

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Marinič, M., 2016. Okoljsko vrednotenje fasadnih sistemov. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentor Pajek, L.): 99 str.

Datum arhiviranja: 20-07-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Marinič, M., 2016. Okoljsko vrednotenje fasadnih sistemov. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Pajek, L.): 99 pp.

Archiving Date: 20-07-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM DRUGE STOPNJE  
STAVBARSTVO**

Kandidat:

**MIHA MARINIČ**

## **OKOLJSKO VREDNOTENJE FASADNIH SISTEMOV**

Magistrsko delo št.: 7/II.ST

## **ENVIRONMENTAL VALUATION OF EXTERNAL THERMAL INSULATION COMPOSITE SYSTEMS**

Graduation – Master Thesis No.: 7/II.ST

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

**Somentor:**

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 30. 06. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

»Ta stran je namenoma prazna«

## IZJAVE

Spodaj podpisani študent Miha Marinič, vpisna številka 26420039, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Okoljsko vrednotenje fasadnih sistemov

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: Kanal ob Soči

Datum: 25.5.2016

Podpis študenta:

»Ta stran je namenoma prazna«

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

<b>UDK:</b>	<b>502.15:69.03(497.4)(043)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Miha Marinič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Roman Kunič</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. Luka Pajek</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Okoljsko vrednotenje fasadnih sistemov</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Magistrsko delo – B.</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>99 str., 46 pregl., 26 graf., 21 sl., 3 o.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>analiza življenjskega cikla, LCA, okoljsko vrednotenje, okoljska deklaracija proizvodov, ETICS</b>

### **Izvleček**

V zadnjem času se veliko govori o negativnih vplivih poseganja človeka v okolje. Podnebne spremembe, ozonska luknja, segrevanje ozračja, onesnaženost zraka so le nekatere izmed negativnih posledic. Poleg teh pa se zaloge neobnovljivih virov energije zmanjšujejo, zato postaja energija vse bolj dragocena dobrina. Ena izmed metod za ugotavljanje negativnih vplivov na okolje je metoda analize življenjskega cikla ali LCA. V magistrski nalogi je najprej predstavljena metoda LCA, z njo povezana standardizacija, njene značilnosti, proces in njena uporaba v gradbeništvu. V nadaljevanju je predstavljen fasadni sistem in njegove komponente. Za lepilno malto, zaključni omet ter za fasadni sistem je izveden izračun LCA (»od zibelke do vrat«) z realnimi podatki ter predstavitev rezultatov v obliki okoljske deklaracije proizvoda EPD. V zadnjem delu je primerjava okoljskih vplivov za fasadne plošče, zaključne omete ter za fasadne sisteme. Fasadne plošče smo primerjali glede na LCA rezultate izračunane iz podatkovnih baz. Za primerjavo zaključnih ometov smo uporabili javno dostopne EPD-je in predhodno izračunani LCA za zaključni omet. Nazadnje smo kombinirali različne fasadne plošče in zaključne omete v fasadne sisteme, izračunali LCA, in izvedli primerjavo fasadnih sistemov. Ugotovili smo, da je edina pravilna primerjava z upoštevanjem deklarirane enote glede na funkcijo, ki jo material opravlja, in ne na masno enoto. Rezultati se med posameznimi kazalci okoljskih vplivov razlikujejo, zato je potrebno primerjati več različnih kazalcev. Iz LCA ugotavljamo, da ima na fasadne sisteme pri večini kazalcev okoljskih vplivov največji vpliv fasadna plošča, medtem ko izbira zaključnega ometa na kazalec okoljskega vpliva nima odločilne vloge.

»Ta stran je namenoma prazna«



## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>502.15:69.03(497.4)(043)</b>
<b>Author:</b>	<b>Miha Marinič</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Roman Kunič, Ph. D.</b>
<b>CO-supervisor:</b>	<b>Assist. Luka Pajek</b>
<b>Title:</b>	<b>Environmental valuation of external thermal insulation composite systems</b>
<b>Document type:</b>	<b>Master Thesis</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>99 p., 46 tab., 26 graph., 21 fig., 3 w.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>life cycle assessment, LCA, environmental valuation, environmental product declarations, ETICS</b>

### **Abstract**

Lately, there has been a lot of discussion about negative impacts on the environment that are caused by human actions. Climate change, ozone hole, global warming, air pollution are only some of the many negative impacts. In addition, non-renewable energy resources (such as oil, natural gas, coal) are being depleted, causing energy to increasingly become more and more valuable. One of the methods for detection of such negative environmental impacts is the so-called life cycle assessment method or LCA. First part of the master thesis presents the LCA method and with it connected standardization, its characteristics, process and its use in construction industry. It continues with the presentation of the ETICS and its components. The LCA calculation ("from cradle to gate") using real data and the presentation of the results in form of the environmental product declaration EPD, is carried out for adhesive mortar, finishing coat and ETICS. Last part of this thesis presents the comparison of the environmental impacts on thermal insulation materials, finishing coats and ETICS. We compared the thermal insulation materials according to the LCA results that were calculated from the databases. For comparison of the finishing coats we used publicly available EPD and the finishing coat we calculated ourselves. Lastly we combined different thermal insulation materials and finishing coats into ETICS, calculated LCA and compared the ETICS. We have found that the only right comparison including declared unit is the one that is based on the function of the material and not on the mass unit of the material. The results vary according to different environmental impact indicators, therefore it is necessary to compare different indicators among themselves. Using LCA we came to a conclusion that the thermal insulation material has the biggest impact on the ETICS in majority of the environmental impact indicators, while the choice of finishing coat does not play a key role for environmental impact indicators.

»Ta stran je namenoma prazna«

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorju asist. Luku Pajku za nasvete pri pisanju magistrske naloge.

Hvala Zavodu za gradbeništvo Slovenije za pomoč pri pripravi podatkov in dovoljenje za uporabo programske opreme GaBi 6 ter Tajdi Potrč, mag. arh., Zavod za gradbeništvo Slovenije, za pomoč pri magistrski nalogi.

Posebna zahvala gre družini za podporo in spodbudo.

»Ta stran je namenoma prazna«

## KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE .....	I
IZJAVE .....	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	VII
ZAHVALA .....	IX
KAZALO PREGLEDNIC .....	XIII
KAZALO GRAFIKONOV .....	XV
KAZALO SLIK .....	XVII
KAZALO OKEN.....	XIX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XXI
1 UVOD .....	1
2 METODE .....	3
2.1 Programska oprema GaBi.....	3
3 LCA – ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA .....	5
3.1 Opis standardov za LCA metodo .....	5
3.2 Ključne značilnosti LCA analize.....	7
3.3 Proces LCA.....	8
3.3.1 Opredelitev cilja in obsega študije .....	10
3.3.2 Inventar življenjskega cikla (LCI).....	13
3.3.3 Vrednotenje vplivov LCIA .....	15
3.3.4 Interpretacija rezultatov .....	21
3.3.5 Obseg obravnave LCA.....	24
3.4 LCA V GRADBENIŠTVU .....	25
3.4.1 Okoljska deklaracija proizvodov (EPD) .....	26
3.4.2 Kazalci okoljskih vplivov .....	27
4 ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA FASADNIH SISTEMOV.....	32
4.1 Splošno o fasadnih sistemih.....	32
4.2 Komponente fasadnega sistema.....	32
4.3 Rezultati.....	36
4.3.1 Lepilna malta .....	38
4.3.2 Zaključni omet .....	48
4.3.3 Fasadni sistem .....	58
5 PRIMERJAVA OKOLJSKIH KAZALNIKOV.....	69
5.1 Fasadne plošče .....	69

---

5.1.1 Opis .....	69
5.1.2 Rezultati .....	70
5.1.3 Diskusija .....	77
5.2 Zaključni ometi .....	78
5.2.1 Opis .....	78
5.2.2 Rezultati .....	79
5.2.3 Diskusija .....	80
5.3 Fasadni sistemi .....	81
5.3.1 Opis .....	81
5.3.2 Rezultati analize .....	85
5.3.3 Diskusija .....	92
6 ZAKLJUČEK .....	93
VIRI .....	95

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primeri terminov po SIST EN ISO 14044:2006.....	18
Preglednica 2: Potencial globalnega segrevanja.....	28
Preglednica 3: Potencial tanjšanja ozonske plasti.....	29
Preglednica 4: Potencial zakisovanja okolja.....	29
Preglednica 5: Evtrofikacijski potencial .....	30
Preglednica 6: Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov.....	31
Preglednica 7: Izraba abiotskih naravnih surovin .....	31
Preglednica 8: Lastnosti zaključnih ometov [44].....	36
Preglednica 9: Tehnični podatki lepilna malta .....	38
Preglednica 10: Osnovne surovine in dodatki – lepilna malta.....	39
Preglednica 11: Deklarirana enota lepilne malte .....	40
Preglednica 12: Kazalci okoljskih vplivov – lepilna malta .....	42
Preglednica 13: Raba primarne energije – lepilna malta .....	42
Preglednica 14: Kazalci okoljskih vplivov – komponente lepilne malte .....	43
Preglednica 15: Raba primarne energije – komponente lepilne malte.....	45
Preglednica 16: Tehnični podatki zaključni omet.....	48
Preglednica 17: Surovine – zaključni omet.....	49
Preglednica 18: Deklarirana enota zaključnega ometa.....	51
Preglednica 19: Kazalci okoljskih vplivov – zaključni omet.....	53
Preglednica 20: Raba primarne energije – zaključni omet.....	53
Preglednica 21: Kazalci okoljskih vplivov – komponente zaključnega ometa .....	53
Preglednica 22: Raba primarne energije – komponente zaključnega ometa .....	56
Preglednica 23: Tehnični podatki in bistvene značilnosti skladno z ETAG 004 [55].....	59
Preglednica 24: Komponente fasadnega sistema .....	60
Preglednica 25: Deklarirana enota – fasadni sistem.....	62
Preglednica 26: Kazalci okoljskih vplivov – fasadni sistem.....	64
Preglednica 27: Raba primarne energije – fasadni sistem .....	64
Preglednica 28: Kazalci okoljskih vplivov – komponente fasadnega sistema .....	64
Preglednica 29: Raba primarne energije – komponente fasadnega sistema .....	67
Preglednica 30: Izračun debeline fasadnih plošč za ustrezen U-faktor.....	70
Preglednica 31: Kazalci okoljskih vplivov – primerjava fasadnih plošč .....	70
Preglednica 32: Vrednotenje fasadnih plošč na deklarirano enoto 1 kg .....	77
Preglednica 33: Vrednotenje fasadnih plošč na deklarirano enoto 1 m <sup>2</sup> .....	78
Preglednica 34: Poraba zaključnega ometa .....	79

---

Preglednica 35: Kazalci okoljskih vplivov – primerjava zaključnih ometov .....	79
Preglednica 36: Vrednotenje zaključnih ometov na deklarirano enoto 1 m <sup>2</sup> .....	81
Preglednica 37: Matrika kombinacij fasadnih sistemov .....	82
Preglednica 38: Poraba in preračun površinske mase – silikonski, silikatni in organski zaključni omet.....	82
Preglednica 39: Poraba in preračun površinske mase – mineralni zaključni omet.....	83
Preglednica 40: GWP – fasadni sistemi .....	85
Preglednica 41: ODP – fasadni sistemi .....	87
Preglednica 42: AP – fasadni sistemi.....	88
Preglednica 43: EP – fasadni sistemi.....	89
Preglednica 44: POCP – fasadni sistemi.....	89
Preglednica 45: PERT – fasadni sistemi .....	90
Preglednica 46: PENRT – fasadni sistemi.....	91



## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Kazalci okoljskih vplivov – lepilna malta.....	43
Grafikon 2: Raba primarne energije – lepilna malta .....	46
Grafikon 3: Raba primarne energije komponent lepilne malte .....	47
Grafikon 4: Kazalci okoljskih vplivov – zaključni omet .....	54
Grafikon 5: Raba primarne energije – zaključni omet.....	56
Grafikon 6: Raba primarne energije komponent zaključnega ometa .....	58
Grafikon 7: Kazalci okoljskih vplivov – fasadni sistem.....	65
Grafikon 8: Raba primarne energije – fasadni sistem.....	67
Grafikon 9: Raba primarne energije komponent fasadnega sistema .....	68
Grafikon 10: GWP – fasadne plošče .....	71
Grafikon 11: ODP – fasadne plošče.....	72
Grafikon 12: AP – fasadne plošče.....	73
Grafikon 13: EP – fasadne plošče.....	73
Grafikon 14: POCP – fasadne plošče .....	74
Grafikon 15: ADPE – fasadne plošče.....	75
Grafikon 16: ADPF – fasadne plošče .....	75
Grafikon 17: PERT – fasadne plošče .....	76
Grafikon 18: PENRT – fasadne plošče .....	77
Grafikon 19: Površinska masa izbranih fasadnih sistemov.....	84
Grafikon 20: GWP – fasadni sistemi .....	86
Grafikon 21: ODP – fasadni sistemi .....	87
Grafikon 22: AP – fasadni sistemi .....	88
Grafikon 23: EP – fasadni sistemi .....	89
Grafikon 24: POCP – fasadni sistemi.....	90
Grafikon 25: PERT – fasadni sistemi .....	91
Grafikon 26: PENRT – fasadni sistemi.....	92

»Ta stran je namenoma prazna«

## KAZALO SLIK

Slika 1: Pregled opravljenih korakov .....	3
Slika 2: Življenjski cikel proizvoda [16] .....	5
Slika 3: Faze analize življenjskega cikla po SIST EN ISO 14040:2006 .....	8
Slika 4: Sistem proizvoda za LCA po SIST EN ISO 14040:2006 .....	9
Slika 5: Primer niza posameznih procesnih enot znotraj sistema proizvoda po SIST EN ISO 14040:2006.....	9
Slika 6: Koraki analize inventarja življenjskega cikla po SIST EN ISO 14044:2006 .....	14
Slika 7: Sestavni deli LCIA po SIST EN ISO 14040:2006.....	16
Slika 8: Koncept določanja kazalcev vpliva po SIST EN ISO 14044:2006.....	17
Slika 9: Razmerje med elementi znotraj faze interpretacije z ostalimi fazami LCA po SIST EN ISO 14044:2006.....	22
Slika 10: Shematičen prikaz LCA glede na obseg.....	25
Slika 11: Sistemski modul SIST EN 15804 [31].....	27
Slika 12: Fasadni sistem [37] .....	33
Slika 13: Shematični prikaz linijsko-točkovnega lepljenja fasadne plošče [34].....	33
Slika 14: Sidranje – poglobljen način montaže (levo) in montaža, poravnana s površino (desno) [42] .....	34
Slika 15: Shematični prikaz priključka fasadnega sistema na okenski okvir [46].....	36
Slika 16: Proizvodni proces lepilne malte .....	39
Slika 17: Meje sistema – lepilna malta .....	42
Slika 18: Proizvodni proces zaključnega ometa .....	50
Slika 19: Meje sistema – zaključni omet.....	52
Slika 20: Meje sistema – fasadni sistem.....	63
Slika 21: Masna razmerja med komponentami različnih fasadnih sistemov .....	84

»Ta stran je namenoma prazna«

## KAZALO OKEN

Okno 1: LCA rezultat lepilne malte v obliki EPD.....	38
Okno 2: LCA rezultat zaključnega ometa v obliki EPD .....	48
Okno 3: LCA rezultat fasadnega sistema v obliki EPD .....	58

»Ta stran je namenoma prazna«

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AP	=	Potencial zakisovanja tal (ang. <i>Acidification potential of land and water</i> )
ADPE	=	Izraba abiotskih naravnih surovin (ang. <i>Abiotic depletion potential for non-fossil resources</i> )
ADPF	=	Izraba abiotskih virov fosilnih surovin (ang. <i>Abiotic depletion potential for fossil resources</i> )
AOX	=	Adsorbiljivi organski halogeni (ang. <i>Adsorbable organic halogen compounds</i> )
BOD	=	Biokemijska potreba po kisiku (ang. <i>Biological oxygen demand</i> )
CEN	=	Evropski odbor za standardizacijo (fr. <i>Comité Européen de Normalisation</i> , ang. <i>European Committee for Standardization</i> )
CH <sub>4</sub>	=	Metan (ang. <i>Methane</i> )
CO	=	Ogljikov oksid (ang. <i>carbon monoxide</i> )
CO <sub>2</sub>	=	Ogljikov dioksid (ang. <i>carbon dioxide</i> )
COD	=	Kemijska potreba po kisiku (ang. <i>Adsorbable organic halogen compounds</i> )
CUAP	=	Postopek ocenjevanja ustreznosti gradbenega proizvoda (ang. <i>Common understanding of assessment procedure</i> )
EAD	=	Evropski ocenjevalni dokument (ang. <i>European assessment document</i> )
EN	=	Evropski standard (ang. <i>European Norm</i> )
EOTA	=	Evropska organizacija za tehnična soglasja (ang. <i>European organisation for technical approvals</i> )
EP	=	Evtrofikacijski potencial (ang. <i>Eutrophication potential</i> )
EPBD-r	=	Direktiva o energetske učinkovitosti stavb – prenovljena (ang. <i>Energy Performance of Buildings Directive – recast</i> )
EPD	=	Okoljska deklaracija proizvoda (ang. <i>Environmental product declarations</i> )
EPS	=	Ekspandirani polistiren (ang. <i>Expanded polystyrene</i> )
ETA	=	Evropsko tehnično soglasje (ang. <i>European technical assessment</i> )
ETAG	=	Evropska smernica za tehnična soglasja (ang. <i>European technical approval guidelines</i> )
ETICS	=	Kontaktno toplotnoizolacijski fasadni sistem (ang. <i>External thermal insulation composite systems</i> )
EU	=	Evropska unija (ang. <i>European Union</i> )
GWP	=	Potencial globalnega segrevanja (ang. <i>Global warming potential</i> )
H <sub>4</sub>	=	Vodik (ang. <i>Hydrogen</i> )

---

HCl	=	Klorovodikova kislina (ang. <i>Hydrochloric acid</i> )
ISO	=	Mednarodno združenje za standardizacijo (ang. <i>International Organization for Standardization</i> )
LCA	=	Analiza življenjskega cikla (ang. <i>Life cycle assessment</i> )
LCI	=	Inventar življenjskega cikla (ang. <i>Life cycle inventory</i> )
LCIA	=	Vrednotenje inventarja življenjskega cikla (ang. <i>Life cycle impact assessment</i> )
MP	=	Mineralna pena
MW	=	Mineralna volna (ang. <i>Mineral wool</i> )
NH <sub>3</sub>	=	Amonijak (ang. <i>Ammonia</i> )
NO <sub>x</sub>	=	Dušikov oksid (ang. <i>Nitrogen Oxides</i> )
ODP	=	Potencial tanjšanja ozonske plasti (ang. <i>Depletion potential of the stratospheric ozone layer</i> )
PCR	=	Pravila za kategorijo proizvodov (ang. <i>Product category rules</i> )
PIR	=	Poly-iso trda pena (ang. <i>Polyisocyanurate Insulation Foam</i> )
POCP	=	Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov (ang. <i>Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants</i> )
PURES	=	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (ang. <i>Rules on efficient use of energy in buildings</i> )
SIST	=	Slovenski inštitut za standardizacijo (ang. <i>Slovenian Institute for standardization</i> )
SO <sub>x</sub>	=	Žveplov oksid (ang. <i>Sulfur oxide</i> )
TOX	=	Celotni organski halogeni (ang. <i>Total halogen chemicals</i> )
VOC	=	Hlapljive organske snovi (ang. <i>Volatile organic chemicals</i> )
WF	=	Lesna vlakna (ang. <i>Wood fibre</i> )



## 1 UVOD

V zadnjem času se veliko govori o negativnih vplivih poseganja človeka v okolje. Podnebne spremembe, ozonska luknja, segrevanje ozračja, onesnaženost zraka so le nekatere izmed teh negativnih posledic. Poleg tega se zaloge neobnovljivih virov energije (nafta, zemeljski plin, premog) zmanjšujejo, zato postaja energija vse bolj dragocena dobrina. Od industrijske revolucije dalje tako svetovno gospodarstvo kot svetovna ekonomija slonita na poceni energiji, surovinah in drugih virih. Danes ter tudi v prihodnosti pa bo svetovno gospodarstvo odvisno od varčevanja z energijo ter surovinami, od ekološkega načrtovanja, reciklaže, popravil, ponovne uporabe [1]. Zaradi negativnih pojavov se ljudje vse bolj zavedamo pomena po varovanju in ohranjanju okolja za prihodnje generacije, potreba in pripravljenost za varčevanje z energijo pa še nikoli nista bili tako visoki kot sedaj.

Ena izmed metod za ugotavljanje negativnih vplivov na okolje je metoda analize življenjskega cikla ali LCA (ang. *Life cycle assessment*, v nadaljevanju LCA). Metoda LCA je namenjena spremljanju proizvoda skozi celotno življenjsko obdobje – »od zibelke do groba« – in zajema pridobivanje surovin, proizvodnjo, transport in vgradnjo, vzdrževanje, odstranjevanje, reciklažo ali ponovno uporabo proizvoda. Metoda LCA nam omogoča izbiro primerljivih proizvodov ali različnih načinov proizvodnega procesa na podlagi njihovega vpliva na okolje.

Stavbe v energetske bilanci predstavljajo velikega potrošnika energije, saj porabijo okoli 40% končne energije v Evropski uniji [2]. Višjo energetske učinkovitost je možno doseči s spodbujanjem učinkovite rabe energije in povečanjem uporabe obnovljivih virov energije za delovanje stavbe. V Evropski uniji je večina stavbnega fonda že zgrajenega, starejše stavbe pa so zaradi uporabe neustreznih materialov velik potrošnik energije. Največji delež celotne porabe energije v stavbi predstavlja energija za ogrevanje prostorov. V Sloveniji se je tako leta 2014 za ogrevanje prostorov porabilo več kot 60% celotne energije porabljene v gospodinjstvih [3]. Da bi izboljšali energetske učinkovitost stavb, je torej potrebno povečati obseg energetskih prenov obstoječih stavb tako, da bodo ustrezale današnjim zahtevam, nove stavbe pa graditi kot skoraj nič-energijske, kar je na evropski ravni regulirano z EPBD-r [4] in direktno preneseno v slovensko nacionalno zakonodajo s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah [5]. Porabljena energija za ogrevanje je v veliki meri posledica toplotnih izgub, ki nastanejo kot posledica prehoda toplote skozi obodne konstrukcije zaradi razlike med temperaturama v smeri nižje temperature. Povprečni izračun toplotnih izgub stavbe pokaže, da poleg ostalih izgub (transmisijske izgube skozi streho, tla, transparentne elemente in ventilacijske izgube), več kot 30% vseh toplotnih izgub predstavljajo zunanje stene [6]. Slednje torej predstavljajo največji potencial prihranka energije. Izgubljanja energije skozi zunanje stene sicer ne moremo

zaustaviti, lahko pa ga zmanjšamo z vgradnjo ali nadgradnjo kontaktno toplotnoizolacijskega fasadnega sistema ali ETICS-a (ang. *External thermal insulation composite systems*, v nadaljevanju fasadni sistem). Fasadni sistem, poleg zmanjšanja porabljene energije za ogrevanje kot tudi za hlajenje, s svojimi lastnostmi posledično pozitivno vpliva tudi na kakovost bivanja. Nizek koeficient toplotne prevodnosti ( $\lambda$  [W/mK]) in visoka toplotna kapaciteta ( $c$  [J/kgK]) toplotne izolacije omogočata počasno ohlajanje zunanjih zidov pozimi in počasno segrevanje zunanjih zidov poleti [7].

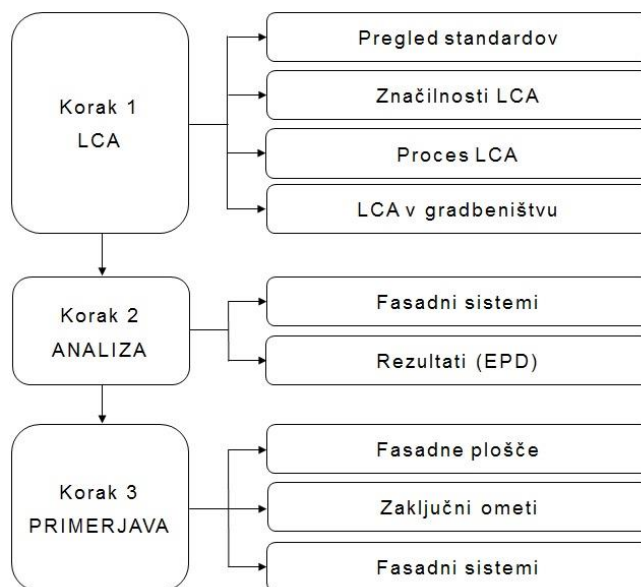
Zaradi vseh zgoraj naštetih dejstev, je namen magistrske naloge ovrednotiti vplive različnih fasadnih sistemov na okolje in medsebojna primerjava fasadnih sistemov glede na uporabljene komponente toplotne izolacije ter zaključnega ometa.

Namen magistrske naloge je v prvem delu splošna predstavitev metode LCA, z njo povezanih standardov SIST EN ISO 14040:2006 [8] in SIST EN ISO 14044:2006 [9] ter uporaba metode LCA v gradbeništvu. V drugem delu naloge bodo predstavljeni fasadni sistemi in njihove komponente. Z LCA analizo želimo prikazati razliko med fasadnimi ploščami, zaključnimi ometi ter fasadnimi sistemi glede na uporabljene komponente.

Cilji magistrske naloge:

- izračun LCA za lepilno malto, zaključni omet ter za fasadni sistem in predstavitev rezultatov skladno s pravili za kategorijo proizvodov PCR [10];
- primerjava kazalcev okoljskega vpliva različnih fasadnih plošč;
- primerjava kazalcev okoljskega vpliva različnih zaključnih ometov;
- primerjava in okoljsko vrednotenje fasadnih sistemov glede na izbiro fasadne plošče in zaključnega ometa.

