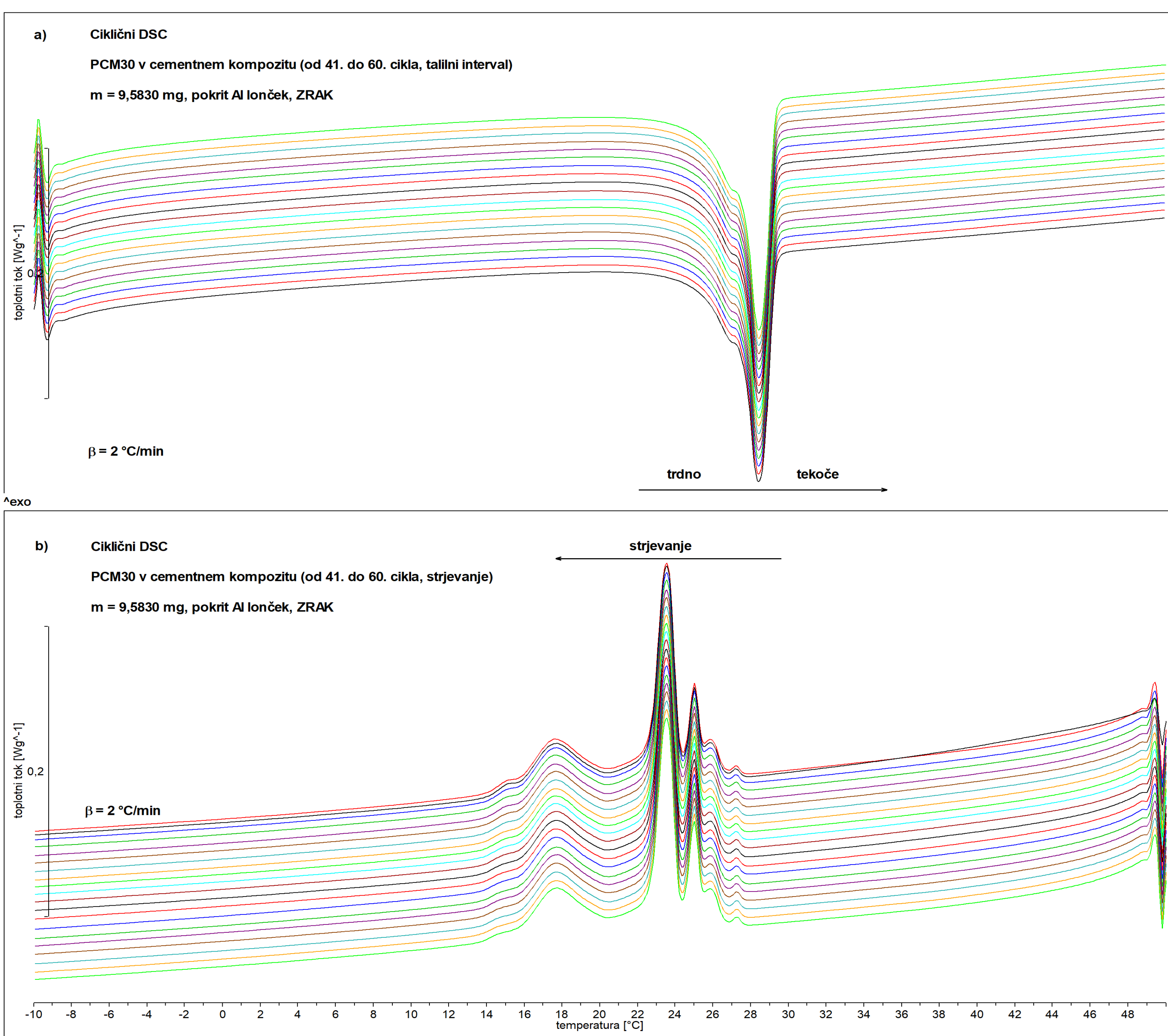
1. Opredelitev problema in namen

Namen preiskav je bil določiti termične lastnosti PCM-parafinov, vgrajenih v cementni kompozit, z različnimi tehnikami termične analize (slika 1). Preučevali smo enkapsulirane parafinske voske, ki so vrsta organskega materiala s fazno spremembo trdno/tekoče (angl. phase change materials, PCMs) pri ugodno nizki temperaturi (20–30 °C).