## 2 METODE



Slika 1: Pregled opravljenih korakov

Na Sliki 1 sta predstavljeni struktura in potek magistrske naloge. V prvem koraku magistrske naloge je obravnavana analiza življenjskega cikla (LCA), z njo povezana standardizacija, njene značilnosti, proces in njena uporaba v gradbeništvu. Drugi del vsebuje predstavitev fasadnega sistema in njegovih komponent. Na koncu drugega koraka so predstavljeni rezultati LCA analize v obliki okoljske deklaracije proizvoda (ang. *Environmental product declaration* – EPD) za lepilno malto, zaključni omet ter fasadni sistem. Pri LCA analizi se uporablja metoda »od zibelke do vrat« (ang. *cradle-to gate*), kar pomeni analiza od surovine do gotovega izdelka, pripravljenega na transport do kupca. V tretjem koraku sledi primerjava okoljskih vplivov za različne fasadne plošče, različne zaključne omete ter različne fasadne sisteme glede na uporabljene komponente toplotne izolacije (lesna vlakna, ekspandirani polistiren EPS-F, mineralna volna, mineralna pena, PIR) ter zaključnega ometa (silikonski, silikatni, mineralni, organski).

### 2.1 Programska oprema GaBi

Za izračune LCA je bila uporabljena programska oprema GaBi 6 [11], ki jo je razvila Univerza v Stuttgartu skupaj s PE International, vsebuje podatkovne baze o surovinah, proizvodih in procesih. Baze so nastale na podlagi raziskav ter podatkov iz industrije, raziskovalnih nalog, patentov, itd. Za potrebe magistrske naloge so bile uporabljene podatkovne baze Gabi professional and extension database [12] in Ecoinvent integrated 2.2 [13]. GaBi 6 je orodje za izračun ravnotežja življenjskih ciklov (ang. *Life cycle balance*), saj znotraj različnih faz

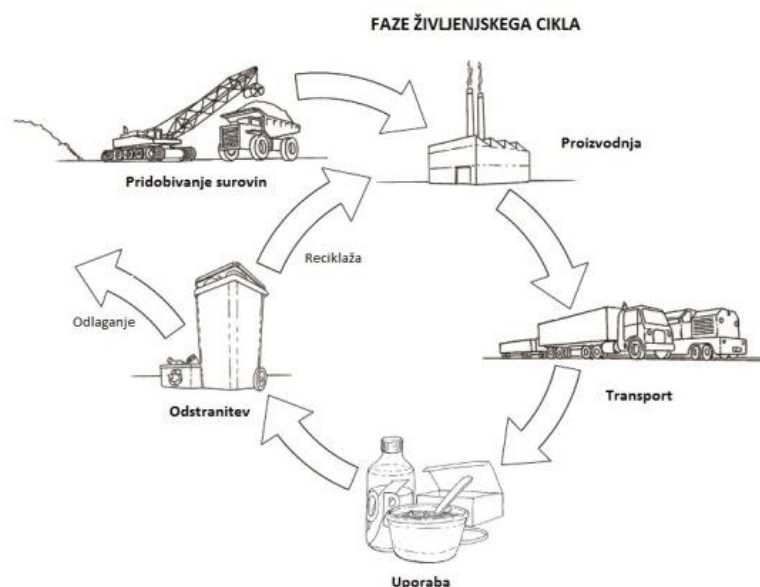
analiziranega sistema sledi masnim in energijskim tokovom. Program je namenjen obdelavi velike količine podatkov sistema ter analizi in interpretaciji rezultatov skladno s pripadajočimi standardi. Računalniški program GaBi 6 za izdelavo inventarja sistema omogoča izdelavo modela realnega dogajanja z elementi. Elementi opisujejo vse fizikalne lastnosti, kot so:

- enota in količina, ki kvantitativno določata tok;
- tokovi – vse masne in energijske veličine, ki kot vhodi ali izhodi sodelujejo znotraj procesa in lahko služijo za medsebojno povezavo procesov znotraj sistema, lahko pa so tudi izven meja študije;
- proces, ki je namenjen opisu spremembe lastnosti tokov;
- plan, ki služi združevanju posameznih procesov s procesnim diagramom.

Najpomembnejši element pri izgradnji modela je ravnotežje sistema. Ravnotežje sistema je vezano na tokove, ki so izven meja modela, in zagotavlja, da so v modelu zajeti vsi tokovi. S tem vzpostavi način popisa vseh tokov celotnega življenjskega cikla sistema. Rezultati posameznih tokov in procesov so prikazani v razpredelnici ali diagramu. Zaradi modularnega sistema programa lahko plane, procese in tokove poljubno združujemo. Programska oprema GaBi 6 nam skladno z ISO 14040 razvrsti okoljske vplive iz inventarja v kategorije (klasifikacija), modelira vrednosti inventarja znotraj teh kategorij (karakterizacija) ter prevede emisije na referenčno emisijo. Za vrednotenje okoljskih vplivov uporablja med drugim tudi metodo CML 2001, ki jo je razvil Insitute of Environmental Sciences na Univerzi Leiden na Nizozemskem. CML 2001 je metoda za oceno vpliva, ki za zmanjšanje negotovosti rezultatov omejuje kvantitativno modeliranje v zgodnjih fazah v verigi vzrokov in učinkov. Rezultate nato združuje v t.i. »midpoint« kategorije glede na posledice na okolje (npr. podnebne spremembe) ali na splošne kategorije (npr. ekotoksičnost) [14], [15].

### 3 LCA – ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA

Zaradi povečane zavesti o pomenu varovanja okolja in okoljskih vplivov proizvodov, se je razvila metoda analize življenjskega cikla LCA (ang. Life Cycle Assessment, v nadaljevanju LCA). Metoda LCA je metoda za ocenjevanje obremenitve proizvoda na okolje skozi celoten življenjski cikel. Standard SIST EN ISO 14040:2006 metodo LCA definira kot »tehniko za ocenjevanje okoljskih pojavov povezanih s proizvodom ali storitvijo. Po tej metodi se izdelava inventar pomembnih vhodnih in izhodnih podatkov, ovrednoti potencialne okoljske vplive, povezane s temi vhodnimi in izhodnimi podatki ter interpretira rezultate faz inventarizacije in vrednotenja vplivov povezanih s predmeti študije« [8]. Življenjski cikel proizvoda (Slika 2) obsega pridobivanje surovin in predelavo materialov, izdelavo proizvodov, transport in distribucijo, uporabo, vzdrževanje, ponovno uporabo, odstranjevanje na odpad ali recikliranje.



Slika 2: Življenjski cikel proizvoda [16]

#### 3.1 Opis standardov za LCA metodo

Na področju ravnanja z okoljem je Mednarodna organizacija za standardizacijo (ang. *International Organization for Standardization* – ISO) sprejela skupino mednarodnih standardov ISO 14000. Standardi ISO 14000 so sestavljeni iz petih podstandardov: uvajanje sistemov ravnanja z okoljem; presojanje okolja; okoljsko označevanje; vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem in ocenjevanje življenjskega ciklusa. LCA je zajeta v standardih SIST EN ISO 14040:2006 [8] in SIST EN ISO 14044:2006 [9]. Glavne sklope standardov dopolnjujejo tehnični poročili SIST-TP ISO/TR 14047:2012 [17] in SIST-TP ISO/TP 14049:2012 [18] ter tehnična specifikacija SIST-TS ISO/TS 14048:2008 [19].

### **SIST EN ISO 14040:2006 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri**

Standard opredeljuje načela in okvirje za LCA vključujoč: fazo opredelitve cilja in obsega LCA, fazo določitve inventarja življenjskega cikla LCI (ang. *Life Cycle Inventory*, v nadaljevanju LCI), fazo presoje vpliva življenjskega cikla LCIA (ang. *Life Cycle Inventory Assessment*, v nadaljevanju LCIA), fazo interpretacije rezultatov življenjskega cikla, poročanje in kritični pregled LCA, omejitve LCA, razmerja med fazami LCA in pogoje za uporabo izbire vrednosti in neobveznih elementov. Standard pokriva študije LCA ter LCI, ne opisuje pa detajlne tehnike LCA, niti ne določa metodologije za posamezne faze LCA. Namen uporabe rezultatov LCA in LCI je obravnavan v fazi opredelitve cilja in obsega študije, medtem ko same uporabe LCA standard ne obravnava [8].

### **SIST EN ISO 14044:2006 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice**

Standard določa zahteve in daje smernice za LCA vključujoč: fazo opredelitve cilja in obsega LCA, fazo določitve LCI, fazo presoje LCIA, fazo interpretacije rezultatov življenjskega cikla, poročanje in kritični pregled LCA, omejitve LCA, razmerja med fazami LCA ter pogoje za uporabo izbire vrednosti in neobveznih elementov. Standard zajema študije LCA in študije LCI [9].

### **SIST-TP ISO/TR 14047:2012 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Primeri uporabe ISO 14044**

Namen je prikazati primere, ki ilustrirajo trenutno prakso izvajanja LCA skladno s SIST EN ISO 14044:2006. Prikazani primeri so samo vzorci vseh možnih primerov, ki lahko zadovoljijo zahtevam standarda SIST EN ISO 14044:2006. Primeri dokazujejo, da obstaja več načinov uporabe standarda SIST EN ISO 14044:2006. Primeri odražajo ključne elemente faze analize presoje LCIA. Primeri predstavljeni v standardu niso edini pravilni. Obstajajo tudi drugi primeri za ilustriranje metodologije [17].

### **SIST-TS ISO/TS 14048:2002 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Oblika dokumentiranja podatkov za ocenjevanje življenjskega cikla**

Tehnična specifikacija določa zahteve in strukturo za dokumentiranje podatkov za transparentno in nedvoumno dokumentacijo, izmenjavo podatkov med LCA in določitvijo LCI, kar omogoča dosledno dokumentiranje podatkov, poročanje zbiranja podatkov, izračun in kakovost podatkov. Oblika dokumentiranja podatkov določa zahteve za razdelitev dokumentiranih podatkov v sklope, kjer vsak sklop vsebuje opis z obrazložitvijo. Opis vsakega sklopa je podrobno opredeljen v strukturi oblike dokumentiranja podatkov. Tehnična

specifikacija ne vključuje zahtev glede popolnosti dokumentacije podatkov. Oblika dokumentiranja podatkov je neodvisna od kakršnekoli programske opreme ali baze podatkov. V tehnični specifikaciji ni posebno določeno zaporedje grafičnih ali postopkovnih rešitev za predstavitev in obravnavo podatkov, prav tako ne opisuje posebnih metodologij za modeliranje podatkov za LCA in LCI [18].

### **SIST-TP ISO/TR 14049:2012 Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Primeri uporabe ISO 14044 za opredelitev cilja in obsega ter inventarizacijo**

Tehnično poročilo vsebuje primere trenutne prakse pri izvajanju LCI skladno s standardom ISO 14044. To so le nekateri možni primeri uporabe, ki ustrezajo zahtevam standarda ISO 14044. Primeri odražajo le del celotne študije LCI [19].

### **3.2 Ključne značilnosti LCA analize**

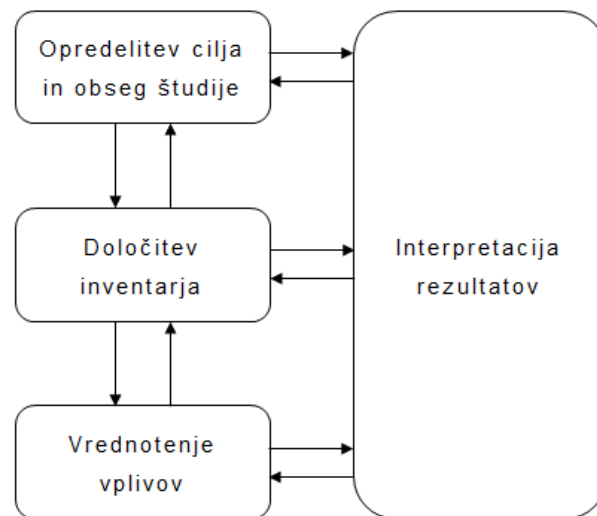
Metoda LCA vsebuje naslednje ključne značilnosti:

- LCA na sistematični način ocenjuje okoljski vidik in vpliv sistema proizvoda od pridobivanja surovin do odstranjevanja.
- Zaradi funkcionalne enote je narava značilnosti metode LCA relativna.
- Glede na cilj in obseg študije se lahko v veliki meri razlikujeta časovni okvir in natančnost podatkov.
- Glede na namen uporabe LCA je potrebno spoštovati lastniške zadeve in zaupnost podatkov.
- LCA metoda mora omogočiti vključevanje novih znanstvenih ugotovitev.
- Javnosti je potrebno razkriti specifične zahteve, ki se uporabljajo za LCA in so namenjene primerjalnim analizam.
- Univerzalna metoda za LCA ne obstaja. Glede na namen in uporabo se lahko podjetja sama odločijo na kakšen način bodo vpeljala LCA.
- Relativni pristop, ki temelji na funkcionalni enoti, LCA razlikuje od drugih tehnik (npr. ocenjevanje okoljske učinkovitosti, presoja vplivov na okolje in analiza tveganja). Pri LCA se lahko uporabijo tudi informacije pridobljene z uporabo drugih tehnik.
- LCA obravnava možne vplive na okolje, ne napoveduje pa natančnih in absolutnih vplivov zaradi:
  - o relativnega izražanja potencialnih okoljskih vplivov na referenčno enoto,
  - o vključevanja okoljskih podatkov v prostoru in času,
  - o negotovosti pri modeliranju vplivov na okolje in
  - o dejstva, da so nekateri možni vplivi, vplivi prihodnosti.

### 3.3 Proces LCA

Proces LCA je določen v standardu SIST EN ISO 14040:2006 kot sistematična stopenjska metoda razdeljena v štiri faze (Slika 3):

1. Opredelitev cilja in obsega študije
2. Inventar življenjskega cikla LCI
3. Vrednotenje vplivov – LCIA
4. Interpretacija rezultatov

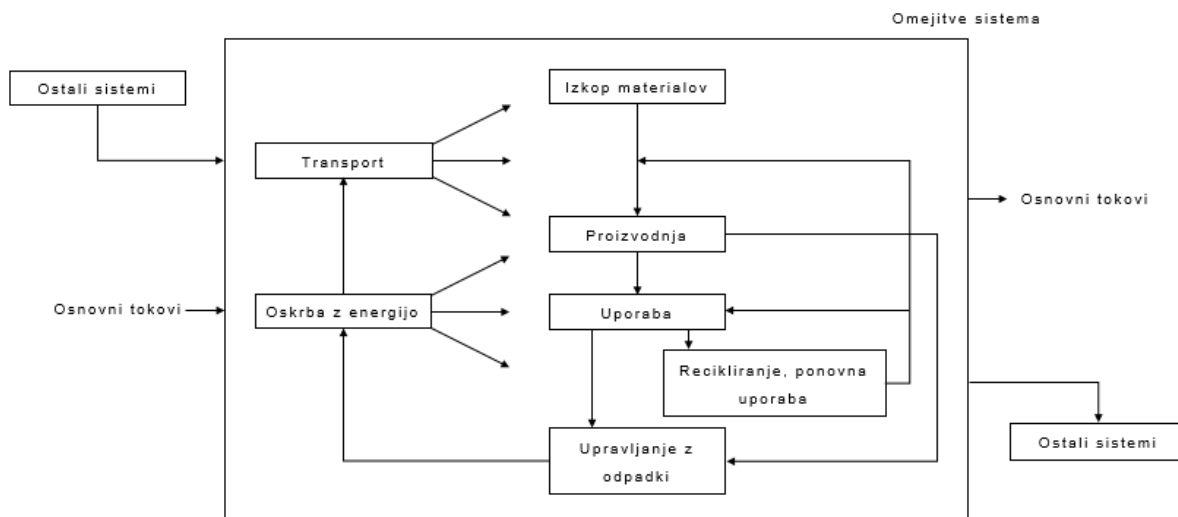


Slika 3: Faze analize življenjskega cikla po SIST EN ISO 14040:2006

#### Osnovni koncept sistema proizvoda

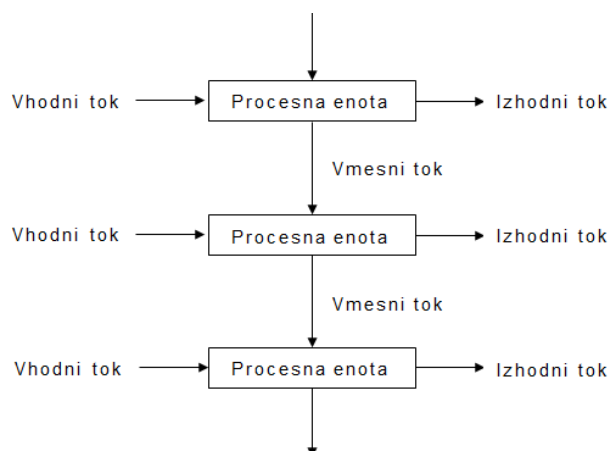
LCA modelira življenjski cikel proizvoda kot sistem proizvoda, ki opravlja eno ali več funkcij. Osnovna lastnost sistema proizvoda je značilna po svoji funkciji in je ni mogoče opredeliti samo glede na končni izdelek. Sistem proizvoda za LCA je prikazan na Sliki 4.





Slika 4: Sistem proizvoda za LCA po SIST EN ISO 14040:2006

Sistem proizvoda je razdeljen na niz posameznih procesnih enot. Procesne enote so medsebojno povezane s tokovi vmesnih izdelkov in/ali odpadkov, z ostalimi sistemi proizvoda s tokovi proizvoda, z okoljem pa z osnovnimi tokovi. Delitev sistema proizvoda na niz procesnih enot omogoča identifikacijo vhodov in izhodov sistema proizvoda (Slika 5). V mnogih primerih se vhodi uporabljajo kot sestavni del izhoda proizvoda, medtem ko se ostali (pomožni vhodi) uporabljajo znotraj procesne enote ampak niso del izhoda proizvoda. Procesna enota generira tudi ostale izhode (osnovni tokovi in/ali proizvodi) kot rezultat njenih aktivnosti. Osnovni tokovi vsebujejo uporabo surovin in izpuste v zrak, vodo in zemljo sistema. Glede na cilj in obseg študije LCA so lahko ti podatki rezultati LCI analize in predstavljajo vhod za vrednotenje vplivov LCIA.



Slika 5: Primer niza posameznih procesnih enot znotraj sistema proizvoda po SIST EN ISO 14040:2006

### 3.3.1 Opredelitev cilja in obsega študije

Prva faza LCA je opredelitev cilja in obsega študije, kjer definiramo in opišemo proizvod, proces ali dejavnost. Prva faza je najpomembnejša, saj so vse nadaljnje faze vezane na njo. Pri opredelitvi ciljev je potrebno definirati komu je študija namenjena, kateri so razlogi za izvedbo študije, ciljne skupine katerim bodo rezultati študije namenjeni in kateri rezultati bodo namenjeni javnosti.

Obseg študije mora biti opredeljen tako, da se zagotovi, da so širina, globina in podrobnosti študije združljivi in da zadostujejo za reševanje zastavljenega cilja. Skladno s standardom SIST EN ISO 14040:2006 je potrebno pri določitvi obsega LCA definirati:

- sistem proizvoda;
- funkcijo sistema proizvoda, v primeru primerjalnih študij, sistemov;
- funkcionalno enoto;
- meje sistema;
- postopke dodeljevanja;
- vrste vplivnih kategorij in metodologijo vrednotenja vplivov;
- zahteve podatkov;
- predpostavke;
- omejitve;
- zahteve glede začetnih natančnosti podatkov;
- kritični pregled, v primeru če obstaja;
- vrsto in obliko poročila.

LCA je iterativna tehnika, kar pomeni, da lahko tekom zbiranja informacij različni aspekti zahtevajo modifikacijo obsega študije, da se izpolni cilj študije.

#### **Funkcija, funkcionalna enota in referenčni tokovi**

Sistem ima lahko več možnih funkcij, zato je potrebno v fazi opredelitve ciljev in obsega študije izbrati tisto funkcijo, ki jo bomo opazovali. Funkcionalna enota služi kot enota za primerjavo LCA rezultatov. Da bodo rezultati med seboj dejansko primerljivi, je nujno potrebno izbrati ustrezno funkcionalno enoto. Prav tako je, da bi izpolnili predvidene funkcije, potrebno določiti referenčne tokove v vsakem sistemu izdelkov.

#### **Meje sistema**

LCA opredeljuje sisteme proizvodov kot modele, ki opisujejo ključne elemente fizičnega sistema. Meje sistema definirajo procesne enote, ki bodo vključene v sistem. Sistem proizvoda

mora biti modeliran tako, da vhodi in izhodi na svojih mejah predstavljajo osnovne tokove. Izbira elementov fizičnega sistema, ki bo modeliran, je odvisna od cilja in obsega študije, predvidene uporabe in ciljnega občinstva, predpostavk, podatkov in omejitev stroškov ter »cut-off« kriterija oz. kriterija izključitve vhodnih/izhodnih podatkov. Kriteriji, uporabljeni pri določitvi meje sistema, so pomembni za zaupanje v rezultat študije. Pri določanju meje sistema je potrebno upoštevati več faz življenjskega cikla, procesne enote in tokove, kot so:

- pridobivanje surovin;
- vhodi in izhodi v postopkih proizvodnje;
- distribucija oz. transport;
- proizvodnja in uporaba goriva, elektrike ter toplote;
- uporaba in vzdrževanje proizvoda;
- odstranjevanje odpadkov in proizvodov;
- obnovitev uporabljenih proizvodov (ponovna uporaba, recikliranje in potrebna energija za predelavo);
- proizvodnja pomožnih materialov;
- proizvodnja, vzdrževanje in razgradnja opreme;
- dodatne operacije (npr. osvetlitev in ogrevanje).

V mnogih primerih je potrebno mejo sistema tekom izvajanja študije spremeniti oz. izboljšati.

### **Vrste vplivnih kategorij in metodologijo vrednotenja vplivov**

Standard SIST EN ISO 14044:2006 predpisuje, da je potrebno določiti vplivne kategorije, indikatorje in modele karakterizacije, ki bodo vključene v LCA študijo in bodo v skladu s ciljem študije.

### **Vrsta in viri podatkov**

Skladno s standardom SIST EN ISO 14044:2006 so izbrani podatki za LCA odvisni od cilja in obsega študije. Podatki se lahko zbirajo iz proizvodnih obratov povezanih s procesnimi enotami znotraj meja sistema, lahko pa se tudi pridobijo ali izračunajo iz drugih virov. Vhodni podatki lahko vsebujejo mineralne vire (npr. reciklirane kovine, rude iz kovin, storitve, kot je prevoz ali oskrba z energijo, in uporaba pomožnih materialov, kot so lubrikanti in gnojila), vendar na njih niso omejena. Kot del emisij v zrak so lahko emisije ogljikovega monoksida (CO), ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>), žveplovega oksida (SO<sub>x</sub>), itd. ločeno opredeljene. Emisije v zrak ter izpusti v vodo in zemljo pogosto predstavljajo izpuste iz točkovnih ali razpršenih virov po kontrolni napravi onesnaževanja. Ti podatki morajo vsebovati tudi ubežne emisije, ko so le-te pomembne. Parametri lahko vključujejo tudi indikatorje, kot so biokemijska potreba po kisiku (ang. *biological oxygene demand* – BOD), kemijska potreba po kisiku (ang. *chemical oxygene*

*demand* – COD), adsorbiljivi organski halogeni (ang. *adsorbable organic halogen compounds* – AOX), celotni organski halogeni (ang. *total halogen content* – TOX), hlapljive organske snovi (ang. *volatile organic chemicals* – VOC). Dodatno se zbirajo tudi podatki, ki predstavljajo hrup in vibracije, rabo zemljišča, sevanje, vonj in odpadno toploto.

### **Zahteve kakovosti podatkov**

V standardu SIST EN ISO 14040:2006 je navedeno, da zahteve kakovosti podatkov v splošnih pogojih določijo značilnosti podatkov, ki so potrebni za študijo. Opisi kakovosti podatkov so pomembni za razumevanje zanesljivosti rezultata študije in pravilne interpretacije študije.

Standard SIST EN ISO 14044:2006 predpisuje, da je pri zahtevi glede kakovosti podatkov potrebno obravnavati:

- časovno omejitev podatkov (starost podatkov in minimalni časovni okvir zbiranja podatkov);
- geografski obseg podatkov (geografsko območje zbiranja podatkov procesnih enot za zadovoljitev cilja študije);
- tehnološko področje podatkov;
- natančnost podatkov (variabilnost vrednosti podatkov za vsak izražen podatek, kot npr. varianca);
- popolnost podatkov (delež ocenjenega oz. izmerjenega toka);
- reprezentativnost podatkov (ocena v kolikšni meri nabor podatkov odraža dejansko stanje);
- doslednost podatkov (presoja ali se metodologija študije enotno uporablja za različne sestavne dele analize);
- obnovljivost podatkov (ocena, v kolikšni meri bi metodologija in vrednosti omogočili neodvisnemu izvajalcu poročanje o rezultatih študije);
- vire podatkov;
- spremenljivost informacij (npr. podatki, modeli, predpostavke).

Obravnavo manjkajočih podatkov je potrebno dokumentirati. Kakovost podatkov je potrebno opredeliti tako kvantitativno in kvalitativno, kot tudi glede na metode, ki se uporablja za zbiranje in integracijo podatkov.

### **Primerjava med sistemi**

V standardu SIST EN ISO 14044:2006 je enakovrednost primerjanih sistemov ocenjena v primerjalni študiji pred fazo interpretacije rezultatov. Zaradi tega je potrebno obseg študije definirati na način, da se sistemi medsebojno lahko primerjajo. Primerjamo lahko sisteme, ki

uporabljajo enako funkcionalno enoto in enakovredno metodologijo, kot so meja sistema, kakovost podatkov, postopki dodeljevanja, pravila odločanja vrednotenja vhodov in izhodov ter ocena vpliva. Vsako razliko med sistemi je potrebno opredeliti in o njej poročati. Če je namen študije primerjava med proizvodi, morajo zainteresirane stranke opraviti vrednotenje s kritičnim pregledom. Ocena vplivov življenjskega cikla LCIA se izvede za študije, katerih namen je primerjava med proizvodi za javnost.