3. Metode in rezultati

Z **diferenčno dinamično kalorimetrijo (DSC)** smo določili temperaturni interval faznega prehoda (trdno/tekoče in obratno), latentno toploto taljenja (tabela 1), s 60 grelni-hladilnimi cikli (slika 2) pa določili toplotno stabilnost materiala med ponavljajočim se taljenjem in strjevanjem.

Enkapsulacija PCM-parafinov preprečuje uhajanje voskov in olajša njihovo vgradnjo v različne materiale in izdelke. Z DSC metodami smo preučili učinke enkapsulacije parafina na toplotno učinkovitost PCM, pri tem pa posebej preverili učinek in lastnosti melaminsko-formaldehidne membrane.



Slika 2: Ciklično segrevanje in ohlajanje cementnih kompozitov z dodanim PCM z Mettler Toledo DSC1. a) endotermni prehod iz trdnega v tekoče med segrevanjem, absorpcija toplote, b) eksotermno strjevanje, oddajanje toplote.

Tabela 1: Povprečna izračunana latentna toplota (60 ciklov) in temperatura faznega prehoda (40 ciklov) iz DSC meritev.

vzorec	Ref	PCM20	PCM30	PCM
latent. topl. (segrevanje) [J/g]	/	-6,168 ± 1,404	-12,534 ± 1,495	-66,714 ± 2,529
latent. topl. (hlajenje) [J/g]	/	7,417 ± 2,051	11,865 ± 2,289	65,970 ± 0,530
T prehoda (segrevanje) [°C]	/	27,229 ± 0,010	27,163 ± 0,010	27,028 ± 0,018
T prehoda (hlajenje) [°C]	/	24,274 ± 0,018	24,327 ± 0,041	26,462 ± 0,010