### **Kritični pregled**

V obsegu študije je potrebno opredeliti:

- ali je kritični pregled potreben in kako ga izvesti,
- kakšen tip kritičnega pregleda je potreben, in
- kdo bo opravil pregled ter nivo njihovega strokovnega znanja.

### **3.3.2 Inventar življenjskega cikla (LCI)**

Faza LCI je podatkovna baza LCA analize. V LCI se zbere vse podatke in računske postopke za merjenje vhodov in izhodov sistema proizvoda, ki so potrebni, da se doseže cilje študije. Proces analize inventarja je iterativen. Tekom zbiranja podatkov in novih spoznanj o sistemu, se lahko pojavijo nove zahteve glede postopka zbiranja podatkov, tako da bodo še vedno izpolnjeni cilji študije. Lahko se zgodi tudi, da je potrebno popraviti cilje in obseg študije.

#### **3.3.2.1 Zbiranje podatkov**

Po standardu SIST EN ISO 14040:2006 je potrebno kvalitativne in kvantitativne podatke za vključitev v inventar izbrati za vsako procesno enoto, ki je vključena znotraj meja sistema. Zbrani podatki (izmerjeni, izračunani ali ocenjeni) se uporabljajo za merjenje vhodov in izhodov procesne enote.

Standard SIST EN ISO 14044:2006 navaja, da je potrebno navesti vir, če so bili podatki zbrani iz javno dostopnih virov. Za podatke, ki bi lahko pomembno vplivali na rezultate študije, je potrebno navesti podrobnosti o ustreznem postopku zbiranja podatkov, čas zbiranja podatkov in ostale informacije o kakovosti podatkov. Prav tako je potrebno navesti, če ti podatki ne izpolnjujejo zahteve glede kakovosti podatkov. V izogib podvajanju oz. dvakratni uporabi podatkov, je potrebno vsak postopek procesne enote opisati. Da se doseže enotno in dosledno razumevanje sistema proizvodov, je potrebno sprejeti ukrepe, ki morajo vsebovati:

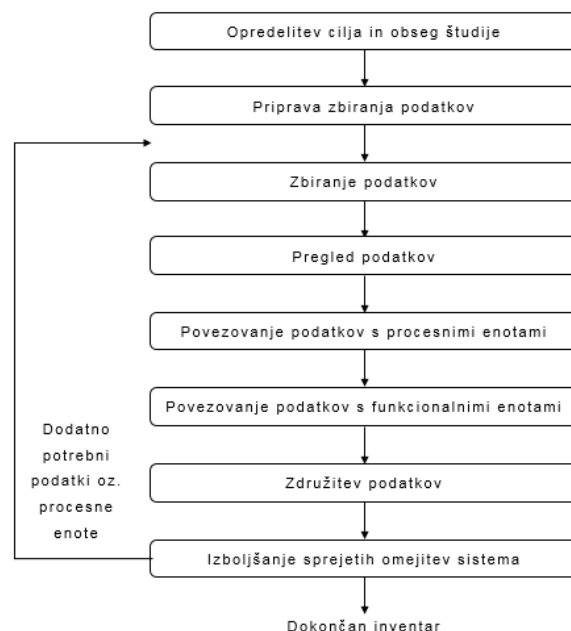
- procesni diagram, ki opisuje vse modelirane procesne enote vključno z njihovimi medsebojnimi povezavami;

- podroben opis vsake procesne enote v zvezi z vplivnimi faktorji vhodnih in izhodnih podatkov;
- seznam tokov in ustreznih podatkov za operacijske pogoje povezane z vsako procesno enoto;
- seznam, ki opredeljuje uporabljene enote;
- opis tehnik zbiranja podatkov in tehnike izračuna za vse podatke;
- navodila za dokumentiranje posebnih primerov, nepravilnosti ali ostalih stvari povezanih s podatki.

Podatke za vsako procesno enoto znotraj meje sistema lahko uvrstimo v enega od naslovov:

- vhodna energija, vhodne surovine, pomožni vhodi, ostali fizični vhodi;
- proizvod, sproizvod, odpadek;
- izpusti v zrak, vodo in zemljo;
- ostali okoljski aspekti.

Za izpolnitev cilja študije je potrebno znotraj teh naslovov posamezne podatke še podrobneje raziskati. Slika 6 prikazuje operativne korake analize inventarja življenjskega cikla.



Slika 6: Koraki analize inventarja življenjskega cikla po SIST EN ISO 14044:2006

### 3.3.2.2 Izračun podatkov

Po zbiranju podatkov je, za generiranje rezultata inventarja definiranega sistema, za vsako procesno enoto in za vsako definirano funkcionalno enoto sistema proizvoda, potrebno izvesti izračun oz. obdelavo podatkov, ki vključuje:

- potrjevanje zbranih podatkov;
- povezavo podatkov s procesnimi enotami in z osnovnim tokom funkcionalne enote;
- izboljšanje meja sistema;
- alokacijo tokov in emisij.

Standard SIST EN 14044:2006 predpisuje, da je potrebno dokumentirati vse postopke za izračun, pri čemer je potrebno navesti in razložiti vse predpostavke. Skozi celotno raziskavo je potrebno uporabljati enak postopek. Pri določanju osnovnih tokov, povezanih s proizvodnim procesom, je potrebno uporabljati dejansko proizvodno mešanico in upoštevati različne tipe uporabljenih surovin.

#### **Potrjevanje zbranih podatkov**

Med procesom zbiranja podatkov je potrebno preverjati veljavnost podatkov, da le-ti izpolnjujejo zahteve kakovosti podatkov za predvideno uporabo.

#### **Povezava podatkov s procesnimi enotami in funkcionalno enoto**

Za vsako procesno enoto je potrebno določiti primeren tok in, glede na ta tok, preračunati vhode in izhode procesne enote. Na podlagi diagrama poteka (ang. *flow chart*) in tokov med procesi, so tokovi vseh procesnih enot povezani z osnovnim tokom. Skladno s funkcionalno enoto mora izračun podatkov vplivati na vhode in izhode celotnega sistema.

#### **Izboljšanje meja sistema**

Glede na iterativno naravo LCA, je potrebno prvotno mejo sistema popraviti. Odločitev glede podatkov, ki morajo biti vključeni, se določi na podlagi analize občutljivosti, s katero določimo njihov pomen in preverimo začetno analizo.

#### **Alokacije tokov in emisij**

Vhode in izhode se razporedi na različne proizvode glede na navedene postopke, ki jih je potrebno dokumentirati in obrazložiti skupaj s postopkom alokacije. Seštevek alociranih vhodov in izhodov procesne enote mora biti enak seštevku vhodov in izhodov procesne enote pred alokacijo.

### **3.3.3 Vrednotenje vplivov LCIA**

LCIA faza je namenjena razumevanju in vrednotenju obsega in pomena potencialnih vplivov na okolje za sistem proizvoda skozi življenjski cikel proizvoda. LCIA povezuje podatke inventarja s posebnimi vplivnimi kategorijami in kazalniki, s katerimi poskuša razumeti te

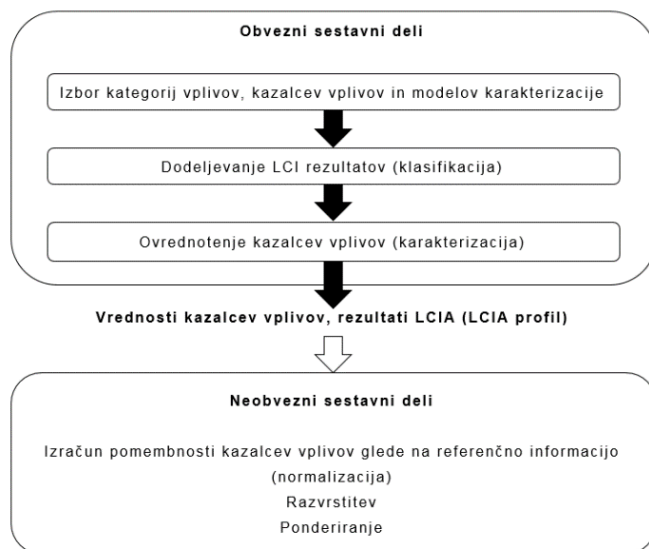
vplive. Faza LCIA vsebuje podatke za fazo interpretacije LCA. V fazi vrednotenja vplivov prihaja do največjih negotovosti in zato spada v najbolj kritični del LCA. Zbirka kazalcev vpliva za različne kategorije predstavlja LCIA profil za sistem proizvoda.

### 3.3.3.1 Elementi LCIA

Po standardu SIST EN ISO 14040:2006 je delitev LCIA na različne elemente pomembna in potrebna iz več razlogov:

- vsak LCIA element je ločen in se lahko jasno definira;
- faza definicije cilja in obsega študije lahko preuči vsak LCIA element posebej;
- oceno kakovosti LCIA metode, predpostavke in ostale odločitve se lahko izvede za vsak LCIA element posebej;
- LCIA postopki, predpostavke in druge operacije znotraj vsakega elementa se lahko izvede transparentno za kritični pregled in poročanje;
- uporaba vrednosti in subjektivnosti znotraj vsakega elementa se lahko izvede transparentno za kritični pregled in poročanje.

Nivo podrobnosti, izbira ocenjenih vplivov in uporabljenih metodologij so odvisni od cilja in obsega študije. LCIA sestavljajo obvezni in neobvezni sestavni deli, predstavljeni na Sliki 7. Sestavni deli so opisani in definirani v standardu SIST EN ISO 14044:2006.



Slika 7: Sestavni deli LCIA po SIST EN ISO 14040:2006

### 3.3.3.2 Obvezni sestavni deli

Obvezni sestavni deli LCIA so:

- izbor kategorij vplivov, kazalcev vplivov in modelov karakterizacije;



- klasifikacija oz. dodeljevanje LCI rezultatov kategorijam vplivov;
- karakterizacija oz. ovrednotenje kazalcev vplivov.

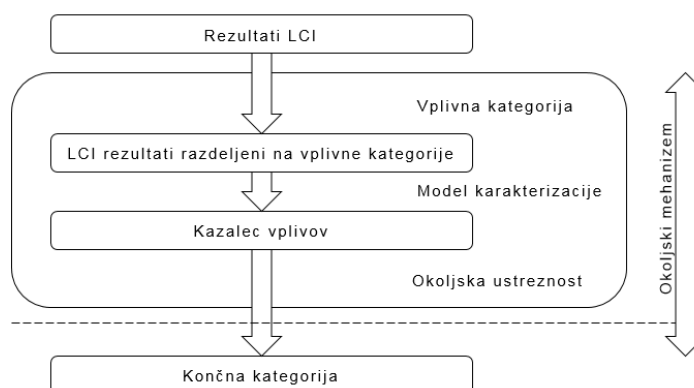
### Izbor kategorij vplivov, kazalcev vplivov in modelov karakterizacije

Izbor kategorij vplivov, kazalcev vplivov in modelov karakterizacije mora biti skladen s ciljem in obsegom študije. Izbor kategorij vplivov se mora odražati v sklopu vplivov na okolje (npr. globalno segrevanje, rast ozonske luknje, zakisovanje,...). Modeli karakterizacije opisujejo povezavo rezultatov LCI s kazalci vpliva in so podlaga za ovrednotenje kazalcev vpliva (karakterizacijo). Okoljski mehanizem je skupek okoljskih procesov povezanih s kategorijo vplivov.

Vsaka kategorija vplivov mora vsebovati:

- identifikacijo končnih kategorij,
- definicijo kazalcev vplivov za končne kategorije,
- identifikacijo rezultatov LCI, ki so bili dodeljeni vplivnim kategorijam ob upoštevanju izbranega kazalca vplivov in končne kategorije, in
- identifikacijo modelov karakterizacije in faktorjev karakterizacije.

Postopek omogoča zbiranje, dodelitve in modeliranje karakterizacije ustreznih rezultatov LCI. Slika 8 prikazuje koncept določanja kazalcev vpliva glede na okoljski mehanizem. Vsaka kategorija vpliva ima svoj okoljski mehanizem. Kazalec vplivov je lahko izbran kjerkoli znotraj okoljskega mehanizma med rezultati LCI in končno kategorijo. Okoljska ustreznost zajema kvalitativno oceno stopnje povezave med kazalcem vplivov in končne kategorije, npr. visoka, zmerna ali nizka povezava.



Slika 8: Koncept določanja kazalcev vpliva po SIST EN ISO 14044:2006

V Preglednici 1 so prikazani termini, ki jih uporablja mednarodni standard SIST EN ISO 14044:2006.

Preglednica 1: Primeri terminov po SIST EN ISO 14044:2006

Termin	Primer
Vplivna kategorija	Sprememba podnebja
LCI rezultat	Količina toplogrednih plinov na funkcionalno enoto
Model karakterizacije	100 letni osnovni model Medvladnega foruma o podnebnih spremembah
Kazalec vpliva	Infrardeče sevanje ( $W/m^2$ )
Faktor karakterizacije	Potencial globalnega sevanja ( $GWP_{100}$ ) za vsak toplogredni plin (kg $CO_2$ -eq/kg plina)
Rezultat modela karakterizacije	kg $CO_2$ -ekvivalent na funkcionalno enoto
Končna kategorija	Koralni grebeni, gozdovi, nasadi
Okoljska ustreznost	Infrardeče sevanje predstavlja potencialni vpliv na podnebje

Dodatno je potrebno pri izbiri kategorij vplivov, kazalcev vplivov in modelov karakterizacije upoštevati, da:

- so kategorije vplivov, kazalci vplivov in modeli karakterizacije mednarodno potrjeni (npr. da so izbrani na podlagi mednarodnega sporazuma oz. potrjeni s strani kompetentnega mednarodnega organa);
- kategorija vplivov s kazalci vpliva predstavlja celotne vhode in izhode sistema proizvoda v končni kategoriji;
- sta izbira vrednosti in predpostavke med izbiro kategorij vplivov, kazalcev vplivov in modelov karakterizacije minimalizirani;
- se kategorija vplivov, kazalci vplivov in model karakterizacije ne podvajajo, razen če je tako definirano v cilju in obsegu študije (npr. če študija vključuje tako zdravje človeka, kot tudi kancerogenost);
- je model karakterizacije za vsako vplivno kategorijo znanstveno in tehnično veljaven ter temelji na prepoznavnem okoljskem mehanizmu in empiričnem opazovanju;
- je opredeljeno v kolikšni meri sta model karakterizacije in faktor karakterizacije znanstveno in tehnično veljavna;
- so kazalci vpliva okoljsko ustrezni.

Glede na okoljski mehanizem ter cilj in obseg študije, je potrebno upoštevati prostorsko in časovno diferenciacijo modela karakterizacije, ki se nanaša na LCI rezultate kazalca vplivov. Okoljska ustreznost kazalca vplivov ali modela karakterizacije mora biti opredeljena v:

- a) sposobnosti kazalca vplivov, da odraža posledice LCI rezultatov na končno kategorijo (vsaj kvalitativno);
- b) dodatku okoljskih podatkov ali informacij modela karakterizacije glede na končno kategorijo (vključno s pogoji končnih kategorij, relativno velikostjo ocenjene spremembe končnih kategorij, prostorskimi in časovnimi vidiki, reverzibilnostjo okoljskega mehanizma, spremenljivostjo povezav med kazalci vplivov in končnih kategorij).

### **Dodeljevanje LCI rezultatov izbranim kategorijam vplivov (klasifikacija)**

Pri klasifikaciji ločimo rezultate LCI v kategorije vplivov – delitev v samo eno vplivno kategorijo ali pa v več vplivnih kategorij. Pri dodeljevanju LCI rezultatov v več vplivnih kategorij nadalje uporabljamo dva načina razdelitve:

- pri dveh medsebojno odvisnih učinkih se dodeli ustrezen delež LCI rezultatov posamezni kategoriji vpliva (npr. SO<sub>2</sub> se porazdeli med vplivni kategoriji zdravja ljudi in zakisovanja), in
- celotne LCI rezultate se dodeli vsem kategorijam vpliva (npr. NO<sub>2</sub> istočasno vpliva na nastajanje ozona in zakisovanje, v tem primeru se emisije NO<sub>2</sub> dodeli obema kategorijama vpliva).

### **Ovrednotenje kazalcev vplivov (karakterizacija)**

Karakterizacija vključuje pretvorbo rezultatov LCI na skupne enote in združuje pretvorjene rezultate znotraj kategorije vplivov. Pri pretvarjanju se uporablja karakterizacijske faktorje, rezultat vrednotenja pa je numerični rezultat. Karakterizacija omogoča neposredno primerjavo rezultatov LCI znotraj posamezne kategorije vplivov. Uporabnost kazalcev vplivov za obseg in cilj študije je odvisna od natančnosti, veljavnosti in značilnosti modelov karakterizacije in faktorjev karakterizacije. Število ter vrsta predpostavk in izbir vrednosti modela karakterizacije za kazalec vpliva se spreminja glede na geografsko regijo. Do razlike v kakovosti kazalcev vpliva znotraj kategorij vpliva, ki lahko vpliva na natančnost celotne LCA analize, lahko pride na primer zaradi:

- kompleksnosti okoljskega mehanizma med mejami sistema in končnimi kategorijami;
- prostorskih in časovnih karakteristik, npr. obstojnosti snovi v okolju, in
- karakteristik odziva.

Dodatni podatki stanja okolja lahko povečajo pomen in uporabnost rezultatov.

#### **3.3.3.3 Neobvezni sestavni deli**

Poleg obveznih elementov LCIA imamo tudi neobvezne sestavne dele, kot so:

- normalizacija,
- razvrstitev,
- ponderiranje,
- analiza kakovosti podatkov.

Aplikacija in uporaba metode normalizacije, razvrstitve in ponderiranja mora biti skladna s ciljem in obsegom študije LCA ter popolnoma transparentna. Da dokažemo transparentnost, moramo dokumentirati vse metode in izračune.

### **Normalizacija**

Normalizacija je izračun magnitude kazalca vpliva glede na referenčno informacijo. Namen normalizacije je boljše razumevanje relativne magnitude za vsak kazalnik rezultata sistema proizvoda. Uporabna je npr. za preverjanje nedoslednosti, zagotavljanje in komuniciranje informacij o relativni pomembnosti kazalcev rezultatov ter pripravo nadaljnjih procedur, kot so razvrstitve, ponderiranje in interpretacija življenjskega cikla. Normalizacija pretvori rezultate kazalnikov z delitvijo z izbrano referenčno vrednostjo. Primeri referenčnih vrednosti so npr.:

- celotna količina vhodov in izhodov za določeno okolje (globalno, regionalno, nacionalno ali lokalno);
- celotni vhodi in izhodi za določeno okolje na prebivalca ali podobne meritve;
- vhodi in izhodi v osnovnem scenariju, kot je dani alternativni sistem proizvoda.

Pri izbiri referenčnega sistema je potrebno upoštevati skladnost prostora in časa mehanizma okolja in referenčne vrednosti. Zbirka normiranih rezultatov kazalcev kategorij predstavlja normaliziran LCIA profil.

### **Razvrstitev**

Razvrstitev je dodeljevanje kategorij vplivov v enega ali več sklopov, kot je bilo vnaprej določeno v cilju in obsegu študije. Ločimo dve možnosti razvrščanja LCIA podatkov:

- razvrstitev vplivnih kazalnikov po nominalni osnovi (npr. po značilnostih, kot so vhodi in izhodi ali globalni, regionalni in lokalni prostor);
- rangiranje vplivnih kazalnikov po hierarhiji (npr. visoka, srednja in nizka prioriteta).

### **Ponderiranje**

Ponderiranje je proces pretvarjanja kazalcev rezultatov različnih kategorij vplivov z uporabo numeričnih faktorjev. Proces lahko vključuje združevanje ponderiranih kazalcev rezultatov.

Ponderiramo lahko na dva načina in sicer:

- s pretvarjanjem kazalcev ali normaliziranih rezultatov z izbranim faktorjem, ali

- z združevanjem pretvorjenih kazalcev ali normaliziranih rezultatov znotraj kategorije vplivov.

#### **3.3.3.4 Omejitve pri analizi inventarja življenjskega cikla LCIA**

LCIA obravnava samo tiste okoljske probleme, ki so definirani v cilju in obsegu študije. Zaradi tega LCIA ni celovita ocena vseh okoljskih vplivov sistema proizvoda v okviru študije.

LCIA ne more vedno pokazati občutne razlike med vplivnimi kategorijami in z njimi povezanimi kazalci alternativnih sistemov proizvoda, kar je posledica:

- omejenega razvoja karakterizacijskih modelov, analize občutljivosti in analize negotovosti faze LCIA;
- omejitve faze LCIA, kot je meja sistema, ki ne zajema vseh možnih procesnih enot za sistem proizvoda ali ne vsebuje vseh vhodov in izhodov vsake procesne enote zaradi izključevanja in pomanjkanja podatkov;
- omejitve faze LCI, kot so neadekvatna kakovost inventarja podatkov LCI, ki bi npr. lahko povzročili negotovost ali razlike v postopkih alokacije (dodeljevanja) in združevanja;
- omejitev v zbiranju ustreznih in reprezentativnih podatkov za vsako vplivno kategorijo.

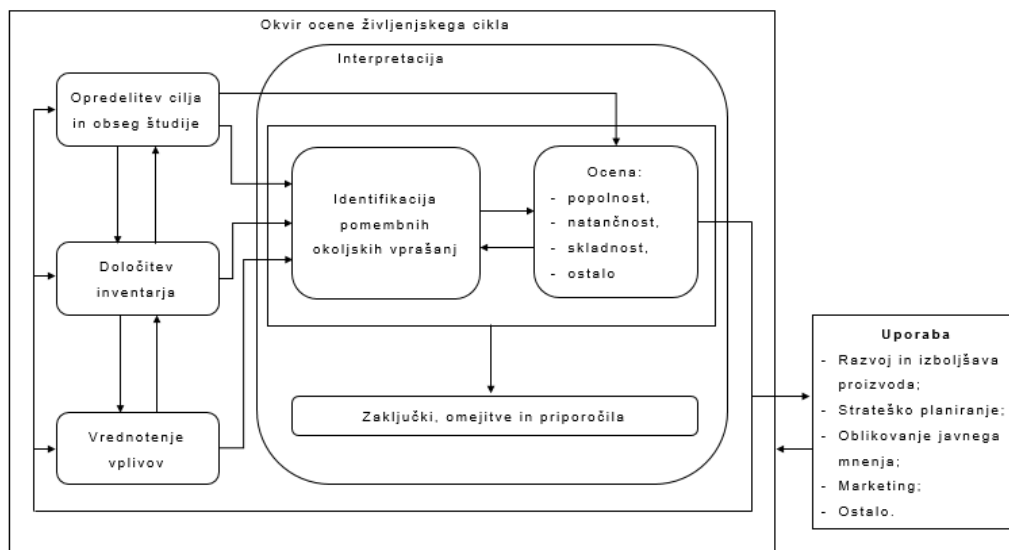
Poleg tega pomanjkanje prostorske in časovne dimenzije LCI rezultatov predstavlja negotovost LCIA rezultatov, ki se spreminjajo glede na prostorsko in časovno značilnost vsake vplivne kategorije. Za dosledno in natančno povezovanje inventarja podatkov s specifičnimi možnimi vplivi na okolje ni splošno določene metodologije.

#### **3.3.4 Interpretacija rezultatov**

Kot je opredeljeno v standardih SIST EN ISO 14040:2006 in SIST EN ISO 14044:2006 je interpretacija rezultatov zadnja faza LCA, v kateri se skupaj zbere ugotovitve iz faz LCI in LCIA. V tej fazi dobimo rezultate, ki so v skladu s ciljem in obsegom študije, in iz katerih lahko potegnemo zaključke, pojasnimo omejitve in zagotovimo priporočila. Pri interpretaciji rezultatov je potrebno upoštevati, da rezultati LCIA temeljijo na relativnem pristopu, ki prikazujejo potencialne vplive na okolje in da ne napovedujejo dejanskih vplivov (SIST EN ISO 14040:2006). Interpretacija življenjskega cikla je sestavljena iz več elementov:

- identifikacija pomembnih okoljskih vprašanj, ki temeljijo na rezultatih LCI in LCIA;
- ocena, ki upošteva popolnost, občutljivost in preverja skladnost;
- zaključki, omejitve in priporočila.

Razmerje med posameznimi fazami LCA je prikazano na Sliki 9. Cilji in obseg študije ter interpretacija rezultatov študije življenjskega cikla sta okvir študije, medtem ko LCI in LCIA zagotavljata informacije o sistemu proizvoda.



Slika 9: Razmerje med elementi znotraj faze interpretacije z ostalimi fazami LCA po SIST EN ISO 14044:2006

Rezultate faz LCI in LCIA se interpretira v skladu s fazo cilji in obseg študije, pri čemer mora interpretacija vsebovati oceno in občutljivost vhodov, izhodov in izbiro metodologije, da lahko razumemo spremenljivost rezultatov. Pri interpretaciji rezultatov je potrebno upoštevati dejavnike, kot so: primernost opredelitve funkcije sistema, funkcionalne enote, meje sistema in omejitve identificirane z oceno kakovosti podatkov in analizo občutljivosti. Preveriti je potrebno dokumentacijo kakovosti podatkov, analize občutljivosti, sklepov in priporočil LCI in LCIA. Ugotovitve iz interpretacije rezultatov so lahko v obliki sklepov in priporočil v skladu s ciljem in obsegom študije. Faza interpretacije rezultatov je iterativen proces pregleda in obsega LCA, kot tudi narave in kakovosti podatkov, zbranih na način, ki je skladen z definiranim ciljem. Ugotovitve iz interpretacije življenjskega cikla morajo odražati rezultate ocenjevalnega elementa.

### 3.3.4.1 Identifikacija pomembnih okoljskih vprašanj

Cilj tega elementa je strukturiranje rezultatov faz LCI in LCIA, ki nam pomagajo določiti pomembne ugotovitve skladno z opredelitvijo cilja in obsega študije ter interakcijo z ocenjevalnim elementom. Namen interakcije je vključiti posledice uporabljene metode, predpostavk, itd. prejšnjih faz, kot so pravila dodeljevanja, izbor kategorije vpliva, kazalcev vpliva in modelov.

Obstajajo različni pristopi, metode in orodja za identifikacijo pomembnih podatkov in ugotovitev njihovih vplivov:

- analiza prispevanja (prispevke posameznih faz primerjamo s končnim rezultatom);
- analiza dominantnosti (uporaba statističnih orodij, kot npr. kvalitativno in kvantitativno rangiranje za identificiranje pomembnih elementov);
- ocenjevanje anomalij (nenavadna in presenetljiva odstopanja je potrebno preučiti).

Primeri pomembnih vsebin so:

- podatki inventarja (energija, emisije, izpusti, odpadki itd.),
- vplivne kategorije (uporabljene surovine, spremembe podnebja), in
- prispevki faz življenjskega cikla k LCI ali LCIA rezultatom (posamezne procesne enote ali procesi, kot npr. transport in proizvodnja energije).

#### **3.3.4.2 Ocenjevanje**

Cilj ocenjevalnega elementa je vzpostavitev in krepitev zaupanja v zanesljivost podatkov LCA ali LCI študije vključno s pomembnimi ugotovitvami iz prvega elementa interpretacije. Rezultate ocenjevanje je potrebno predstaviti na način, da bo imela zainteresirana stranka jasen in razumljiv pogled na rezultat študije. Ocenjevanje se izvede skladno s ciljem in obsegom študije. Med ocenjevanjem je potrebno uporabiti tri kontrole: kontrola popolnosti, kontrola natančnosti in kontrola skladnosti.

##### **Kontrola popolnosti**

Kontrola popolnosti zagotavlja, da so popolne in da so na razpolago vse pomembne informacije in podatki potrebni za interpretacijo. Če katera od pomembnih informacij za določitev pomembnih ugotovitev manjka ali je nepopolna, je potrebno ponovno pregledati predhodne faze (LCI, LCIA) ali pa prilagoditi cilj in obseg študije. Če se manjkajoče informacije označijo kot nepotrebne, je potrebno navesti in zabeležiti razlog, zakaj so nepotrebne. Podatke razvrstimo v kontrolni seznam glede na fazo življenjskega cikla, različne procesne enote ali tip obravnavanih podatkov. S tem kontrolnim seznamom potrdimo skladnost rezultatov s ciljem in namenom študije.

##### **Kontrola natančnosti**

S kontrolo natančnosti ocenimo zanesljivost končnih rezultatov in sklepov s preverjanjem vpliva negotovosti podatkov, metod dodeljevanja ali izračuna kazalcev vpliva itd. Vsebovati mora rezultate analize občutljivosti in analize negotovosti, ki se izvajata v predhodnih fazah (LCI, LCIA). Pri kontroli natančnosti je potrebno upoštevati vnaprej določene ugotovitve cilja in obsega študije, rezultate vseh ostalih faz študije ter strokovne presoje in dosedanje izkušnje.

## Kontrola skladnosti

Kontrola skladnosti preverja, če so metode, predpostavke in podatki, uporabljene v analizi življenjskega cikla, skladne s ciljem in obsegom študije.

### 3.3.4.3 Zaključki, omejitve in priporočila

Cilj zadnjega elementa interpretacije življenjskega cikla je podati zaključke, opredeliti omejitve in navesti priporočila za ciljno skupino LCA. Zaključki se sestavijo iz študije, iterativno z drugimi elementi iz faze interpretacije življenjskega cikla. Priporočila temeljijo na končnih zaključkih študije in so logične in razumne posledice zaključkov. Priporočila se morajo nanašati na predvideno uporabo.

### 3.3.4.4 Poročanje

Rezultati in zaključki študije LCA se natančno in v celoti poročajo brez predsodkov do ciljnega občinstva. Rezultati, podatki, metode, predpostavke in omejitve morajo biti transparentni in podrobno predstavljeni tako, da bralcu omogočajo razumevanje študije LCA. Poročilo mora omogočati, da so rezultati in interpretacija uporabljeni na način, ki je skladen s cilji študije.

Poročilo mora vsebovati:

- splošne podatke:
  - o LCA pooblaščenec, izvajalec (notranji ali zunanji)
  - o datum poročila
  - o izjava, da je študija skladna z zahtevami internacionalnega standarda
- cilj študije
- obseg študije
- LCI analiza
- LCIA
- interpretacija rezultatov
- kritična presoja

### 3.3.5 Obseg obravnave LCA

LCA analizo razlikujemo glede na obseg na sledeče vrste analize [20]:

- Od zibelke do groba (ang. *cradle to grave*)  
Metoda vsebuje celoten življenjski cikel od pridobivanja surovin, proizvodnje in uporabe do procesa odstranitve.
- Od zibelke do vrat (ang. *cradle to gate*)



Metoda vsebuje del življenjskega cikla vse od pridobivanja surovin in proizvodnje do mesta za odpremo iz tovarne, t.j. preden se proizvod dostavi uporabniku. To metodo bomo v nadaljevanju uporabili za izračun LCA. Metoda služi kot osnova za okoljsko deklaracijo proizvoda EPD.

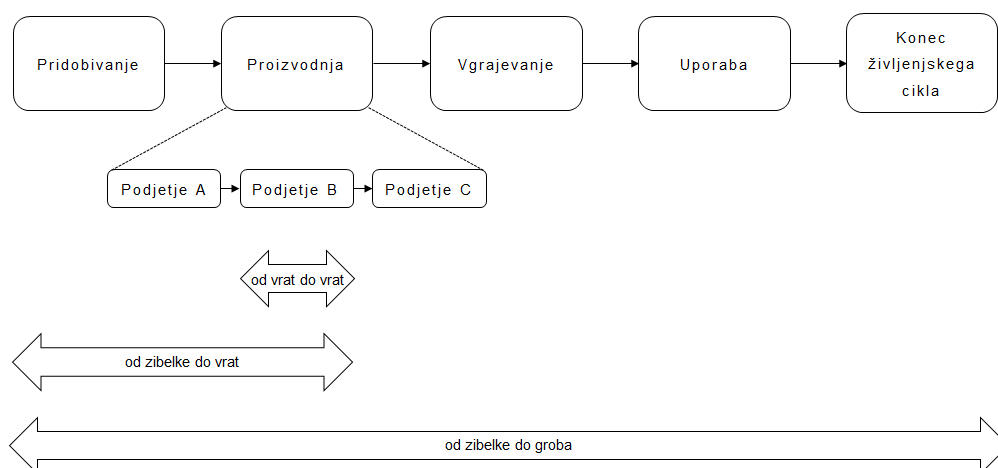
- Od zibelke do zibelke (ang. *cradle to cradle*)

Metoda je posebna vrsta študije od zibelke do groba, kjer izdelek namesto procesa odstranjevanja zamenja proces reciklaže, ki omogoča ponovno uporabo proizvoda kot surovino za novi proizvodni proces.

- Od vrat do vrat (ang. *gate to gate*)

Metoda vsebuje del življenjskega cikla, kjer preiskujemo en proces v celotnem proizvodnem procesu.

Shematičen prikaz LCA glede na obseg je prikazan na Sliki 10 [21].



Slika 10: Shematičen prikaz LCA glede na obseg

### 3.4 LCA V GRADBENIŠTVU

Gradbena panoga ima zelo velik vpliv na okolje – od proizvodnje in razgradnje gradbenih materialov, gradnje objektov, rušenja objektov do visokega deleža porabljene energije za uporabo objektov ter posledično izpustov v okolje. Gradbena industrija oz. gradbeni sektor znotraj Evropske unije posredno in neposredno zaposluje približno 26 milijonov delavcev, kar je več kot 15% vseh zaposlenih. Z novimi projekti in odstranitvami se na letni ravni ustvari okoli 1,3 trilijona € [22]. Več kot polovica vseh, iz zemlje pridobljenih materialov, se predela za uporabo v gradbeništvu. Gradbeništvu v svetovnem merilu zaznamuje pravilo 40% [23]:

1. 40% celotne svetovne porabe vseh materialov oz. 3 milijarde ton vsako leto porabi svetovna gradbena industrija;

2. 40% celotne potrebe po energiji in naravnih virov na svetu se porabi tekom gradnje in uporabe gradbenih objektov;
3. 40% vseh povzročenih svetovnih odpadkov predstavljajo gradbeni odpadki po sklenjenem življenjskem ciklu.

Zaradi vseh naštetih dejstev je uporaba LCA v gradbeništvu zelo smiselna in lahko predstavlja ključno vlogo pri družbenem ozaveščanju trajnostne rabe virov. S pomočjo LCA lahko znižamo okoljske vplive proizvoda - znižanje porabe surovin, iskanje alternativnih, okoljsko manj škodljivih materialov, možnosti ponovne uporabe proizvoda,...

### 3.4.1 Okoljska deklaracija proizvodov (EPD)

Oblike okoljskega označevanja proizvodov:

- Okoljska oznaka Tip I
- Okoljska oznaka Tip II
- Okoljska oznaka Tip III

#### Okoljska oznaka Tip I

Pripadajoč standard okoljske oznake Tip I je SIST EN ISO 14024 [24]. Okoljska oznaka Tipa I je prostovoljna okoljska oznaka, ki označuje okoljske prednosti proizvodov, ki temeljijo na presoji okoljskih vplivov življenjskega cikla proizvoda. Okoljske zahteve so postavljene s strani neodvisne institucije. Verodostojnost zagotavlja certificiranje zunanjega neodvisnega revidenta, oznaka pa odlikuje proizvode, ki zadovoljujejo visoke okoljske standarde. Primeri takšnih okoljskih oznak so npr. Okoljska marjetica (ang. *Ecolabel*), Nordijski labod (ang. *Nordic swan*), Modri Angel (nem. *Der blaue Engel*) [25].

#### Okoljska oznaka Tip II

Pripadajoč standard okoljske oznake Tip II je SIST EN ISO 14021 [26]. V to skupino spadajo informativne okoljske izjave, ki niso neodvisno preverjene, njihova verodostojnost pa temelji na dobrem imenu podjetja, ki jo je izdalo. Največkrat so kriteriji določitve nejasni in nenavadni, za referenco pa se ne uporabljajo vnaprej določena merila. Primeri takšnih oznak so npr. naravno, biorazgradljivo, okolju prijazno [27].

#### Okoljska oznaka Tip III

Pripadajoč standard okoljske oznake Tip III je SIST EN ISO 14025 [28]. Trajnostno rabo naravnih virov se, skladno s SIST EN ISO 14025, dokazuje z okoljsko deklaracijo proizvoda EPD (ang. *Environmental product declaration*). EPD se lahko uporablja za izvajanje nadaljnjih

študij LCA ali njeno nadgradnjo. EPD vsebuje opis proizvoda in emisije, povezane s proizvodom tekom celotnega življenjskega cikla, skladno z rezultati LCA. V EPD-jih so, za razliko od LCA, obravnavani tudi tehnični podatki in informacije o posebnostih proizvoda. Za proizvode je EPD prostovoljna okoljska deklaracija, ki pa predstavlja enotno merljiv okoljski vpliv tekom življenjskega cikla proizvoda in na ta način omogoča primerjavo proizvodov z enako funkcijo [29]. Pogoji za primerjavo rezultatov različnih LCA študij je enak obseg, pravila izračunov in oblika predstavitev rezultatov študij. Primerjavo omogoča program EPD-jev, ki predpisuje splošna in posebna pravila posameznih kategorij proizvodov za zbiranje, obravnavo in izračun podatkov. Zahteve splošnega programa EPD-jev dopolnjujejo pravila za kategorije proizvodov PCR (ang. *Product Category Rules*) [30]. PCR je, skladno z zahtevami standarda SIST EN ISO 14025, zbirka posebnih pravil, zahtev in načel za pripravo okoljske deklaracije Tipa III ene ali več kategorij proizvodov. EPD velja za obdobje petih let oz. do spremembe v proizvodu.

Glede na vključene faze življenjskega cikla ločimo naslednje tipe EPD-jev (Slika 11):

- MODULI A1 – A3 - »od zibelke do vrat«
- MODULI A1 – A3, opsijsko MODUL D – »od zibelke do vrat z možnimi izbirami«
- MODULI A1 – C4, opsijsko MODUL D – »od zibelke do groba«

MEJE SISTEMA																
FAZA IZDELAVE			FAZA VGRADNJE		FAZA UPORABE							FAZA PO IZTEKU ŽIVLJENJSKE		FAZA VPLIVA NA		
PRIDOBIVANJE SUROVIN	TRANSPORT	PROIZVODNJA	TRANSPORT	VGRADNJA	RABA	VZDRŽEVANJE	POPRAVILA	ZAMENJAVA	OBNOVA	RABE ENERGIJE MED OBRA TOVANJEM	RABA VODE MED OBRA TOVANJEM	DEMONTAŽA	TRANSPORT	PROCESIRANJE ODPANE VODE	ODLAGANJE ODPADKOV	PONOVNA UPORABA, OBNOVA, RECIKLAŽA
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Obvezni moduli			Opsijski moduli													

Slika 11: Sistemski modul SIST EN 15804 [31]

### 3.4.2 Kazalci okoljskih vplivov

#### Potencial globalnega segrevanja

S potencialom globalnega segrevanja izrazimo kolikšen je potencial segrevanja podnebja zaradi toplogrednega plina, kot npr. vodik ( $H_4$ ), metan ( $CH_4$ ), dušikov oksid ( $NO_x$ ), glede na potencial segrevanja podnebja zaradi ogljikovega dioksida. Kratkovalovno sevanje sonca, ki pade na zemeljsko površino, se deloma absorbira (kar povzroči direktno segrevanje zemeljske površine), deloma pa reflektira kot infrardeče sevanje. V troposfero reflektirani del svetlobe absorbirajo toplogredni plini, od katerih se svetloba razprši v vse smeri, med drugim tudi nazaj na zemeljsko površino, kar povzroči še dodatno segrevanje zemeljske površine. Poleg naravnega mehanizma se mehanizem tople grede pojavlja tudi zaradi človeških aktivnosti.

Med toplogredne pline, ki so posledica človeških aktivnosti, prištevamo ogljikov dioksid, metan in CFC. Potencial globalnega segrevanja se izračuna v ekvivalentu CO<sub>2</sub>. Ključnega pomena je čas zadrževanja plinov v atmosferi, zato mora biti vedno opredeljen tudi časovni okvir ocene (največkrat se uporablja 100 let) [32]. V Preglednici 2 so za potencial globalnega segrevanja prikazani oznaka, enota, plini in posledice.

Preglednica 2: Potencial globalnega segrevanja

<b>Okoljski kazalec</b>	Potencial globalnega segrevanja
<b>Oznaka</b>	GWP
<b>Enota</b>	1 kg CO <sub>2</sub> -eq
<b>Plini</b>	Ogljikov dioksid (CO <sub>2</sub> ), metan (CH <sub>4</sub> ), CFC
<b>Posledice</b>	Taljenje ledenikov, zmanjšanje gozdnatih površin, izguba vlažnosti zemljine, sprememba vetrov in delovanja morja

### Potencial tanjšanja ozonske plasti

Ozon nastaja v stratosferi (na višini 15 – 50 km) z razdružitvijo kisikovih atomov, ki so izpostavljeni UV-svetlobi. Posledica tega je nastanek t.i. ozonske plasti v stratosferi. Zaradi procesa mešanja se približno 10% ozona nahaja tudi v troposferi. Kljub nizki koncentraciji je delovanje ozona bistvenega pomena za življenje na zemlji. Ozon absorbira kratkovalovno UV-sevanje in ga sprošča v daljših valovnih dolžinah. Posledično le del UV-sevanja doseže zemljo. Koncentracija ozona se spreminja tako tekom leta kot tudi tekom dneva. Antropogene emisije (emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo zaradi človekovih dejavnosti) tanjšajo ozonsko plast. Snovi, ki imajo vpliv na tanjšanje ozona, razdelimo v dve skupini, na klorofloroogljikove diokside (CFC) in dušikove okside (NO<sub>x</sub>). Ena od učinkov tanjšanja ozonske plasti je segrevanje zemeljske površine, možne posledice pa so zaradi motnje fotosinteze spremembe v rasti in zmanjšanje pridelkov ter bolezni oči in kožni rak pri ljudeh. Pri računanju potenciala tanjšanja ozonske plasti je potrebno upoštevati halogenirane ogljikove diokside, ki so posledice človeških aktivnosti. Halogenirani ogljikovodiki lahko uničijo velike količine molekul ozona. Razgradnja ozona oz. potencial tanjšanja ozonske plasti je izražena v vrednosti, ki predstavlja potencial določene snovi, ki škoduje ozonski plasti izražen v CFC11-eq. Potencial tanjšanja ozonske plasti je potrebno upoštevati kot globalne, dolgoročne in deloma nepovratne posledice [32]. V Preglednici 3 so za potencial tanjšanja ozonske plasti prikazani oznaka, enota, plini in posledice.

Preglednica 3: Potencial tanjšanja ozonske plasti

<b>Okoljski kazalec</b>	Potencial tanjšanja ozonske plasti
<b>Oznaka</b>	ODP
<b>Enota</b>	1 kg CFC11-eq
<b>Plini</b>	CFC, NO <sub>x</sub>
<b>Posledice</b>	Segrevanje zemlje, motnje fotosinteze, bolezni oči, kožni rak

### Potencial zakisovanja okolja

Zakisovanje (acidifikacija) tal in vode se pojavlja kot posledica prenosa onesnaževalcev zraka v kisline, kar povzroči znižanje pH-vrednosti deževnice in megle iz 5,6 na 4 in manj, znižanje vsebnosti mineralov v tleh in zvišanja potencialno toksičnih elementov zemljine. Glavni onesnaževalci so žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), dušikov oksid (NO<sub>x</sub>), klorovodikova kislina (HCl) in amonijak (NH<sub>3</sub>). Zakisovanje ima posredne in neposredne škodljive učinke tako na naravo (kot so izpiranje hranil iz tal ali povečana topnost kovin v tleh), kot tudi na zgradbe (npr. korozija). Zakisanost je tudi vzrok odmiranja gozdov. Pri tem je potrebno upoštevati, da je potencial zakisanosti globalni problem, ki pa lahko ima različne vplive glede na lokalno lego. Potencial zakisovanja okolja se izraža v kg SO<sub>2</sub>-eq, upošteva pa se sposobnost sproščanja in tvorjenja ionov snovi H<sup>+</sup>. Določena emisija lahko ima potencial zakisanosti okolja, kadar so S<sup>-</sup>, N<sup>-</sup> in halogeni atomi v sorazmerju z molekulsko maso emisije [32]. V Preglednici 4 so za potencial zakisovanja okolja prikazani oznaka, enota in posledice.

Preglednica 4: Potencial zakisovanja okolja

<b>Okoljski kazalec</b>	Potencial zakisovanja okolja
<b>Oznaka</b>	AP
<b>Enota</b>	1 kg SO <sub>2</sub> -eq
<b>Posledice</b>	Odmiranje gozdov, zakisovanje zemljine in vode, vplivi na tla in vegetacijo, korozija

### Evtrofikacijski potencial

Evtrofikacija pomeni kopičenje hranilnih snovi (nutrientov) na določenem mestu, v zemlji ali v vodi. K evtrofikaciji prispevajo onesnaževalci zraka, odpadne vode ter gnojila. Posledica kopičenja hranil v vodi je pospešena rast alg, ki preprečujejo, da bi sončna svetloba dosegla tudi globlje v vodo. Zaradi tega je ovirana fotosinteza, kar posledično pomeni manjšo proizvodnjo kisika. Poleg tega se kisik porablja za razgradnjo odmrlih alg. Oba učinka povzročata zmanjšanje koncentracije kisika v vodi, kar lahko dolgoročno privede do umiranja rib ter procesov anaerobne razgradnje (razgradnje brez prisotnosti kisika) in s tem tvorjenjem

metana in vodikovega sulfida. Poleg ostalih posledic lahko to privede do uničenja ekosistema. Posledica eutrofikacije v tleh je slabša odpornost rastlin na bolezni in škodljivce ter zmanjšanje stabilnosti rastlin. Kadar hranilne snovi presežejo potrebne količine dušika za rast, pride do obogatitve nitratov. Zaradi izpiranja tal pride do povečane vsebnosti nitratov v podtalnici. Nitrati so sicer v majhnih količinah toksično neoporečni, za človeško zdravje predstavlja problem reakcijski produkt nitrata – nitrit. Potencial eutrofikacije se izraža z 1 kg  $(\text{PO}_4)_3\text{-eq}$ . Tako kot pri potencialu zakisovanja se tudi pri procesu eutrofikacije razlikuje učinek od regije do regije [32]. V Preglednici 5 so za eutrofikacijski potencial prikazani oznaka, enota in posledice.

Preglednica 5: Eutrofikacijski potencial

<b>Okoljski kazalec</b>	Eutrofikacijski potencial
<b>Oznaka</b>	EP
<b>Enota</b>	1 kg $(\text{PO}_4)_3\text{-eq}$
<b>Posledice</b>	Pospešena rast alg, slabša odpornost rastlin na bolezni in škodljivce, onesnaženje podtalnice

### Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov

Kljub temu, da nas ozon v stratosferi varuje, je njegova prisotnost ob zemeljskem površju škodljiva. Fotokemično nastajanje ozona v troposferi, poletni smog, naj bi škodoval vegetaciji in materialom, visoke koncentracije ozona pa so celo strupene za ljudi. Zaradi vpliva sončnega sevanja se med dušikovimi oksidi in ogljikovodiki sprožijo kompleksne reakcije, ki imajo za rezultat agresivne reakcijske produkte med katerimi je tudi ozon. Dušikovi oksidi sami ne povzročajo visokih koncentracij ozona. Emisije ogljikovodikov nastanejo zaradi nepopolnega izgorevanja pogonskih goriv in ravnanja s topili. Koncentracija ozona se lahko tekom dneva spreminja, poveča se pri visokih temperaturah, nizki zračni vlažnosti, brezvetrju ter ob visoki koncentraciji ogljikovodikov. Višje koncentracije ozona se pogosteje pojavljajo na območjih, kjer je čistejši zrak (npr. gozdovi in višje lege) torej tam, kjer je manj NO in CO. Dušikovi in ogljikovi monoksidi namreč zmanjšujejo količino ozona s tvorjenjem  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  in  $\text{O}_2$ , kar pomeni, da v bližini izvora ogljikovodikovih emisij ne pride do visoke koncentracije ozona. Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov se izračuna v ekvivalentu etilena ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ). Med analizo je potrebno upoštevati, da koncentracija ozona zavisi od vremenskih in lokalnih pogojev [32]. V Preglednici 6 so za potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov prikazani oznaka, enota in posledice.

Preglednica 6: Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov

<b>Okoljski kazalec</b>	Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov
<b>Oznaka</b>	POCP
<b>Enota</b>	1 kg Ethene-eq
<b>Posledice</b>	Draženje oči, vnetje dihal, zmanjšana vidljivost, negativen vpliv na vegetacijo

### Izraba abiotskih naravnih surovin

Izraba abiotskih surovin vključuje izbrane naravne surovine, kot so kovinske rude, surova nafta in mineralne surovine. Abiotski viri vključujejo surovine iz neživih in neobnovljivih virov. Ta vplivna kategorija opisuje zmanjšanje oz. izčrpavanje neobnovljivih virov (neobnovljivih v časovnem okviru 500 let). Izraba abiotskih surovin je razdeljena na naravne in fosilne elemente. Potencial izrabe abiotskih naravnih surovin zajema oceno razpoložljivih naravnih elementov, kot so minerali in rudnine. Referenčna enota za karakterizacijo je antimonij. Potencial izrabe abiotskih fosilnih surovin zajema izrabo fosilnih energentov (surova nafta, zemeljski plin, premog). Posledica izrabe abiotskih virov je zmanjšanje virov za prihodnje generacije. Referenčna enota za izrabo abiotskih fosilnih surovin je MJ [32]. V Preglednici 7 so za izrabo abiotskih naravnih surovin prikazani oznaka, enota in posledice.

Preglednica 7: Izraba abiotskih naravnih surovin

<b>Okoljski kazalec</b>	Izraba abiotskih virov surovin	
<b>Oznaka</b>	ADPE	ADPF
<b>Enota</b>	1 kg Sb-eq	1 MJ
<b>Posledice</b>	Zmanjšanje virov za prihodnje generacije	

## 4 ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA FASADNIH SISTEMOV

Z metodo LCA bomo analizirali lepilno malto, zaključni omet na osnovi silikonskih smol ter fasadni sistem. Najprej bomo splošno predstavili fasadne sisteme, sledil bo izračun in predstavitev rezultatov LCA za lepilno malto, zaključni omet in fasadni sistem.