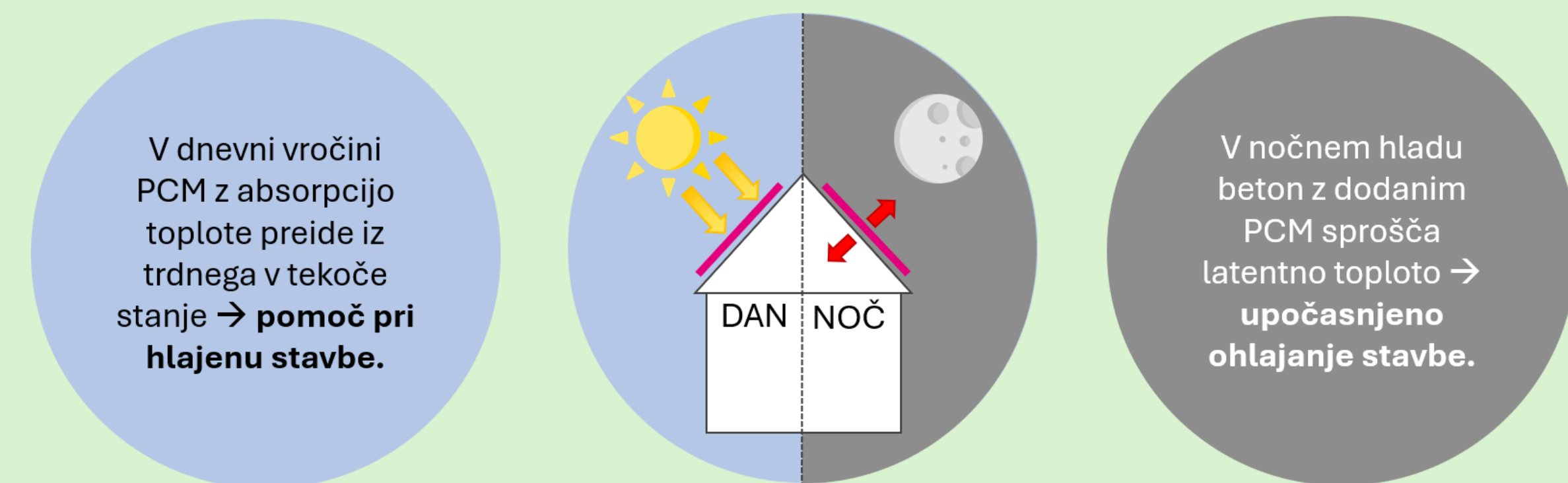
4. Sklepi

- Mikrostrukturalna analiza je potrdila enakomerno porazdelitev mikrokapsul PCM v matrici cementa, kar pripomore k učinkovitemu shranjevanju in sproščanju toplotne energije. Velikost premera mikrokapsul PCM parafinskega voska z melamin-formaldehidno membrano je bila določena na približno 6–15 µm.
- TGA krivulje referenčnega vzorca (cementnega kompozita) in vzorcev z dodanim različnim deležem PCM kažejo zamik izgube mase v območju razpada parafinov, kapsuliranih v melaminsko-formaldehidni ovojnici, k višjim temperaturam zaradi večjega toplotnega gradienta. MS krivulje potrjuje sproščanje vode v 1. stopnji, razpad parafinov in ovojnice v 2. stopnji ter karbonatov v zadnji stopnji razpada.
- Ponovljivost rezultatov cikličnega testiranja je pokazala reverzibilno fazno spremembo taljenja in strjevanja PCM – potencialna uporaba takšnih kompozitov kot energetske učinkovitega gradbenega materiala.

5. Literatura

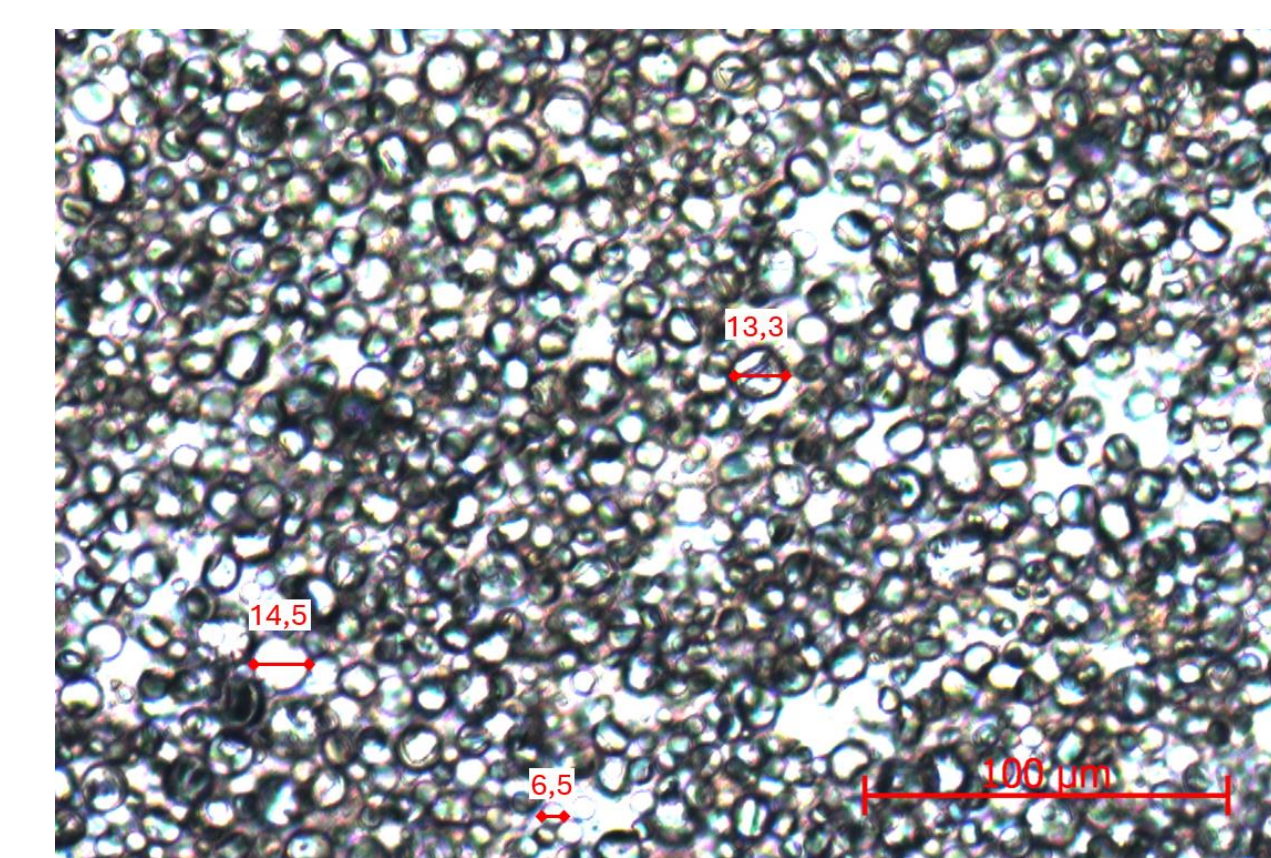
- P. Štukovnik, V. Bokan Bosiljkov, M. Marinšek, T. Skalar, (2024), Cement composites with the addition of phase-change materials as innovative construction materials for maintaining a pleasant living environment = Cementni kompoziti z dodatkom fazno spremenljivih materialov kot inovativni gradbeni materiali za zagotavljanje prijetnega bivanjskega okolja, Materiali in tehnologije = Materials and technology. 58, 77–84.
- NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899.

2. Teoretične osnove



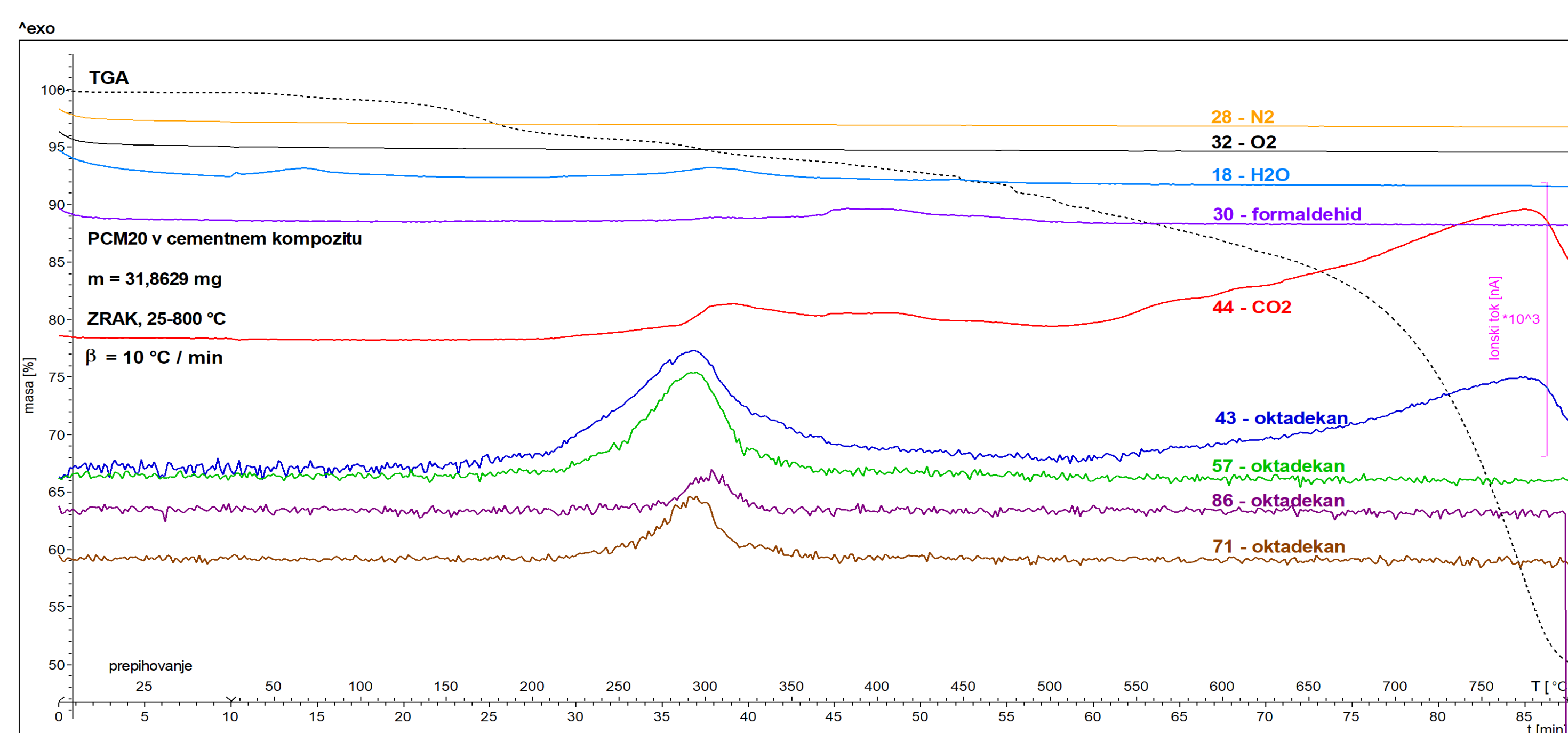
Slika 1: Princip delovanja PCM v gradbenih materialih.