### 4.1 Splošno o fasadnih sistemih

Fasadni sistem je v evropski smernici za tehnično soglasje ETAG 004 (Zunanji toplotnoizolacijski sestavljeni sistemi z ometom) definiran kot gradbeni sistem, sestavljen iz toplotnoizolacijskega proizvoda, nalepljenega na zunanje gradbene elemente in prekrita z ometom. Primarna funkcija fasadnega sistema je toplotna izolacija in zaščita stavbe pred vremenskimi vplivi. Fasadni sistemi oz. sestavljeni toplotnoizolacijski sistemi morajo biti od 1.5.1993 opremljeni s CE znakom (z znakom CE proizvajalec izjavlja, da proizvod izpolnjuje bistvene zahteve za varnost, zdravje in varovanje okolja, ki jih določajo evropske smernice [33]). Uredba o gradbenih proizvodih je stopila v veljavo 1.7.2013 in predvideva označevanje na osnovi Evropske tehnične ocene (ETA). Izdana je bila na podlagi Evropskega ocenjevalnega dokumenta (EAD) za zunanje toplotnoizolacijske sestavljene sisteme z ometom. Evropsko tehnično soglasje (ETA), izdano na podlagi Smernice za evropsko tehnično soglasje ETAG 004 in dogovora članic EOTA o postopku ocenjevanja ustreznosti gradbenega proizvoda (CUAP), velja najmanj do konca aktualnega datuma veljavnosti. Ob morebitni spremembi se Evropsko tehnično soglasje spremeni v Evropsko tehnično oceno. V Evropskem tehničnem soglasju (ETA) med drugim najdemo informacije in navodila glede uporabe, značilnosti materialov, postopka potrjevanja skladnosti, vseh komponent v sistemu. V okviru interne kontrole kakovosti mora vsak proizvajalec izpolnjevati definirane postopke ter o njih voditi zapise, ki jih kontrolirajo pooblaščen inštitucije. Proizvajalec dokazuje skladnost proizvoda z Izjavo o lastnostih, pri čemer ETA služi kot osnova za certifikacijski organ. Če so navedena soglasja podeljena in če interna kontrola kakovosti ustreza zahtevam ETA, se kot dokazilo o uporabnosti proizvod opremi z CE znakom. Z zgoraj omenjeno Izjavo o lastnostih proizvajalec potrjuje pravilno uporabo CE znaka, izpolnjevanje pogojev za označevanje komponent fasadnega sistema in spremljajočih dokumentov s številko, dodeljeno s strani certifikacijskega organa [34], [35], [36].

### 4.2 Komponente fasadnega sistema

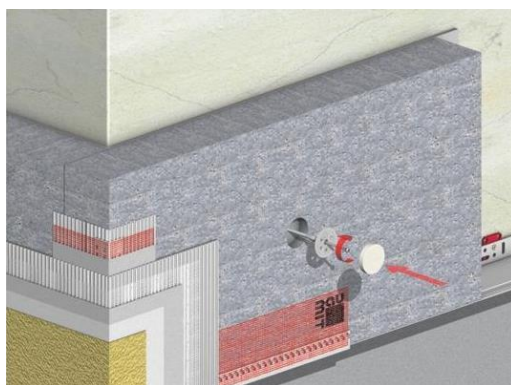
Fasadni sistem sestavljajo:

- lepilna malta,
- toplotnoizolacijska plošča (v nadaljevanju fasadna plošča),



- pritrdilna sidra,
- osnovni omet (izravnalni in armirni sloj),
- osnovni premaz,
- zaključni omet, in
- fasadni pribor (vogalniki, priključni, odkapni in zaključni profili, dilatacijski profili, montažni elementi,...).

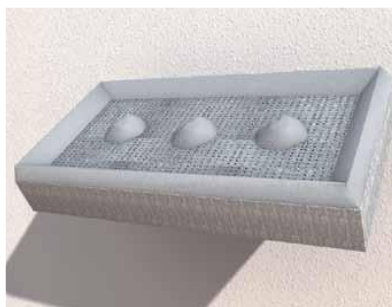
Shema sestave fasadnega sistema je prikazana na Sliki 12.



Slika 12: Fasadni sistem [37]

### Lepilna malta

Lepilno malto, na cementni osnovi, se uporablja za lepljenje fasadnih plošč na podlago. V splošnem se uporablja linijsko-točkoven način lepljenja (Slika 13). Pri glavnini fasadnih plošč predstavlja kontaktna površina med podlago in fasadno ploščo  $\geq 40\%$ . Pri fasadnih ploščah in lamelah iz mineralne volne se izdelata nanos po celotni površini plošče, tako da znaša kontaktna površina med podlago in fasadno ploščo  $\geq 80\%$ . Lepilna malta mora biti nanosena tako, da med ploščo in podlago zrak ne kroži zrak ter da so plošče po celotni površini v enakomernem kontaktu s podlago. Sušenje lepilnih malt poteka z izparevanjem vode iz mešanice. Višja kot je temperatura in nižja kot je zračna vlažnost, hitrejša je sušenje [38].



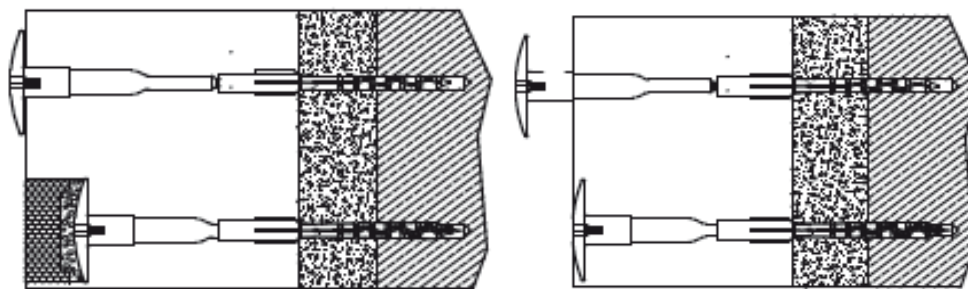
Slika 13: Shematični prikaz linijsko-točkovnega lepljenja fasadne plošče [34]

## Fasadna plošča

Fasadna plošča predstavlja najbolj izolativen del fasadnega sistema. V splošnem se fasadne plošče ločijo glede na izvor, kemijsko sestavo in strukturo. Ločijo se na anorganske in organske, te pa na sintetične in naravne. Med organske naravne spadajo fasadne plošče iz lesnih vlaken in plute. Med organske sintetične pa fasadne plošče iz ekspandiranega polistirena, poliuretana in fenolnih pen. Anorganske sintetične fasadne plošče predstavljajo fasadne plošče in lamele iz mineralne volne. Fasadne plošče se med seboj razlikujejo tudi po specifični teži, toplotni prevodnosti, odpornosti na fizikalne in kemijske vplive [39].

## Pritrdilno sidro

Pritrdilno sidro se uporablja za dodatno mehansko pritrdjevanje fasadnih plošč. Sidra so plastična. Med sabo jih ločimo glede na material žebelja, ali plastični ali jekleni žebelj, ter glede na način pritrdjevanja, ali zabijanje ali vijačenje. Glede na način montaže ločimo poglobljeno montažo ter montažo, poravnano s površino (Slika 14). Pri izbiri sider je potrebno upoštevati kategorijo podlage, debelino fasadne plošče, način montaže, dolžino sidra. V osnovi je potrebno namestiti 6 sider/m<sup>2</sup> fasadne površine. Potrebno je upoštevati tudi izbrani fasadni sistem (površinska teža, vrsta izolacije in sistema), geometrijo objekta (dolžina, širina, višina), osnovno hitrost vetra v kraju, kategorijo terena in ostale pogoje skladno s SIST EN 1991-1-4 [40], [41].



Slika 14: Sidranje – poglobljen način montaže (levo) in montaža, poravnana s površino (desno) [42]

## Osnovni omet

Osnovni omet je sestavljen iz izravnalnega in armirnega sloja. Da dosežemo enakomerno debelino osnovnega ometa, je potrebno zagotoviti ravnost položenih plošč (npr. neravnine na fasadni plošči iz EPS-F moramo pobrusiti, fasadne plošče iz mineralne volne, lesnih vlaken in trdne pene pa izravnamo z nanosom izravnalnega sloja). Armirni sloj je sestavljen iz lepilne malte in v njo vtisnjene armirne mrežice. Nazivna debelina je odvisna od izbrane fasadne plošče. V splošnem ločimo tri nanose, tankoslojni (nazivna debelina 3 mm, položaj armirne

mrežice v sredini), srednjeslojni (nazivna debelina 5 mm, položaj armirne mrežice v zunanji tretjini) in debeloslojni (nazivna debelina 8 mm, položaj armirne mrežice v zunanji tretjini). Za fasadne plošče iz EPS je v splošnem dovolj že tankoslojni nanos, pri ostalih ploščah pa je potreben vsaj srednjeslojni nanos [38].

### **Osnovni premaz**

Osnovni premaz prispeva h kakovosti fasadnih sistemov, saj uravnava vpojnost, izboljšuje oprijem, uravnava alkalnost osnovnega ometa ter izboljšuje obdelovalne lastnosti in zagotavlja enakomerno sušenje zaključnega ometa.

### **Zaključni omet**

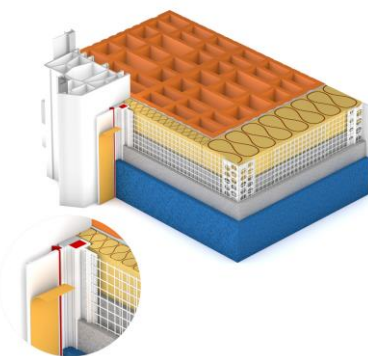
Zaključni omet skrbi za optični izgled, poleg tega pa spodnje sloje fasadnega sistema ščiti pred vremenskimi, kemičnimi in biološkimi vplivi. Najpomembnejša sestavina zaključnega ometa je vezivo, ki daje ometu trdoto, trdnost, vremensko odpornost, elastičnost in sposobnost premoščanja razpok ter pH in barvno stabilnost. Med seboj ločimo organske in mineralne (anorganske) zaključne omete, ki se proizvajajo v različnih barvnih odtenkih, velikostih zrn in strukturah ometa. Med organska zaključna ometa spadata zaključni omet na osnovi organskih veziv in zaključni omet na osnovi silikonskih smol. Prednost organskih zaključnih ometov je elastičnost, velika izbira barvnih odtenkov in visoka vodoodbojnost, je pa paroprepustnost posledično slabša. Posebna vrsta organskega zaključnega ometa je kombinacija posebne disperzije in silikonskih smol, ki ima poleg visoke vodoodbojnosti tudi odlično paroprepustnost. Pri tem zaključnem ometu je barvna paleta sicer manjša od klasičnega organskega zaključnega ometa, a večja kot pri mineralnih zaključnih ometih. Sušenje pri organskih ometih poteka le z izparevanjem vode iz zaključnega ometa. Silikatne in mineralne zaključne omete odlikuje visoka paroprepustnost, zaradi česar niso elastični in so omejeni z možnostjo izbire obarvanja. Mineralni zaključni ometi se strjujejo s kemičnim procesom, pri silikatnih zaključnih ometih pa strjevanje poteka tako s fizikalnim (disperzijski del), kot tudi s kemičnim procesom (vodno steklo, silikatno vezivo). V splošnem sta najpomembnejši lastnosti zaključnega ometa vodoodbojnost in paroprepustnost. Optimalen zaključni omet ima visoko vodoodbojnost in visoko paroprepustnost [43]. V Preglednici 8 so lastnosti zaključnih ometov predstavljeni s simboli (☹ - slabo, ☺ - dobro, ☺☺ - zelo dobro, ☺☺☺ - odlično).

Preglednica 8: Lastnosti zaključnih ometov [44]

Zak. omet / Lastnost	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
Elastičnost	👍👍	👍	👎	👍👍👍
Vodoodbojnost	👍👍	👍	👍	👍👍👍
Paroprepustnost	👍	👍👍	👍👍👍	👎
Barvni odtenki	👍	👍	👍	👍👍
Stabilnost tona	👍	👍	👎	👍👍👍
(👎 - slabo, 👍 - dobro, 👍👍 - zelo dobro, 👍👍👍 - odlično)				

### Fasadni pribor

Priključki fasadnega sistema na okna, okenske police, napušče, pločevinaste obrobe, teren in ostalo morajo biti zaradi vremenskih in termičnih vplivov, pomikov podlage, itd. izvedeni trajno elastično in vodotesno. Vodotesen in elastičen priključek na okenske in vratne odprtine se izvede z okenskimi priključnimi letvami (Slika 15), robni vogalniki omogočajo natančno izvedbo vogala ter zagotavljajo enakomerno debelino osnovnega ometa, odkapni profili služijo zaključevanju previsnih površin in preprečujejo zatekanje umazanije pod previs. Prenos konstrukcijskih dilatacij ter stike različnih gradbenih elementov (npr. betonski elementi) izvedemo s pomočjo dilatacijskih profilov, ki omogočajo vodotesen in gibljiv prehod fasadnega sistema [45].



Slika 15: Shematični prikaz priključka fasadnega sistema na okenski okvir [46]

### 4.3 Rezultati

V nadaljevanju so rezultati LCA za lepilno malto, zaključni omet na silikonski osnovi ter fasadni sistem (kombinacija toplotnoizolacijske plošče EPS-F in zaključnega ometa na silikonski osnovi) predstavljeni v skladu s pravili za kategorijo proizvodov PCR: za lepilno malto »PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Mineralische Werkmörtel« [47], za zaključni omet »PCR Anleitungstexte für

gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Beschichtungen mit organischen Bindemitteln« [48] ter za fasadni sistem »PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Wärmedämmverbundsysteme« [49]. Podatki za izračun LCA za lepilno malto in zaključni omet so bili pridobljeni s strani proizvajalca. Za izračun je bilo uporabljeno programsko orodje GaBi 6.0 in generični podatki iz podatkovnih baz Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2. Za vrednotenje okoljskih vplivov je bila izbrana metodologija CML 2001.

Znotraj posameznega rezultata so podrobneje predstavljeni lepilna malta, zaključni omet ter fasadni sistem:

- splošno o proizvodu
  - o opis proizvoda
  - o uporaba
  - o tehnični podatki
  - o dajanje proizvoda na trg/pravila za uporabo
  - o stanje dobave
  - o osnovne surovine in dodatki
  - o proizvodni proces
  - o okolje in zdravje med proizvodnim procesom
  - o vgrajevanje
  - o pakiranje
- LCA – pravila za izračun
  - o deklarirana enota
  - o meje sistema
  - o ocene in predpostavke
  - o kriteriji za izključitev podatkov
  - o baza podatkov
  - o kakovost podatkov
  - o časovno obdobje
  - o alokacija
  - o primerljivost
- LCA – rezultati
- LCA – interpretacija (primerjava med posameznimi skupinami sestavin proizvoda pri posameznih okoljskih kazalnikih)

### 4.3.1 Lepilna malta

V tem poglavju je predstavljen izračun LCA za lepilno malto (Okno 1). Uporabljeni podatki za izračun so bili pridobljeni s strani proizvajalca lepilne malte. Rezultati so predstavljeni skladno s PCR: »PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Mineralische Werkmörtel« [47].

Okno 1: LCA rezultat lepilne malte v obliki EPD

1. PROIZVOD		
<b>1.1 Opis proizvoda</b>		
Tovarniško pripravljeno mineralno lepilo iz cementa, peska in dodatkov za lepljenje in armiranje v toplotnoizolacijskih sistemih. Strjevanje poteka s fizičnim sušenjem.		
<b>1.2 Uporaba</b>		
Za lepljenje toplotnoizolacijskih plošč ter izvedbo armirne plasti z vtiskanjem armirne mrežice.		
<b>1.3 Tehnični podatki</b>		
V Preglednici 9 so navedeni tehnični podatki lepilne malte.		
Preglednica 9: Tehnični podatki lepilna malta		
Oznaka	Vrednost	Enota
Tlačna trdnost	-	N/mm <sup>2</sup>
Strižna trdnost	-	N/mm <sup>2</sup>
Vpojnost	< 0,5	kg/m <sup>2</sup>
Koeficient paroprepustnosti $\mu$	15/35	
Toplotna prevodnost	ca. 0,7	w/(mK)
Održna trdnost	$\geq 0,08$	N/mm <sup>2</sup>
Upogibna trdnost	-	N/mm <sup>2</sup>
Gostota suhega materiala	< 1400	kg/m <sup>3</sup>
<b>1.4 Dajanje proizvoda na trg/Pravila za uporabo</b>		
Za dajanje proizvoda na trg velja Uredba o gradbenih proizvodih (EU) Št. 305/2011 [50]. Pravila za uporabo so skladna z nacionalnimi predpisi SIST EN 998-1: Specifikacija malt za zidanje-1.del: Malte za grobi in fini omet [51].		

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

### 1.5 Stanje dobave

Pripravljeno mineralno praškasto lepilo se pakira v vreče po 25 kg ali polni v silose in dostavi na gradbišče.

### 1.6 Osnovne surovine in dodatki

V Preglednici 10 so navedene osnovne surovine in dodatki ter njihovi deleži v lepilni malto.

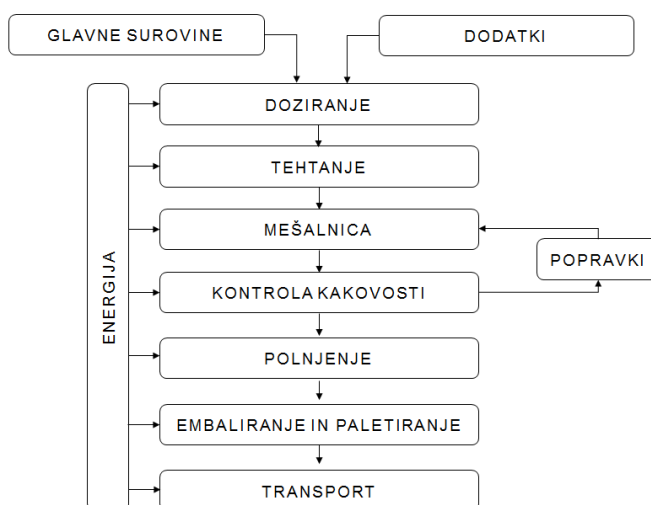
Preglednica 10: Osnovne surovine in dodatki – lepilna malta

Osnovne surovine	Masni-%	Dodatki	Masni-%
Pesek	≤ 70	Disperzijski prah	≤ 3
Cement	≤ 25	Zgoščevalno sredstvo	≤ 0,3
Gradbeno apno	≤ 5	Hidrofobno sredstvo	≤ 0,3

Razmerje med surovinami je dostopno pri avtorju.

### 1.7 Proizvodnja

Glavne surovine (pesek, cement, gradbeno apno) in dodatki (hidrofobno sredstvo, sredstvo za zgoščevanje, disperzijski prah) so skladiščeni v silosih. Iz silosa se surovine in dodatki, skladno z recepturo za lepilno malto, preko dozirne naprave in tehtnice dozirajo v mešalnico. Iz mešalnice se pripravljena mešanica transportira do naprave za polnjenje, od tam pa do naprave za embaliranje in paletiranje. Pripravljen proizvod se, napolnjen v vreče ter naložen na paleto in ovit v folijo, transportira v skladišče (Slika 16). Proizvodni proces poteka v zaprtem sistemu, kar pomeni, da se ves material, ki ostane v napravah, ponovno vrne v ustrezen silos za skladiščenje.



Slika 16: Proizvodni proces lepilne malte

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

### 1.8 Okolje in zdravje med proizvodnjo

Proizvodni proces poteka v zaprtem sistemu in ne predstavlja potencialne nevarnosti za okolje. Ostanke na napravah se prefiltrira in ponovno uporabi v proizvodnem procesu. Ukrepi za zdravje in okolje so v skladu s predpisi.

### 1.9 Vgrajevanje

Praškasto lepilo stresemo v čisto vodo in mešamo, da dobimo gladko maso. Lepilno malto nanesemo linijsko po robovih in točkovno v sredini plošče. Za izvedbo armirnega sloja uporabimo zobato kovinsko gladilko. Pri vgrajevanju upoštevamo navodila za izvedbo posameznega fasadnega sistema.

### 1.10 Pakiranje

Papirnate vreče s plastificiranim vložkom so naložene na leseni paleti. Med spodnjo vrsto vreč in leseno paletu je pokrivna folija iz umetnih snovi. Lesena paleta z naloženimi vrečami je ovita s folijo za ovijanje iz umetnih snovi. Lesene palete se lahko večkrat uporabi. Ostale materiale za embaliranje se lahko reciklira.

### 1.11 Ostale informacije

Več informacij o proizvodu se nahaja na tehničnem in varnostnem listu.

## 2. LCA: Pravila za izračun

### 2.1 Deklarirana enota

Deklarirana enota je 1 kg pripravljene mešanice. Podatki o deklarirani enoti so navedeni v Preglednici 11.

Preglednica 11: Deklarirana enota lepilne malte

Oznaka	Vrednost	Enota
Deklarirana enota	1	kg
Konverzijski faktor na 1 kg	1	/
Gostota	1400	kg/m <sup>3</sup>

### 2.2 Meje sistema

Meje sistema so določene po modularnem principu skladno s standardom SIST EN

se nadaljuje ...



... nadaljevanje Okna 1

15804:2012. Analiza življenjskega cikla proizvoda obravnava Fazo izdelave (A1 – A3): pridobivanje surovin in transport do proizvodnje, proizvodnja materiala, energija za proizvodnjo, transport znotraj proizvodnega procesa.

### **2.3 Ocene in predpostavke**

/

### **2.4 Kriteriji za izključitev podatkov (cut-off rules)**

Poraba energije za transport znotraj proizvodnega obrata v izračunu ni upoštevana. Predvidevamo, da ta poraba znaša manj kot 5% porabljene energije in mase Modula A, kar je skladno z zahtevami standarda SIST EN 15804:2012 glede deleža manjkajočih podatkov. V izračunu tudi niso upošteevane lesene palete.

### **2.5 Baza podatkov**

Zbiranje podatkov skladno s SIST EN ISO 14044:2006 (Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice). Za izračun so bile uporabljene podatkovne baze Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2.

### **2.6 Kakovost podatkov**

Uporabljeni podatki ustrezajo zahtevam standarda SIST EN 15804. Podatki proizvajalca niso starejši od 5 let, generični podatki niso starejši od 10 let, generični podatki ustrezajo dejanskim podatkom surovin, materialov in energentov, upoštevana je celovitost podatkov v podatkovnih bazah.

### **2.7 Časovno obdobje**

Časovno obdobje v katerem so bili zbrani podatki, je leto 2014.

### **2.8 Alokacija**

Pri proizvodnji niso bile uporabljene alokacije.

### **2.9 Primerljivost**

/

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

**3. LCA: Rezultati**

MEJE SISTEMA																
FAZA IZDELAVE			FAZA VGRADNJE		FAZA UPORABE							FAZA PO IZTEKU ŽIVLJENJSKE DOBE				FAZA VPLIVA NA OKOLJE PREKO MEJE SISTEMA
PRIDOBIVANJE SUROVIN	TRANSPORT	PROIZVODNJA	TRANSPORT	VGRADNJA	RABA	VZDRŽEVANJE	POPRAVILA	ZAMENJAVA	OBNOVA	RABE ENERGIJE MED OBRABA TOVANJEM	RABA VODE MED OBRABA TOVANJEM	DEMONTAŽA	TRANSPORT	PROCESIRANJE ODPANE VODE	ODLAGANJE ODPADKOV	PONOVA UPORABA, OBNOVA, RECIKLAŽA
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Slika 17: Meje sistema – lepilna malta

Obravnavane meje sistema so označene z oznako »X« na Sliki 17. V Preglednici 12 in Preglednici 13 so predstavljeni rezultati kazalcev okoljskih vplivov in porabe primarne energije za lepilno malto.

Preglednica 12: Kazalci okoljskih vplivov – lepilna malta

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Potencial globalnega segrevanja [GWP]	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	3,39E-01
Potencial tanjšanja ozonske plasti [ODP]	[kg CFC11-eq]	1,86E-08
Potencial zakisovanja okolja [AP]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	1,05E-03
Evtrofikacijski potencial [EP]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	2,89E-04
Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov [POCP]	[kg Ethene-eq]	1,43E-04
Izraba abiotskih naravnih surovin [ADPE]	[kg Sb-eq]	6,61E-07
Izraba abiotskih virov fosilnih surovin [ADPF]	[MJ]	4,15E+00

Preglednica 13: Raba primarne energije – lepilna malta

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Skupna raba obnovljivih virov primarne energije [PERT]	[MJ]	7,83E-01
Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije [PENRT]	[MJ]	4,48E+00

**4. LCA: Interpretacija****Kazalci okoljskih vplivov**

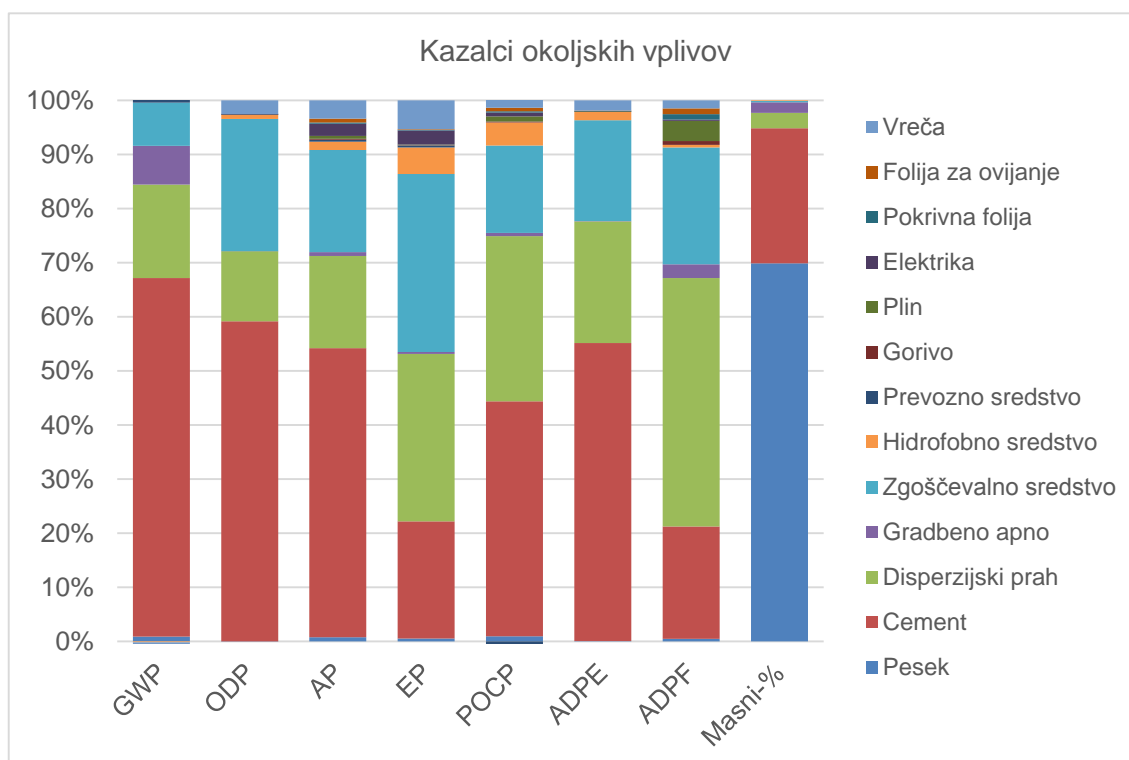
V Preglednici 14 so navedene vrednosti posameznih komponent lepilne malte. Grafikon 1 prikazuje deleže posameznih sestavin in procesov za kazalce okoljskih vplivov navedenih v Preglednici 12, ter v zadnjem stolpcu masno razmerje med posameznimi surovinami.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

Preglednica 14: Kazalci okoljskih vplivov – komponente lepilne malte

	<b>GWP</b>	<b>ODP</b>	<b>AP</b>	<b>EP</b>	<b>POCP</b>	<b>ADPE</b>	<b>ADPF</b>
	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	[kg CFC11-eq]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	[kg Ethene-eq]	[kg Sb-eq]	[MJ]
Pesek	2,98E-03	7,87E-13	8,17E-06	1,58E-06	1,35E-06	3,19E-10	2,07E-02
Cement	2,25E-01	1,10E-08	5,59E-04	6,26E-05	6,23E-05	3,64E-07	8,60E-01
Disperzijski prah	5,88E-02	2,40E-09	1,79E-04	8,94E-05	4,38E-05	1,49E-07	1,91E+00
Gradbeno apno	2,42E-02	2,63E-13	7,08E-06	1,01E-06	8,39E-07	2,64E-10	1,04E-01
Zgoščevalno sredstvo	2,72E-02	4,54E-09	1,98E-04	9,50E-05	2,31E-05	1,23E-07	8,97E-01
Hidrofobno sredstvo	-5,52E-04	1,46E-10	1,62E-05	1,43E-05	6,14E-06	1,05E-08	1,85E-02
Prevozno sredstvo	1,97E-03	0,00E+00	3,73E-06	9,82E-07	-1,86E-06	0,00E+00	0,00E+00
Gorivo	1,99E-04	3,79E-14	2,19E-06	2,61E-07	2,68E-07	8,10E-11	2,99E-02
Plin	1,77E-03	3,87E-14	5,15E-06	2,58E-07	1,34E-06	6,43E-10	1,55E-01
Elektrika	1,20E-03	1,90E-11	2,39E-05	7,59E-06	1,02E-06	8,31E-11	1,12E-02
Pokrivna folija	1,21E-03	2,17E-13	2,43E-06	1,94E-07	3,89E-07	3,11E-10	4,12E-02
Folija za ovijanje	1,38E-03	0,00E+00	6,89E-06	3,90E-07	8,57E-07	1,44E-10	4,32E-02
Vreča	-5,71E-03	4,75E-10	3,58E-05	1,55E-05	3,87E-06	1,28E-08	6,27E-02



Grafikon 1: Kazalci okoljskih vplivov – lepilna malta

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

Pri interpretaciji bomo kazalce okoljskih vplivov razdelili na glavne surovine (pesek, cement, gradbeno apno) in dodatke (disperzijski prah, zgoščevalno sredstvo, hidrofobno sredstvo), transport, proizvodno energijo ter surovine za embalaranje (vreča, pokrivna folija, folija za ovijanje). Pridobivanje surovin (Modul A1) predstavlja več kot 95% celotnega prispevka pri vseh kazalcih okoljskih vplivov lepilne malte. Od surovin ima, kljub temu da predstavlja največji delež v mešanici, pričakovano najmanjši okoljski vpliv pesek. Za najbolj problematične se izkažejo cement, disperzijski prah in zgoščevalno sredstvo. Rezultati sovpadajo s porabljeno primarno energijo, potrebno za pripravo surovin, predstavljeno v nadaljevanju. Prispevek proizvodnje in pakiranja je relativno nizek.

#### **Potencial globalnega segrevanja GWP**

Na Grafikonu 1 vidimo, da predstavlja priprava surovin skoraj celoten prispevek GWP. Od glavnih surovin največ prispeva cement in sicer 66,25%. Pesek, ki ima največji delež v mešanici, predstavlja le 0,88%, gradbeno apno pa 7,12%. Od dodatkov ima največji delež GWP disperzijski prah 17,32%, zgoščevalno sredstvo predstavlja 8% celotnega GWP. Transport surovin do proizvodnega obrata predstavlja 0,64%, energija potrebna za proizvod pa 0,87% deleža GWP.

#### **Potencial tanjšanja ozonske plasti ODP**

Priprava surovin tudi pri ODP prispeva več kot 97%. Največ prispeva cement in sicer 59,18%, sledita zgoščevalno sredstvo s 24,46% in disperzijski prah z 12,91% ODP. Slabe 3% prispeva še vreča, vse ostale surovine in procesi pa k ODP prispevajo manj kot 1%. Prav tako je vpliv proizvodne energije na ODP skoraj neznamen (0,10%).

#### **Potencial zakisovanja okolja AP**

K potencialu zakisovanja okolja največ prispevajo cement (53,41%), zgoščevalno sredstvo 18,88% in disperzijski prah 17,05%. V tem primeru predstavlja material za embalaranje 4,31% AP, energija potrebna za proizvodni proces pa 2,78%. Transport surovin do proizvodnega procesa predstavlja le 0,57% AP.

#### **Evtrofikacijski potencial EP**

Največji delež k potencialu evtrofikacije prispeva priprava surovin zgoščevalnega sredstva (32,86%), disperzijskega prahu (30,93%) in cementa (21,67%). Precej visok delež ima priprava papirnate vreče 5,35%. Energija potrebna za proizvodnjo predstavlja 2,71% EP.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1

### **Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP**

Največji delež potenciala nastajanja fotokemičnega ozona pri lepilni malti ima cement (43,46%), sledita disperzijski prah (30,50%) in zgoščevalno sredstvo (16,13%). Transport ima zaradi prisotnosti NO med transportom negativen POCP. Energija potrebna za proizvodni proces predstavlja samo 1,64%, surovine za embaliranje pa 3,57% POCP.

### **Izraba abiotskih naravnih surovin ADPE**

Tako kot pri ostalih okoljskih kazalnikih ima tudi pri ADPE največji delež priprava surovin (več kot 95%). K potencialu izrabe naravnih virov največji delež predstavlja cement (55,07%), sledi disperzijski prah z 22,50% in sredstvo za zgoščevanje z 18,63%.

### **Izraba abiotskih virov fosilnih surovin ADPF**

K potencialu izrabe naravnih virov fosilnih goriv največ, več kot 90%, prispeva priprava surovin (kjer prevladujejo disperzijski prah, cement in hidrofobno sredstvo). Energija za proizvodnjo predstavlja 4,00%, surovine za embaliranje 3,54%, transport pa 0,72% ADPF.

### **Skupna raba primarne energije**

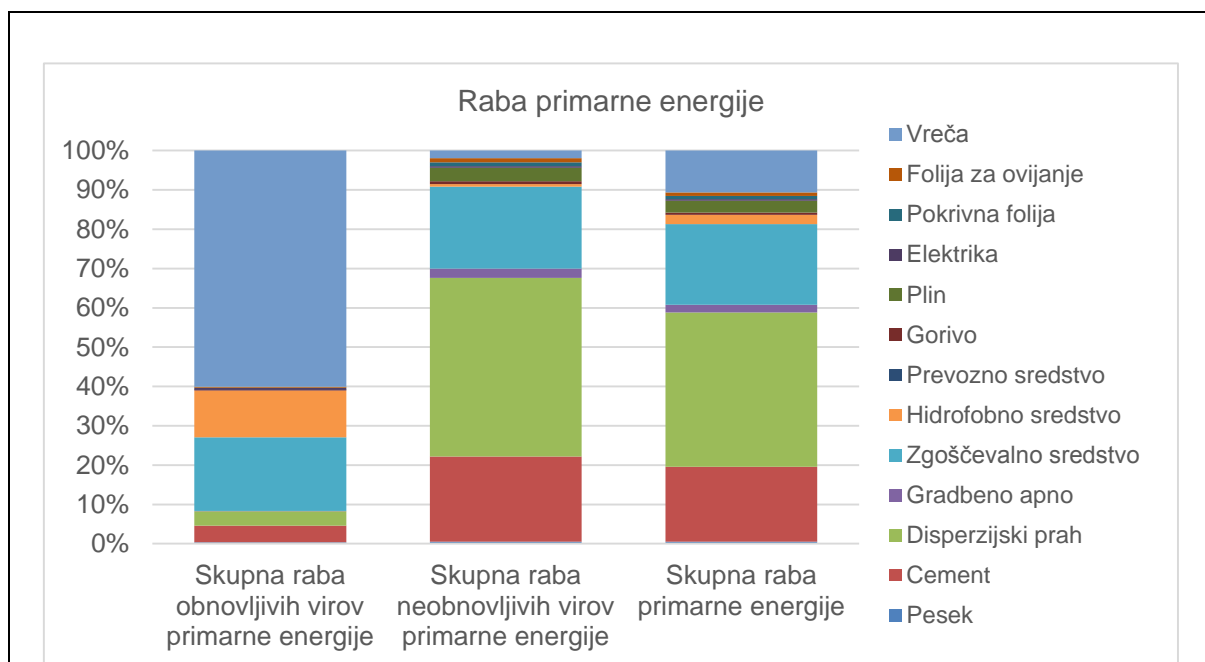
Preglednica 15 in Grafikon 2 prikazujeta rabo primarne energije iz obnovljivih in neobnovljivih virov ter skupno rabo primarne energije za pripravo 1 kg lepilne malte.

Preglednica 15: Raba primarne energije – komponente lepilne malte

	<b>PERT</b>	<b>PENRT</b>	<b>PERT + PENRT</b>
	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Pesek	3,07E-03	2,42E-02	2,73E-02
Cement	3,31E-02	9,68E-01	1,00E+00
Disperzijski prah	2,83E-02	2,04E+00	2,06E+00
Gradbeno apno	1,16E-03	1,05E-01	1,06E-01
Zgoščevalno sredstvo	1,47E-01	9,32E-01	1,08E+00
Hidrofobno sredstvo	9,30E-02	3,06E-02	1,24E-01
Prevozno sredstvo	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gorivo	1,18E-03	3,00E-02	3,12E-02
Plin	5,53E-05	1,55E-01	1,55E-01
Elektrika	3,74E-03	1,82E-02	2,19E-02
Pokrivna folija	1,03E-03	4,26E-02	4,37E-02
Folija za ovijanje	2,01E-03	4,70E-02	4,91E-02
Vreča	4,70E-01	8,81E-02	5,58E-01

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 1



Grafikon 2: Raba primarne energije – lepilna malta

Iz Grafikona 2 lahko vidimo, da se kar 83,67% celotne rabe primarne energije porabi za pripravo surovin. Največ primarne energije se porabi za pripravo dodatkov iz disperzijskega prahu 39,24% in zgoščevalnega sredstva 20,50%. Nadalje se 19,03% skupne rabe primarne energije porabi za vezivo iz cementa in 2,02% za pripravo gradbenega apna. Za pripravo peska, ki v mešanici predstavlja skoraj 70,00%, se porabi le 0,52% celotne rabe primarne energije. Priprava hidrofobnega sredstva prispeva 2,35% skupne rabe primarne energije. Priprava surovin za embaliranje predstavlja 12,38% rabe primarne energije, od česar se 10,62% porabi za pripravo papirnatih vreč, za pripravo folije za ovijanje 0,93% in za pripravo pokrivne folije 0,83%. Energija potrebna za proizvodnjo maltne mešanice predstavlja 3,87% skupne rabe primarne energije, transport surovin do proizvodnega obrata pa 0,59%.

### Skupna raba obnovljivih virov primarne energije PERT

LCA analiza pokaže, da predstavlja priprava vreče 60,03% celotne rabe primarne energije iz obnovljivih virov. Zgoščevalno sredstvo predstavlja 18,70% PERT, hidrofobno sredstvo pa 11,87%. Cement in disperzijski prah, ki pri porabi PENRT predstavljata več kot dve tretjini porabe, pri PERT predstavljata le 4,22% oz. 3,61%.

se nadaljuje ...

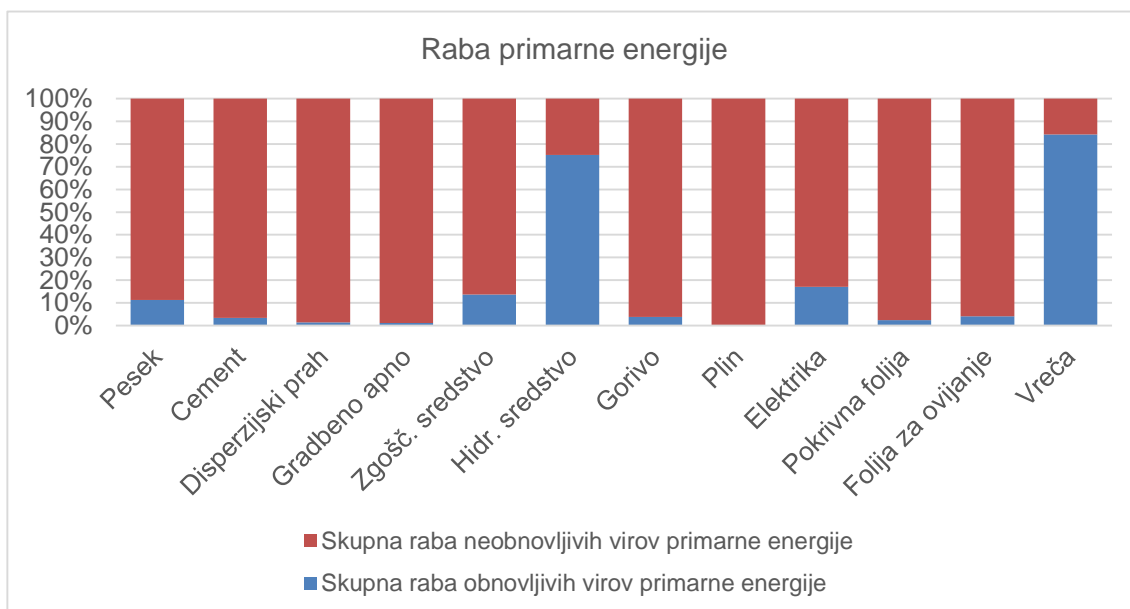
... nadaljevanje Okna 1

### Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije PENRT

Pri rabi primarne energije iz neobnovljivih virov PENRT se pokaže, da predstavlja priprava surovin več kot 90% celotne porabe. 3,97% PENRT predstavlja priprava surovin za embalaranje, transport surovin do proizvodnega obrata 0,67% in proizvodni proces 3,87%. Največji delež PENRT predstavlja disperzijski prah 45,47%, sledita cement in zgoščevalno sredstvo z 21,63% oz. 20,82%. Pesek, ki predstavlja skoraj 70% celotne mešanice porabi le 0,54% PENRT.

### Raba obnovljivih in neobnovljivih virov surovin

Grafikon 3 predstavlja rabo primarne energije komponent lepilne malte.



Grafikon 3: Raba primarne energije komponent lepilne malte

Iz primerjave razmerja med PERT in PENRT (Grafikon 3) vidimo, da se za pripravo disperzijskega prahu in gradbenega apna porabi kar 99% neobnovljivih virov primarne energije ter 97% neobnovljivih virov primarne energije za pripravo cementa. Za pripravo peska in zgoščevalnega sredstva se porabi več kot 10% obnovljivih virov primarne energije, medtem ko se za pripravo hidrofobnega sredstva porabi 75%, za pripravo vreč pa kar 84% energije iz obnovljivih virov primarne energije. Za gorivo pri transportu surovin do proizvodnega obrata smo uporabili diesel, za pripravo katerega se uporabi 96% neobnovljivih virov primarne energije. Pri pripravi elektrike se porabi kar 83% neobnovljivih virov v primerjavi z obnovljivimi, za pripravo plina pa skoraj 100%. Za pripravo podložne folije in folije za ovijanje se prav tako porabi več kot 95% neobnovljivih virov.

### 4.3.2 Zaključni omet

V tem poglavju je predstavljen izračun LCA za zaključni omet (Okno 2). Uporabljeni podatki za izračun so bili pridobljeni s strani proizvajalca zaključnega ometa. Rezultati so predstavljeni skladno s PCR: PCR »Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Beschichtungen mit organischen Bindemitteln« [48].

Okno 2: LCA rezultat zaključnega ometa v obliki EPD

1. PROIZVOD		
<b>1.1 Opis proizvoda</b>		
Pripravljeni pastozni tankoslojni zaključni omet iz silikonske smole, organskih veziv, mineralnih polnil, pigmentov, vlaken, dodatkov in vode. Strjevanje poteka s fizikalnim sušenjem in tvorjenjem filma polimernega veziva in silikonskih smol. Zaključni omet za zunanje površin izvedemo v žlebičasti ali praskani strukturi.		
<b>1.2 Uporaba</b>		
Zaključni omet je univerzalno uporaben tako za fasadne sisteme, kot tudi na mineralnih starih in novih ometih, izravnalnih masah, betonu in sanacijskih ometih.		
<b>1.3 Tehnični podatki</b>		
V Preglednici 16 so navedeni tehnični podatki zaključnega ometa.		
Preglednica 16: Tehnični podatki zaključni omet		
<b>Oznaka</b>	<b>Vrednost</b>	<b>Enota</b>
Gostota	1,8	g/cm <sup>2</sup>
pH-vrednost	7 – 9	
Vrednost s <sub>d</sub>	0,08 – 0,12	m
Difuzijska upornost prehodu vodne pare	40 – 60	
Vpojnost w	< 0,1	kg/(m <sup>2</sup> .h <sup>1/2</sup> )
<b>1.4 Dajanje proizvoda na trg/Pravila za uporabo</b>		
Za dajanje proizvoda na trg velja Uredba o gradbenih proizvodih (EU) Št. 305/2011, proizvod mora biti opremljen z Izjavo o lastnostih skladno s SIST EN 15824:2009 [52] ter CE-oznako. Pravila za uporabo so skladna s predpisi.		

se nadaljuje ...



... nadaljevanje Okna 2

### 1.5 Stanje dobave

Pripravljeni zaključni omet se pakira v vedra po 25 kg in dostavi na gradbišče.

### 1.6 Osnovne surovine in dodatki

V Preglednici 17 so navedene surovine in njihovi deleži v zaključnem ometu.

Preglednica 17: Surovine – zaključni omet

Surovine	Masni-%
Mineralna polnila	≤ 70
Polimerna disperzija	≤ 13
Voda	≤ 10
Hidrofobno sredstvo	≤ 3
Pigmenti	≤ 2
Biocidno sredstvo	< 1
Vlakna	≤ 1
Dodatki	≤ 0,5
Stabilizatorji	≤ 0,3
Zgoščevalno sredstvo	≤ 0,3

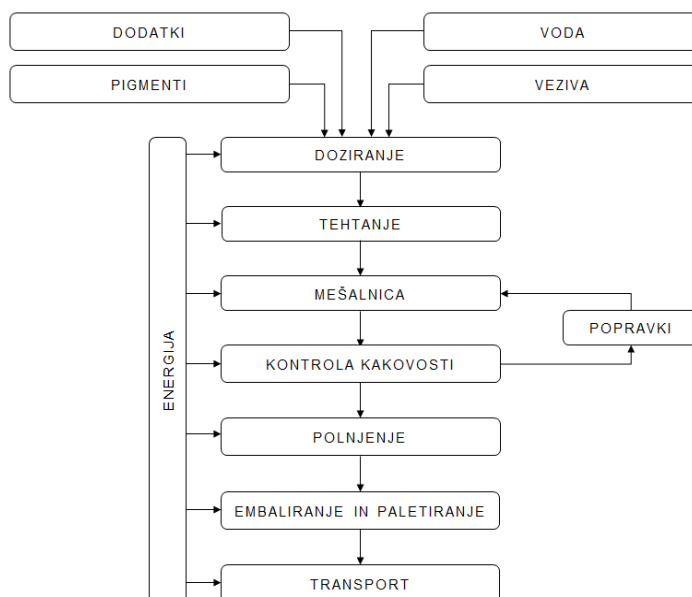
Razmerje med surovinami je dostopno pri avtorju.

### 1.7 Proizvodnja

Surovine so skladiščene v silosih, papirnatih vrečah, velikih polipropilenskih vrečah (ang. *Bigbag*) in plastičnih sodih. Iz silosa se pigmenti, veziva, dodatki in voda skladno z recepturo za zaključni omet, preko dozirne naprave in tehtnice dozirajo v mešalnico. Iz mešalnice se pripravljena mešanica transportira do naprave za polnjenje, od tam pa do naprave za embaliranje in paletiranje. Pripravljen proizvod se, napolnjen v vedra, naložen na paleto in ovit v folijo, transportira na skladiščno mesto (Slika 18).

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2



Slika 18: Proizvodni proces zaključnega ometa

### 1.8 Okolje in zdravje med proizvodnjo

Uporabljeni so izključno biocidi skupine iz Isothianolinon in Dimethyl sečnin, ki ustrezajo zahtevam Direktive o biocidnih proizvodih 98/8/ES [53] in Uredbi o biocidnih sredstvih [54]. V kemični industriji je med proizvodnjo potrebno uporabljati zaščitna očala, zaščitne rokavice in po potrebi zaščitna očala. Ker doziranje poteka avtomatično, zaposleni praktično nimajo stika s surovinami.

### 1.9 Vgrajevanje

Proizvod v vedru temeljito premešamo z mešalnikom. Omet se nanese na površino z nerjavečo kovinsko gladilko ali strojem za brizganje. Po nanosu omet postrgamo na debelino zrna in obdelamo s plastično gladilko. Oči, kožo in okolico obdelovalnih površin je potrebno pred in med uporabo zaščititi. Potrebno je tudi preprečiti izpust v kanalizacijo, površinsko vodo in podtalnico. Po uporabi naprave in orodje očistimo z vodo.

### 1.10 Pakiranje

Plastična vedra so naložena na leseni paleti. Lesena paleta in na njej naložena vedra so ovite s folijo za ovijanje iz umetnih snovi. Lesene palete se lahko ponovno uporabi. Ostale materiale za embaliranje se lahko reciklira.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2

### 1.11 Ostale informacije

Več informacij o proizvodu se nahaja na Izjavi o lastnostih, tehničnem in varnostnem listu.

## 2. LCA: Pravila za izračun

### 2.1 Deklarirana enota

Deklarirana enota je 1 kg pripravljenega zaključnega ometa. Podatki o deklarirani enoti so navedeni v Preglednici 18.

Preglednica 18: Deklarirana enota zaključnega ometa

Oznaka	Vrednost	Enota
Deklarirana enota	1	kg
Konverzijski faktor na 1 kg	1	/
Gostota	1800	kg/m <sup>3</sup>

### 2.2 Meje sistema

Meje sistema so določene po modularnem principu skladno s standardom SIST EN 15804:2012. Analiza življenjskega cikla proizvoda obravnava Fazo izdelave (A1 – A3): pridobivanje surovin in transport do proizvodnje, proizvodnja materiala, energija za proizvodnjo, transport znotraj proizvodnega obrata.

### 2.3 Ocene in predpostavke

/

### 2.4 Kriteriji za izključitev podatkov (cut-off rules)

Poraba energije za transport znotraj proizvodnje v izračunu ni upoštevana. Zaradi pomanjkanja podatkov v podatkovni bazi nista upoštevana dodatka za dispergiranje in dodatek proti penjenju. Poraba energije oz. dodatkov znaša manj kot 5% porabljene energije oz. mase Modula A, kar je skladno z zahtevami standarda SIST EN 15804:2012 glede deleža manjkajočih podatkov.

### 2.5 Baza podatkov

Zbiranje podatkov skladno s SIST EN ISO 14044:2006 (Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice). Za izračun so bile uporabljene podatkovne baze

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2

Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2.

## 2.6 Kakovost podatkov

Uporabljeni podatki ustrezajo zahtevam standarda SIST EN 15804. Podatki proizvajalca niso starejši od 5 let, generični podatki niso starejši od 10 let, generični podatki ustrezajo dejanskim podatkom surovin/materialov in energentov, upoštevana je celovitost podatkov v podatkovnih bazah.

## 2.7 Časovno obdobje

Časovno obdobje v katerem so bili zbrani podatki, je leto 2014.

## 2.8 Alokacija

Pri proizvodnji niso bile uporabljene alokacije.