S pomočjo **optične mikroskopije (OM)** smo opazovali mikrostrukturo PCM-parafinov (slika 3).

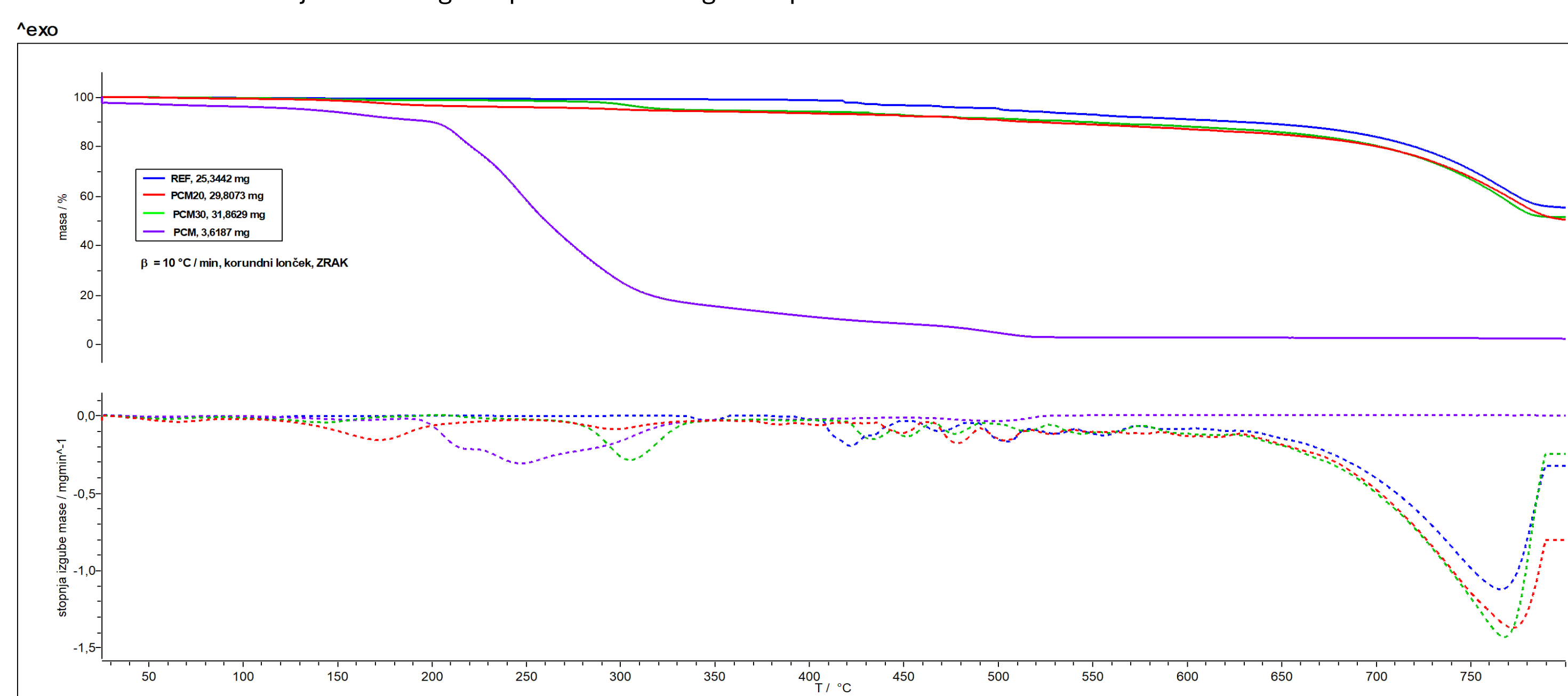


Slika 3: PCM 28 mikrokapsule, posnete s polarizacijskim optičnim mikroskopom s presevno svetlobo Zeiss Axio Imager Z1.

PCM-parafini so vnetljivi, zato smo s sklopljeno tehniko **termogravimetrične analize z masno spektroskopijo (TGA-MS)** določili interval termične stabilnosti ter analizirali sproščene pline² (slika 4).



Slika 4: TGA-MS krivulje termičnega razpada cementnega kompozita z dodanim PCM z Mettler Toledo TGA/DSC1.



Slika 5: TGA in DTG krivulje referenčnega vzorca, cementnega kompozita z 20% in s 30% dodanim PCM ter čisti PCM.