## 2.9 Primerljivost

/

## 3. LCA: Rezultati

MEJE SISTEMA																
FAZA IZDELAVE			FAZA VGRADNJE		FAZA UPORABE							FAZA PO IZTEKU ŽIVLJENJSKE DOBE				FAZA VPLIVA NA OKOLJE PREKO MEJE SISTEMA
PRIDOBIVANJE SUROVIN	TRANSPORT	PROIZVODNJA	TRANSPORT	VGRADNJA	RABA	VZDRŽEVANJE	POPRAVILA	ZAMENJAVA	OBNOVA	RABE ENERGIJE MED OBRA TOVANJEM	RABA VODE MED OBRA TOVANJEM	DEMONTAŽA	TRANSPORT	PROCESIRANJE ODPANE VODE	ODLAGANJE ODPADKOV	PONOVA UPORABA OBNOVA, RECIKLAŽA
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Slika 19: Meje sistema – zaključni omet

Obravnavane meje sistema so označene z oznako »X« na Sliki 19. V Preglednici 19 in Preglednici 20 so predstavljeni rezultati kazalcev okoljskih vplivov in rabe primarne energije za zaključni omet.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2

Preglednica 19: Kazalci okoljskih vplivov – zaključni omet

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Potencial globalnega segrevanja [GWP]	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	2,75E-01
Potencial tanjšanja ozonske plasti [ODP]	[kg CFC11-eq]	2,13E-08
Potencial zakisovanja okolja [AP]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	1,42E-03
Evtrofikacijski potencial [EP]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	4,35E-04
Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov [POCP]	[kg Ethene-eq]	2,22E-04
Izraba abiotskih naravnih surovin [ADPE]	[kg Sb-eq]	2,47E-06
Izraba abiotskih virov fosilnih surovin [ADPF]	[MJ]	5,94E+00

Preglednica 20: Raba primarne energije – zaključni omet

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Skupna raba obnovljivih virov primarne energije [PERT]	[MJ]	3,51E-01
Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije [PENRT]	[MJ]	6,64E+00

#### 4. LCA: Interpretacija

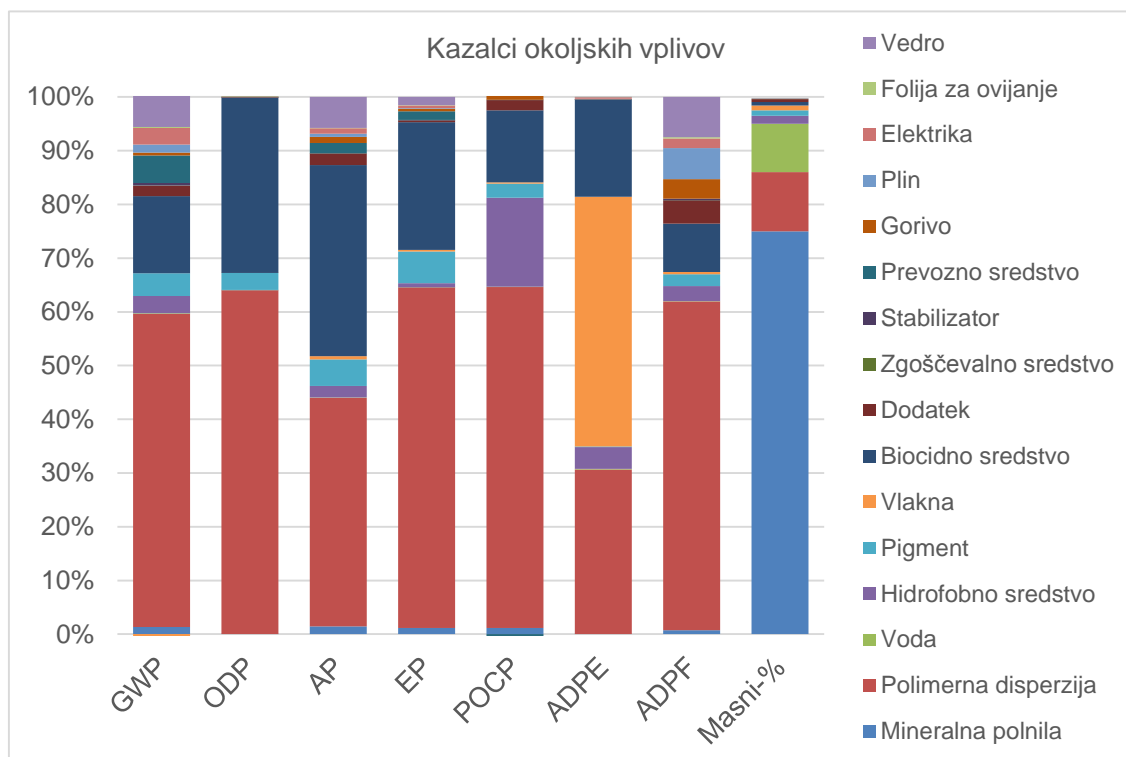
##### Kazalci okoljskih vplivov

Preglednica 21: Kazalci okoljskih vplivov – komponente zaključnega ometa

	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADPF
	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	[kg CFC11-eq]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	[kg Ethene-eq]	[kg Sb-eq]	[MJ]
Mineralna polnila	3,72E-03	9,78E-13	2,03E-05	4,94E-06	2,54E-06	4,08E-10	4,30E-02
Polimerna disperzija	1,60E-01	1,36E-08	6,04E-04	2,76E-04	1,41E-04	7,55E-07	3,64E+00
Voda	3,80E-04	1,83E-13	1,06E-06	1,67E-07	9,01E-08	3,56E-09	4,87E-03
Hidrofobno sredstvo	8,93E-03	1,54E-11	3,06E-05	3,26E-06	3,67E-05	1,00E-07	1,66E-01
Pigment	1,15E-02	6,70E-10	7,02E-05	2,58E-05	5,77E-06	2,66E-09	1,33E-01
Vlakna	-4,66E-03	4,80E-13	8,60E-06	1,28E-06	6,33E-07	1,15E-06	2,33E-02
Biocidno sredstvo	3,96E-02	6,95E-09	5,05E-04	1,04E-04	2,97E-05	4,47E-07	5,36E-01
Dodatek	5,18E-03	4,88E-13	3,04E-05	1,40E-06	4,17E-06	5,83E-10	2,58E-01
Zgoščevalno sredstvo	1,35E-04	4,97E-15	1,55E-07	1,64E-08	1,09E-08	2,23E-12	4,95E-04
Stabilizator	1,28E-03	8,77E-14	9,53E-07	4,38E-07	1,26E-07	1,19E-10	1,80E-02
Prevozno sredstvo	1,42E-02	0,00E+00	2,69E-05	7,07E-06	-1,34E-05	0,00E+00	0,00E+00
Gorivo	1,44E-03	2,73E-13	1,58E-05	1,88E-06	1,93E-06	5,84E-10	2,16E-01
Plin	4,11E-03	1,12E-13	8,99E-06	6,65E-07	2,86E-06	1,63E-09	3,42E-01
Elektrika	8,56E-03	4,93E-12	1,38E-05	2,10E-06	1,50E-06	8,46E-09	1,07E-01
Folija za ovijanje	4,78E-04	1,11E-13	9,83E-07	8,13E-08	1,20E-07	1,24E-10	1,55E-02
Vedro	2,00E-02	0,00E+00	8,18E-05	6,74E-06	8,10E-06	3,13E-10	4,44E-01

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2



Grafikon 4: Kazalci okoljskih vplivov – zaključni omet

V Preglednici 21 so navedene vrednosti kazalcev okoljskih vplivov za sestavine zaključnega ometa. Grafikon 4 prikazuje deleže posameznih sestavin in procesov za kazalce okoljskih vplivov iz Preglednice 19, v zadnjem stolpcu pa je prikazano masno razmerje med surovinami. Pri interpretaciji bomo kazalce okoljskih vplivov razdelili na surovine, transport, proizvodno energijo ter surovine za embaliranje. Pridobivanje surovin (Modul A1) predstavlja več kot 80% celotnega prispevka pri vseh kazalcih okoljskih vplivov zaključnega ometa. Od surovin ima najmanjši okoljski vpliv voda, največjega pa polimerna disperzija. Pri izrabi abiotskih naravnih surovin imajo največji vpliv vlakna.

### Potencial globalnega segrevanja GWP

Iz rezultatov vidimo, da predstavlja priprava surovin največji delež GWP 82,27%. Največji vpliv na GWP ima polimerna disperzija 58,25%, sledi biocidno sredstvo s 14,39%. Mineralno polnilo, ki ima največji delež v mešanici, predstavlja le 1,35% GWP. Transport surovin do proizvodnega obrata predstavlja 5,67%, energija potrebna za proizvodnjo gotovega proizvoda pa 4,60% deleža GWP. Priprava surovin za embaliranje (folija za ovijanje in vedro) predstavlja 7,45% GWP.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2

#### **Potencial tanjšanja ozonske plasti ODP**

Priprava surovin pri ODP predstavlja 99%. Skoraj celoten prispevek k ODP predstavljata polimerna disperzija z 64,04% in biocidno sredstvo z 32,70%.

#### **Potencial zakisovanja okolja AP**

K AP največ prispevajo polimerna disperzija 42,55% biocidno sredstvo 35,56% in pigmenti 4,95%. Energija, potrebna za proizvodni proces, predstavlja 1,61% AP, embalirni material 5,83%. Transport surovin do proizvodnega obrata predstavlja 3,01% AP.

#### **Evtrofikacijski potencial EP**

Največji delež potenciala evtrofikacije predstavljata polimerna disperzija (63,41%) in biocidno sredstvo (23,77%). Transport surovin do proizvodnega obrata prispeva 2,06%, surovine za embaliranje pa 1,57%. Energija za proizvodnjo predstavlja le 0,64% EP.

#### **Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP**

Največji delež k potencialu nastajanje fotokemičnega ozona ima polimerna disperzija (63,48%), sledita hidrofobno sredstvo (16,58%) in biocidno sredstvo (13,40%). Transport zaradi prisotnosti NO predstavlja negativen delež POCP -5,17%, energija potrebna za proizvodni proces predstavlja 1,97%, surovine za embaliranje pa 3,71% POCP.

#### **Izraba abiotskih naravnih surovin ADPE**

Pri ADPE imajo največji vpliv vlakna 46,47%, sledita jim polimerna disperzija s 30,61% in biocidno sredstvo z 18,12%. Transport, surovine za embaliranje in energija, potrebna za proizvodni proces imajo neznaten vpliv.

#### **Izraba abiotskih virov fosilnih surovin ADPF**

Pri tem okoljskem vplivu ima priprava surovin najmanjši vpliv glede na ostale okoljske kazalnike (81,09%). K potencialu izrabe naravnih virov fosilnih goriv največ prispeva polimerna disperzija (61,19%), sledita ji biocidno sredstvo z 9,02% in vedro z 7,46%. Energija za proizvodnjo predstavlja 7,56%, transport pa 3,63%.

#### **Skupna raba primarne energije**

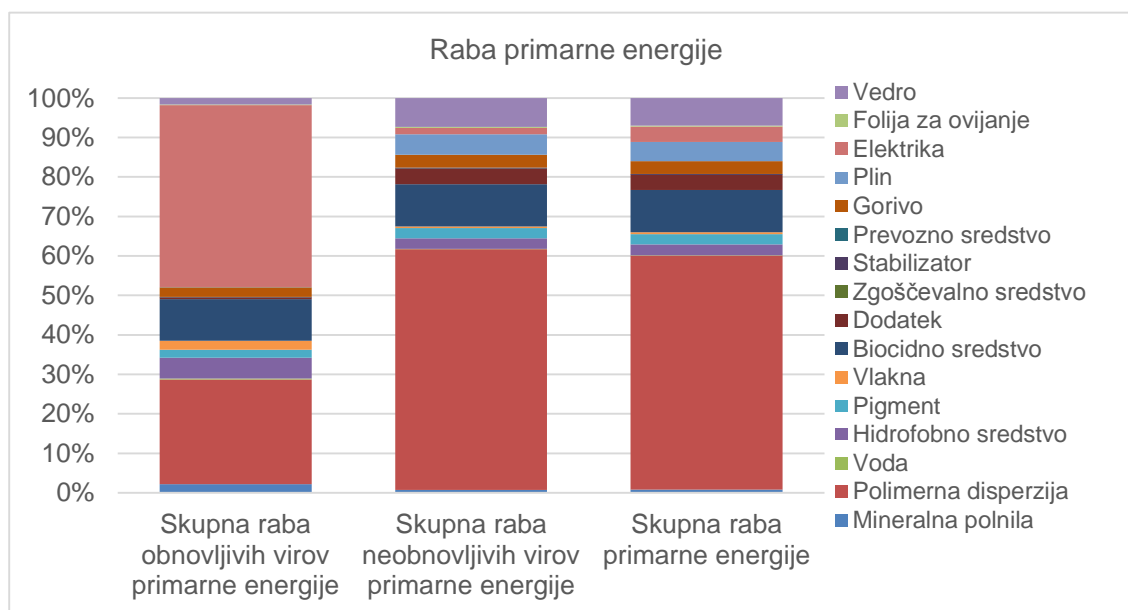
Preglednica 22 in Grafikon 5 prikazujeta rabo primarne energije iz obnovljivih in neobnovljivih virov ter skupno rabo primarne energije za 1 kg zaključnega ometa.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2

Preglednica 22: Raba primarne energije – komponente zaključnega ometa

	PERT	PENRT	PERT + PENRT
	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Mineralna polnila	7,64E-03	4,96E-02	5,72E-02
Polimerna disperzija	9,31E-02	4,05E+00	4,14E+00
Voda	7,20E-04	6,07E-03	6,79E-03
Hidrofobno sredstvo	1,86E-02	1,77E-01	1,96E-01
Pigment	7,23E-03	1,72E-01	1,79E-01
Vlakna	7,78E-03	2,65E-02	3,43E-02
Biocidno sredstvo	3,71E-02	7,12E-01	7,49E-01
Dodatek	1,51E-03	2,61E-01	2,62E-01
Zgoščevalno sredstvo	2,44E-05	5,29E-04	5,54E-04
Stabilizator	4,08E-04	1,85E-02	1,90E-02
Prevozno sredstvo	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gorivo	8,48E-03	2,16E-01	2,25E-01
Plin	4,83E-04	3,42E-01	3,43E-01
Elektrika	1,62E-01	1,08E-01	2,69E-01
Folija za ovijanje	5,28E-04	1,63E-02	1,68E-02
Vedro	5,72E-03	4,85E-01	4,91E-01



Grafikon 5: Raba primarne energije – zaključni omet

Iz Grafikona 5 vidimo, da se kar 80% celotne rabe primarne energije porabi za pripravo surovin. Največ primarne energije se porabi za pripravo polimerne disperzije 59,23% in biocidnega sredstva 10,72%. Za pripravo mineralnih polnil, ki v mešanici predstavljajo skoraj 75,00%, se porabi le 0,82% celotne rabe primarne energije. Priprava hidrofobnega sredstva

se nadaljuje ...



... nadaljevanje Okna 2

prispeva 2,80% skupne rabe primarne energije. Priprava surovin za embaliranje predstavlja 8,12% rabe primarne energije, od česar se 7,02% porabi za pripravo veder, za pripravo folije za ovijanje 0,24%. Energija potrebna za proizvodnjo zaključnega ometa predstavlja 8,76% skupne rabe primarne energije, transport surovin do proizvodnega obrata pa 3,22%.

#### **Skupna raba obnovljivih virov primarne energije PERT**

Pri rabi primarne energije iz obnovljivih virov PERT LCA analiza pokaže, da predstavlja največji delež rabe priprava surovin 49,62%, medtem ko energija za proizvodni proces porabi 46,19% celotne rabe obnovljivih virov primarne energije. Največji delež rabe obnovljivih virov energije ima elektrika potrebna za proizvodni proces. Za pripravo surovin največ energije iz obnovljivih virov primarne energije potrebuje polimerna disperzija 26,54%. Več kot 10% porabi še biocidno sredstvo, ostale surovine in procesi predstavljajo manj kot 5% rabe obnovljivih virov primarne energije.

#### **Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije PENRT**

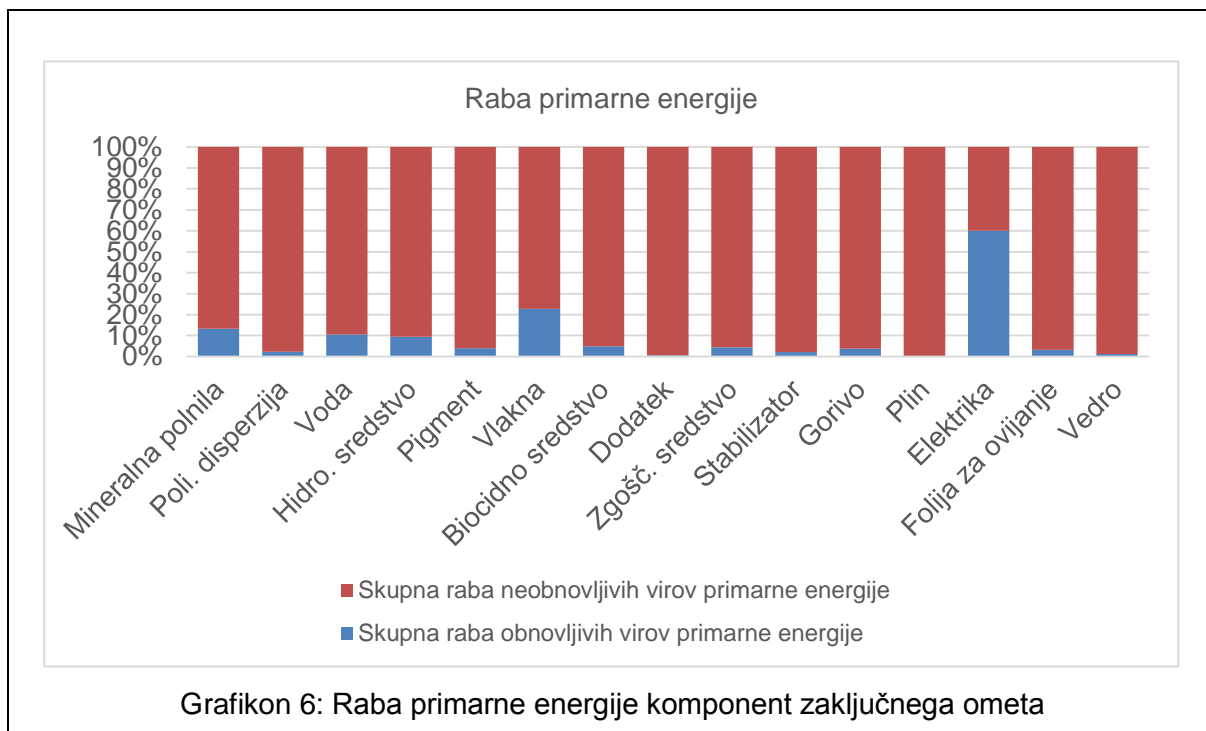
Pri rabi primarne energije iz neobnovljivih virov PENRT se pokaže, da predstavlja priprava surovin več kot 82% celotne porabe. Priprava surovin za embaliranje predstavlja 7,55% PENRT, transport surovin do proizvodnega obrata 3,26% in energija za proizvodni proces 6,78%. Največji delež PENRT predstavlja polimerna disperzija s 60,96%, sledi biocidno sredstvo 10,73%. Mineralna polnila, ki predstavljajo skoraj 70% celotne mešanice, porabijo le 0,75% PENRT.

#### **Raba obnovljivih in neobnovljivih virov surovin**

Grafikon 6 predstavlja rabo primarne energije komponent zaključnega ometa. Iz grafikona vidimo, da se za pripravo surovin v vseh primerih, razen pri elektriki in vlaknih, porabi več kot 90% neobnovljivih virov primarne energije. Pri pripravi elektrike se porabi kar 60% obnovljivih in 40% neobnovljivih virov energije, za pripravo plina pa skoraj 100% neobnovljivih virov. Za pripravo vlaken se porabi 77% neobnovljivih in 23% obnovljivih virov primarne energije.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 2



#### 4.3.3 Fasadni sistem

V tem poglavju je predstavljen izračun LCA za fasadni sistem (Okno 3). Pri izračunu so bili uporabljeni predhodno izračunani podatki za lepilno (armirno) malto ter za zaključni omet. Za fasadno ploščo, sidra, armirno mrežico ter osnovni premaz so bili uporabljeni generični podatki iz podatkovne baze Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2. Rezultati so predstavljeni skladno s PCR: PCR »Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Wärmedämmverbundsysteme« [49].

Okno 3: LCA rezultat fasadnega sistema v obliki EPD

1. PROIZVOD
<p><b>1.1 Opis proizvoda</b></p> <p>Zunanji toplotnoizolacijski sistem z ometom za toplotno izolacijo stavb, sestavljen iz toplotnoizolacijske plošče (fasadne plošče), ki je s cementnim lepilom prilepljena in pritrdilnimi sidri dodatno pritrjena na zunanji zid. Na fasadno ploščo je nanesen osnovni omet, sestavljen iz izravnalnega in armirnega sloja. Izravnalni sloj se izvede s cementnim lepilom, armirni sloj pa z vtiskanjem armirne mrežice v cementno lepilo. Na osnovni omet se</p>

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

za boljši oprijem in izravnavo vpojnosti nanese osnovni premaz, nanj pa zaključni omet.

## 1.2 Uporaba

Fasadni sistemi služijo za znižanje stroškov ogrevanja oz. ohlajevanja, posredno se zmanjšajo tudi emisije CO<sub>2</sub>, izboljša se bivalno udobje, prenovi se videz stavbe.

## 1.3 Tehnični podatki

V Preglednici 23 so navedeni tehnični podatki za fasadni sistem s fasadno ploščo EPS-F.

Preglednica 23: Tehnični podatki in bistvene značilnosti skladno z ETAG 004 [55]

Oznaka	Vrednost	Enota
Vpojnost	< 0,5	kg/m <sup>2</sup>
Obnašanje v hidrotermalnih pogojih	Obstojen	/
Odpornost na zmrzovanje/taljenje	Obstojen	/
Odpornost proti udarcem	Kategorija II (s standardno mrežico) Kategorija I (s standardno dvojno mrežico)	/
Održna trdnost: lepilo – izolacijska plošča	≥ 0,3 MPa izhodiščno stanje ali porušitev v izolaciji ≥ 0,08 MPa 48 h potopljeno + 2 h 23°C/50% RV ali porušitev v izolaciji ≥ 0,3 MPa 48 h potopljeno + 7 dni 23°C/50% RV ali porušitev v izolaciji	MPa
Održna trdnost: lepilo – podlaga	≥ 0,25 MPa izhodiščno stanje ≥ 0,08 MPa 48 h potopljeno + 2 h 23°C/50% RV ≥ 0,25 MPa 48 h potopljeno + 7 dni 23°C/50% RV	MPa
Održna trdnost po staranju	≥ 0,08 MPa ali porušitev v izolaciji	kPa
Odpornost proti vetru	Izven fuge: min. 500 N V fugi: min. 350 N Vlažno: min. 20 N	/
Toplotna upornost	R ≥ 1 m <sup>2</sup> K/W	m <sup>2</sup> K/W

## 1.4 Dajanje proizvoda na trg/Pravila za uporabo

Za dajanje proizvoda na trg velja Direktiva o gradbenih proizvodih (EU) Št. 305/2011. Proizvod mora biti opremljen z Izjavo o lastnostih skladno s SIST EN 15824:2009 ter CE-oznako. Pravila za uporabo so skladna s predpisi. Kontrola kakovosti in stalen nadzor proizvodnje izvaja neodvisni zunanji organ.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

### 1.5 Stanje dobave

Komponente fasadnega sistema so pakirane ločeno ena od druge:

- Lepilna malta – 25 kg vreče
- Fasadna plošča – paket ovit v folijo (1 paket vsebuje za 1,5 m<sup>2</sup> toplotne izolacije)
- Pritrdilna sidra – paket po 100 kosov
- Armirna malta – 25 kg vreče
- Armirna mrežica – rola (1 rola vsebuje za 50 m<sup>2</sup> površine)
- Osnovni premaz – 25 kg vedro
- Zaključni omet – 25 kg vedro

### 1.6 Osnovne surovine in dodatki

V Preglednici 24 so navedene komponente fasadnega sistema.

Preglednica 24: Komponente fasadnega sistema

Komponenta
Lepilna malta
Fasadna plošča EPS-F ( $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ )
Pritrdilno sidro
Lepilna malta
Armirna mrežica
Osnovni premaz
Zaključni omet

### 1.7 Proizvodnja

Fasadni sistem se na gradbišče dostavi po posameznih komponentah. Vgrajevanje in montaža se odvijata na gradbišču.

### 1.8 Okolje in zdravje med proizvodnjo

Med vgrajevanjem je potrebno zadostiti varnostnim pogojem pri delu. Ostanke posameznih komponent se lahko uporabi na drugih gradbiščih ali za druge namene. Strjeno in posušeno lepilno malto, osnovni premaz ter zaključni omet je potrebno odstraniti kot gradbiščni odpadek.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

### **1.9 Vgrajevanje**

Praškasto lepilo stresemo v čisto vodo in mešamo, da dobimo gladko maso. Lepilno malto nanesimo linijsko po robovih in točkovno v sredini plošče. Po strditvi lepilne malte fasadne plošče zbrusimo in očistimo. Po približno 24 urah po lepljenju fasadnih plošč izvedemo sidranje. Za izvedbo armirnega ometa uporabimo zobato kovinsko gladilko, pri čemer v svežo lepilno malto vtisnemo armirno mrežico, ki mora biti vsaj 1 mm prekrita z lepilno malto. Po ustreznem času sušenja nanesimo osnovni premaz, ki ga pred nanosom premešamo z mešalnikom. Izvede se enakomerno po celotni površini z valjčkom ali čopičem in po min. 24 urah sušenja lahko nanesimo zaključni omet. Zaključni omet v vedru se premeša z mešalnikom in nanese na površino z nerjavečo kovinsko gladilko ali strojem za brizganje. Po nanosu omet postrgamo na debelino zrna in obdelamo s plastično gladilko. Oči, kožo in okolico obdelovalnih površin je pred uporabo potrebno zaščititi. Potrebno je tudi preprečiti izpust v kanalizacijo, površinsko vodo in podtalnico. Po uporabi naprave in orodje očistimo z vodo.

### **1.10 Pakiranje**

Lepilna malta je pakirana v papirnate vreče s plastificiranim vložkom. Vreče so naložene na lesene palete. Med spodnjo vrsto vreč in leseno paleto je pokrivna folija iz umetnih snovi. Lesena paleta z naloženimi vrečami je ovita s folijo za ovijanje iz umetnih snovi. Osnovni premaz in zaključni omet sta pakirana v plastičnih vedrih, ki so naložene na lesene palete. Lesena paleta in na njej naložena vedra so ovite s folijo za ovijanje iz umetnih snovi. Toplotna izolacija in armirna mrežica sta pakirani in oviti v folijo iz umetne snovi, pritrdilna sidra pa so pakirana v kartonasto škatlo. Lesene palete se lahko večkrat uporabi. Ostale materiale za embaliranje se lahko reciklira.

### **1.11 Ostale informacije**

Več informacij o proizvodu se nahaja na Izjavi o lastnostih, tehničnem in varnostnem listu.

## **2. LCA: Pravila za izračun**

### **2.1 Deklarirana enota**

Deklarirana enota je 1 m<sup>2</sup> fasadnega sistema. Preračun na deklarirano enoto je izveden s pomočjo porabe komponent sistema (Preglednica 25).

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

Preglednica 25: Deklarirana enota – fasadni sistem

Oznaka	Vrednost	Enota
Konverzijski faktor na 1 kg	0,0235	/
Toplotna prehodnost (U) celotnega sistema	0,267	W/(m <sup>2</sup> K)
Deklarirana enota	1	m <sup>2</sup>
Površinska masa	14,02	kg/m <sup>2</sup>
Debelina (vključno z lepilno malto in ometom)	0,165	m
Lepilna malta	4,5	kg/m <sup>2</sup>
Toplotna izolacija	2,7	kg/m <sup>2</sup>
Pritrdilno sidra	6	kosov/m <sup>2</sup>
Lepilna malta	4	kg/m <sup>2</sup>
Armirna mrežica	1,1	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Osnovni premaz	0,2	kg/m <sup>2</sup>
Zaključni omet	2,4	kg/m <sup>2</sup>
Gostota osnovnega premaza	1,65	g/cm <sup>3</sup>
Gostota zaključnega ometa	1,8	g/cm <sup>3</sup>

## 2.2 Meje sistema

Meje sistema so določene po modularnem principu skladno s standardom SIST EN 15804:2012. Analiza življenjskega cikla proizvoda obravnava Fazo izdelave (A1 – A3): pridobivanje surovin in transport do proizvodnje, proizvodnja materiala, energija za proizvodnjo, transport znotraj proizvodnega obrata.

## 2.3 Ocene in predpostavke

Lastnosti tega sistema so navedene komponente in porabe. Pri transportu se upoštevajo razdalje do mesta proizvodnega procesa in ne do gradbišča.

## 2.4 Kriteriji za izključitev podatkov (cut-off rules)

Skladno s standardom SIST EN 15804:2012 lahko delež manjkajočih podatkov znaša: < 1% porabljene primarne energije, < 1% vhodnih podatkov posameznega proizvodnega procesa, < 5% porabljene energije in mase Modula A. Pakirni material za toplotno izolacijo, armirno mrežico in pritrdilna sidra ter transport znotraj proizvodnega obrata v izračunu niso upoštevani. Vsota zanemarjenih procesov je pričakovano skladna z zahtevami standarda.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

## 2.5 Baza podatkov

Zbiranje podatkov skladno s SIST EN ISO 14044:2006 (Ravnanje z okoljem - Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice). Za izračun so bile uporabljene podatkovne baze Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2.

## 2.6 Kakovost podatkov

Uporabljeni podatki ustrezajo zahtevam standarda SIST EN 15804. Podatki proizvajalca niso starejši od 5 let, generični podatki niso starejši od 10 let, generični podatki ustrezajo dejanskim podatkom surovin/materialov in energentov, upoštevana je celovitost podatkov v podatkovnih bazah.

## 2.7 Časovno obdobje

Časovno obdobje v katerem so bili zbrani podatki, je leto 2014.

## 2.8 Alokacija

Pri proizvodnji niso bile uporabljene alokacije.

## 2.9 Primerljivost

/

## 3. LCA: Rezultati

MEJE SISTEMA																
FAZA IZDELAVE			FAZA VGRADNJE		FAZA UPORABE							FAZA PO IZTEKU ŽIVLJENJSKE DOBE				FAZA VPLIVA NA OKOLJE PREKO MEJE SISTEMA
PRIDOBIVANJE SUROVIN	TRANSPORT	PROIZVODNJA	TRANSPORT	VGRADNJA	RABA	VZDRŽEVANJE	POPRAVILA	ZAMENJAVA	OBNOVA	RABE ENERGIJE MED OBRATOVANJEM	RABA VODE MED OBRATOVANJEM	DEMONTAŽA	TRANSPORT	PROCESIRANJE ODPANE VODE	ODLAGANJE ODPADKOV	PONOVNA UPORABA, OBNOVA, RECIKLAŽA
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Slika 20: Meje sistema – fasadni sistem

Obravnavane meje sistema so označene z oznako »X« na Sliki 20. V Preglednici 26 in Preglednici 27 so predstavljeni rezultati kazalcev okoljskih vplivov in rabe primarne energije za fasadni sistem.

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

Preglednica 26: Kazalci okoljskih vplivov – fasadni sistem

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Potencial globalnega segrevanja [GWP]	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	1,27E+01
Potencial tanjšanja ozonske plasti [ODP]	[kg CFC11-eq]	2,21E-07
Potencial zakisovanja okolja [AP]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	3,72E-07
Evtrofikacijski potencial [EP]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	5,61E-02
Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov [POCP]	[kg Ethene-eq]	5,42E-03
Izraba abiotskih naravnih surovin [ADPE]	[kg Sb-eq]	6,37E-05
Izraba abiotskih virov fosilnih surovin [ADPF]	[MJ]	2,93E+02

Preglednica 27: Raba primarne energije – fasadni sistem

PARAMETER	ENOTA	A1 – A3
Skupna raba obnovljivih virov primarne energije [PERT]	[MJ]	1,09E+01
Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije [PENRT]	[MJ]	3,04E+02

#### 4. LCA: Interpretacija

##### Kazalci okoljskih vplivov

V Preglednici 28 so navedene vrednosti kazalcev okoljskih vplivov za komponente fasadnega sistema.

Preglednica 28: Kazalci okoljskih vplivov – komponente fasadnega sistema

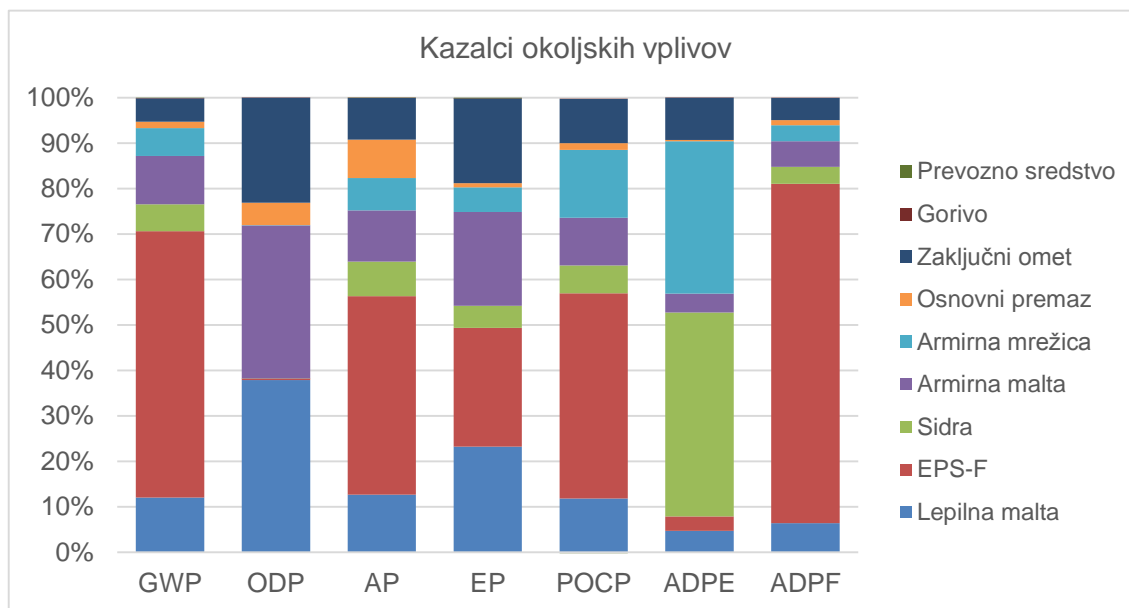
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADPF
	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	[kg CFC11-eq]	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	[kg Ethene-eq]	[kg Sb-eq]	[MJ]
Lepilna malta	1,53E+00	8,36E-08	4,71E-03	1,30E-03	6,45E-04	2,98E-06	1,87E+01
EPS-F	7,45E+00	8,06E-10	1,62E-02	1,46E-03	2,46E-03	2,03E-06	2,19E+02
Sidra	7,50E-01	8,46E-11	2,82E-03	2,75E-04	3,32E-04	2,86E-05	1,10E+01
Armirna malta	1,36E+00	7,43E-08	4,19E-03	1,16E-03	5,74E-04	2,65E-06	1,66E+01
Armirna mrežica	7,75E-01	9,78E-11	2,65E-03	3,04E-04	8,11E-04	2,14E-05	1,03E+01
Osnovni premaz	1,76E-01	1,10E-08	3,13E-03	5,25E-05	8,09E-05	1,75E-07	3,33E+00
Zaključni omet	6,61E-01	5,10E-08	3,41E-03	1,05E-03	5,32E-04	5,92E-06	1,43E+01
Gorivo	1,47E-03	2,79E-13	1,61E-05	1,92E-06	1,97E-06	5,96E-10	2,20E-01
Prevozno sredstvo	1,45E-02	2,79E-13	2,75E-05	7,22E-06	-1,37E-05	0,00E+00	0,00E+00

se nadaljuje ...



... nadaljevanje Okna 3

Na Grafikonu 7 so prikazani deleži posameznih komponent za kazalce okoljskih vplivov. Ker se pri vgradnji fasadnega sistema uporablja enaka malta tako za lepilno, kot tudi za armirno malto, bomo pri interpretaciji njun vpliv sešteli. Zaradi neznatnega deleža okoljskih vplivov v primerjavi s komponentami izbranega fasadnega sistema bomo iz interpretacije izločili transport (gorivo in prevozno sredstvo).



Grafikon 7: Kazalci okoljskih vplivov – fasadni sistem

### Potencial globalnega segrevanja GWP

Največji delež GWP izbranega fasadnega sistema predstavlja fasadna plošča EPS-F z 58,61%. Lepilna in armirna malta, ki skupaj predstavljata 60,64% celotnega fasadnega sistema, predstavljata 22,68% GWP fasadnega sistema. Sorazmerno visok delež GWP – 6,10% – glede na masni delež (0,11%) ima armirna mrežica iz steklenih vlaken prevlečenih z umetno maso. Sidra in osnovni premaz predstavljata enak masni delež (1,43%) v izbranem fasadnem sistemu, njun prispevek k GWP je 5,90% pri sidrih ter 1,39% pri osnovnem premazu. Zaključni omet, ki ima 2,14% nižji masni delež od fasadne plošče, predstavlja 5,20% GWP izbranega fasadnega sistema.

### Potencial tanjšanja ozonske plasti ODP

Pri ODP predstavljata lepilna in armirna malta kar 71,48%. Visok vpliv na tanjšanje ozonske plasti ima še zaključni omet, ki v izbranem fasadnem sistemu predstavlja 23,10% ODP. Sorazmerno visok delež ODP 4,97% glede na masni delež (1,43%) predstavlja osnovni

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

premaz. Fasadna plošča EPS-F predstavlja le 0,36% ODP, sidra in armirna mrežica predstavljata vsak po 0,04% ODP.

#### **Potencial zakisovanja okolja AP**

K potencialu zakisovanja okolja največ prispeva fasadna plošča (43,67%), sledita lepilna in armirna malta 23,93% ter zaključni omet z 18,64% AP. Če primerjamo sidra in osnovni premaz, z enakim masnim deležem, ugotovimo da ima osnovni premaz (8,41% AP) večji vpliv na zakisovanje, kot sidra (7,58%). Armirna mrežica, ki ima najmanjši masni delež, prispeva 7,14% AP izbranega fasadnega sistema.

#### **Evtrofikacijski potencial EP**

K pojavu evtrofikacije najbolj prispevata lepilna in armirna malta s skupno 43,82%. Fasadna plošča prispeva 26,11%, zaključni omet pa 18,64%. Prispevek armirne mrežice znaša 5,42%, prispevek sider pa 4,90%. Najnižji prispevek k evtrofikaciji izbranega fasadnega sistema ima osnovni premaz in sicer 0,94% AP.

#### **Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP**

V izbranem fasadnem sistemu predstavlja fasadna plošča skoraj polovico POCP (45,37%), nadaljnjih 22,48% prispevata lepilna in armirna malta, 14,95% je prispevek armirne mrežice, 9,80% prispeva zaključni omet, sidra pa 6,13%. Najnižji vpliv na POCP ima osnovni premaz z 1,49%.

#### **Izraba abiotskih naravnih surovin ADPE**

Sidra in armirna mrežica, ki skupaj predstavljata 1,54% masnega deleža izbranega fasadnega sistema, skupaj predstavljata kar 78,41% ADPE. Zaključni omet prispeva 9,30%, lepilna in armirna malta 8,83%, fasadna plošča 3,19% ter osnovni premaz 0,27%.

#### **Izraba abiotskih virov fosilnih surovin ADPF**

K ADPF fasadnega sistema največ prispeva fasadna plošča (74,64%), lepilna in armirna malta prispevata 12,04%. Vse ostale komponente posamezno prispevajo manj kot 5% – zaključni omet 4,87%, sidra 3,75%, armirna mrežica 3,50% ter osnovni premaz 1,13%.

se nadaljuje ...

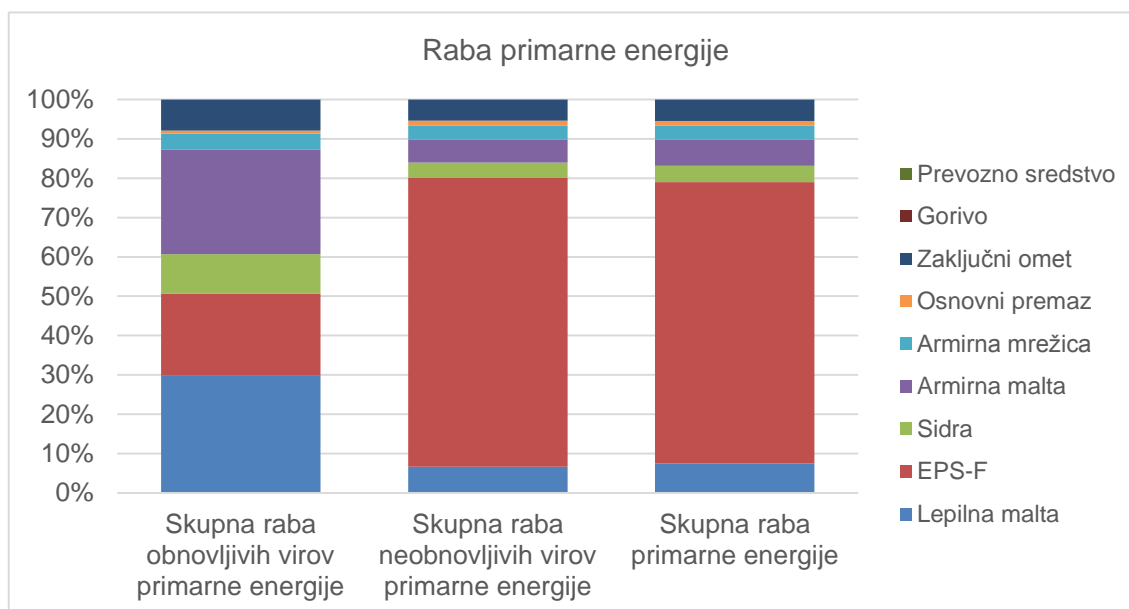
... nadaljevanje Okna 3

### Skupna raba primarne energije

Preglednica 29 in Grafikon 8 prikazujeta rabo primarne energije iz obnovljivih in neobnovljivih virov ter skupno rabo primarne energije. Ker se v fasadnem sistemu uporablja enaka malta tako za lepilno, kot tudi za armirno malto, bomo njun vpliv sešteli. Zaradi neznatnega deleža rabe primarne energije v primerjavi s komponentami izbranega fasadnega sistema bomo iz interpretacije izločili transport (gorivo in prevozno sredstvo).

Preglednica 29: Raba primarne energije – komponente fasadnega sistema

	PERT	PENRT	PERT + PENRT
	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Lepilna malta	3,25E+00	2,01E+01	2,34E+01
EPS-F	2,26E+00	2,24E+02	2,26E+02
Sidra	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Armirna malta	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Armirna mrežica	4,50E-01	1,09E+01	1,14E+01
Osnovni premaz	8,43E-02	3,82E+00	3,90E+00
Zaključni omet	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gorivo	8,66E-03	2,21E-01	2,29E-01
Prevozno sredstvo	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



Grafikon 8: Raba primarne energije – fasadni sistem

Iz rezultatov vidimo, da se kar 71,64% celotne rabe primarne energije fasadnega sistema porabi za pripravo fasadnih plošč EPS-F. Priprava lepilne in armirne malte, ki imata največji

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Okna 3

masni delež, prispeva 14,02% celotne porabe. Vse ostale komponente posamezno predstavljajo okoli ali manj kot 5% rabe primarne energije – zaključni omet 5,32%, sidra 4,11%, armirna mrežica 3,60% ter osnovni premaz 1,24%.

### Skupna raba obnovljivih virov primarne energije PERT

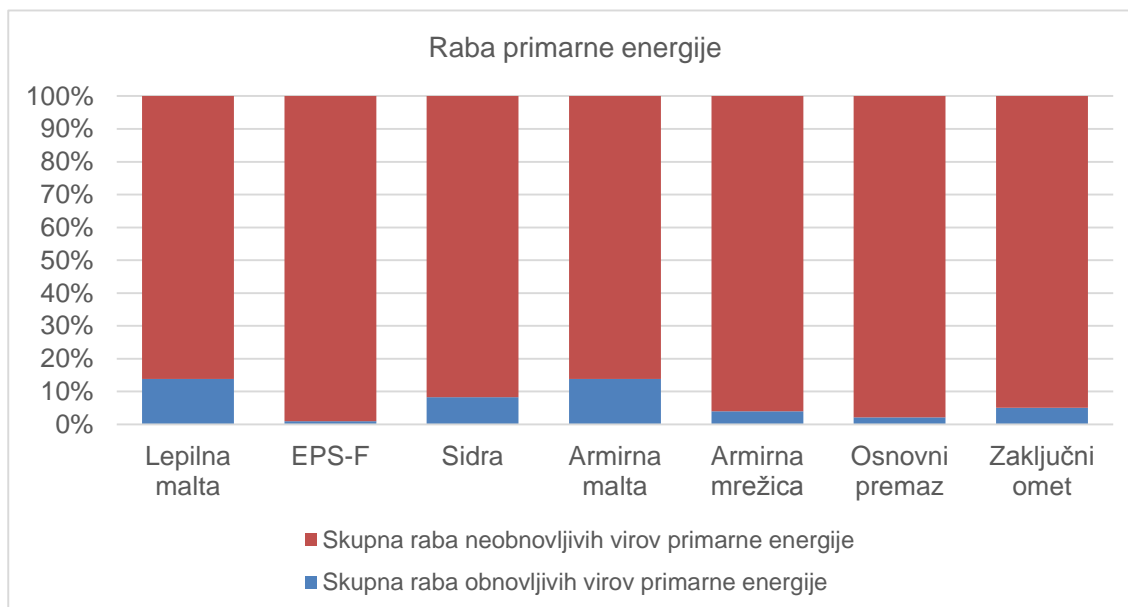
Lepilna in armirna malta predstavljata več kot polovico PERT – 56,48%, fasadna plošča EPS-F 20,83%, sidra 9,94%, zaključni omet 7,75%, armirna mrežica 4,15% in osnovni premaz 0,78% izbranega fasadnega sistema.

### Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije PENRT

Pri PENRT izbranega fasadnega sistema prispeva fasadna plošča EPS-F skoraj tri četrtine (73,45%), lepilna in armirna malta skupaj prispevata 12,50%. Ostale komponente skupaj porabijo manj kot 15% PENRT.

### Raba obnovljivih in neobnovljivih virov surovin

Grafikon 9 prikazuje razmerje rabe neobnovljivih in obnovljivih virov primarne energije v posamezni komponenti fasadnega sistema. Iz grafikona vidimo, da se za pripravo komponent v vseh primerih, porabi več kot 85% neobnovljivih virov energije.



Grafikon 9: Raba primarne energije komponent fasadnega sistema

## 5 PRIMERJAVA OKOLJSKIH KAZALNIKOV

V poglavju 4 smo predstavili LCA za lepilno (armirno) malto, zaključni omet ter za fasadni sistem. Znotraj LCA za fasadni sistem smo uporabili izračunane podatke za lepilno (armirno) malto in zaključni omet z vezivom iz silikonskih smol, za ostale komponente pa smo uporabili generične podatke. Izračunan LCA za fasadni sistem s toplotnoizolacijsko ploščo (v nadaljevanju fasadno ploščo) iz EPS-F debeline 15 cm in z zaključnim ometom na osnovi silikonskih smol (v nadaljevanju bomo opisani sistem označili z E+SO) bo v nadaljevanju služil za primerjavo kot osnovni fasadni sistem. Pred izvedbo primerjave LCA med fasadnimi sistemi bomo opravili še primerjavo med različnimi fasadnimi ploščami ter različnimi zaključnimi ometi. Pri fasadnih ploščah bomo uporabili generične podatke iz podatkovne baze Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2, pri zaključnih ometih pa bomo primerjali izračunan LCA za zaključni omet z vezivom iz silikonskih smol z ostalimi zaključnimi ometi. Potrebne podatke za primerjavo zaključnih ometov bomo pridobili iz EPD-jev. Nazadnje bomo za primerjavo sestavili še različne fasadne sisteme glede na izbrano fasadno ploščo ter izbrani zaključni omet. Določevanje kriterijev, po katerih smo določili podobnost fasadnih plošč, zaključnih ometov in fasadnih sistemov, so opisani v posameznem podpoglavju. Za izračun je bila uporabljena programska oprema GaBi 6. LCA obravnava Fazo izdelave (A1 – A3): pridobivanje surovin in transport do proizvodnje, proizvodnja materiala, energija za proizvodnjo, transport znotraj proizvodnega obrata. Okoljske vplive smo pridobili z metodo CML 2001, katerih rezultate smo pridobili iz programske opreme GaBi 6.

### 5.1 Fasadne plošče

#### 5.1.1 Opis

Izbrane fasadne plošče bomo med seboj primerjali na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>. Pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup> je upoštevana debelina fasadne plošče na način, da faktor toplotne prehodnosti ustreza zahtevam PURES 2010 za zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom  $U_{\max} \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ . V Preglednici 30 so za izbrane fasadne plošče prikazane gostota, toplotna prevodnost ter debelina in masa fasadne plošče na površino, da zadostimo zahtevi glede toplotne prehodnosti. Med seboj bomo primerjali fasadne plošče iz lesnih vlaken (v nadaljevanju WF), ekspandiranega polistirena (v nadaljevanju EPS-F), mineralne volne (v nadaljevanju MW), mineralne pene (v nadaljevanju MP) in Poly-iso trde pene (v nadaljevanju PIR).

Preglednica 30: Izračun debeline fasadnih plošč za ustrezen U-faktor

Oznaka	Enota	Lesna vlakna	EPS-F	Mineralna volna	Mineralna pena	PIR
Gostota	kg/m <sup>3</sup>	160	18	46	123	35
Toplotna prevodnost	W/mK	0,045	0,040	0,040	0,043	0,026
Debelina izolacije	m	0,17	0,15	0,15	0,16	0,10
Toplotna prehodnost	W/m <sup>2</sup> K	0,265	0,267	0,267	0,267	0,26
Površinska masa	kg/m <sup>2</sup>	27,2	2,7	6,9	19,38	3,5

Iz Preglednice 30 vidimo, da zaradi dobre toplotne prevodnosti ( $\lambda = 0,040$  W/mK) in nizke gostote potrebujemo samo 2,7 kg/m<sup>2</sup> EPS-F fasadnih plošč. Najnižji faktor toplotne prevodnosti in nizko gostoto imajo PIR plošče ( $\lambda = 0,026$  W/mK), ki zadostijo zahtevam že z 0,10 m debeline fasadne plošče in površinsko maso 3,5 kg/m<sup>2</sup>. Skoraj dvakrat več, to je 6,9 kg/m<sup>2</sup>, potrebujemo fasadnih plošč MW ( $\lambda = 0,040$  W/mK). Največjo gostoto, poleg tega pa tudi slabši faktor toplotne prevodnosti ( $\lambda = 0,045$  W/mK), imajo fasadne plošče WF, zaradi česar jih potrebujemo kar 27,2 kg/m<sup>2</sup>. Podobna situacija je tudi pri fasadnih ploščah MP ( $\lambda = 0,043$  W/mK), katerih potrebujemo skoraj 20 kg/m<sup>2</sup>.

### 5.1.2 Rezultati

V Preglednici 31 so prikazani rezultati kazalcev okoljskih vplivov za fasadne plošče za deklarirano enoto 1 kg ter za deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>.

Preglednica 31: Kazalci okoljskih vplivov – primerjava fasadnih plošč

	Enota	Dek. enota	WF	EPS-F	MW	MP	PIR
GWP	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	1 kg	-1,02E+00	2,76E+00	1,43E+00	8,59E-01	4,62E+00
		1 m <sup>2</sup>	-2,78E+01	7,45E+00	9,86E+00	1,69E+01	1,62E+01
ODP	[kg CFC11-eq]	1 kg	2,14E-08	2,98E-10	2,33E-10	4,57E-08	1,05E-09
		1 m <sup>2</sup>	5,82E-07	8,06E-10	1,61E-09	9,00E-07	3,66E-09
AP	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	1 kg	7,92E-04	6,02E-03	6,68E-03	1,44E-03	1,09E-02
		1 m <sup>2</sup>	2,16E-02	1,62E-02	4,61E-02	2,84E-02	3,81E-02
EP	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	1 kg	1,59E-04	5,42E-04	9,01E-04	1,75E-04	1,44E-03
		1 m <sup>2</sup>	4,33E-03	1,46E-03	6,21E-03	3,45E-03	5,05E-03
POCP	[kg Ethene-eq]	1 kg	1,85E-04	9,11E-04	5,31E-04	1,39E-04	2,42E-03
		1 m <sup>2</sup>	5,03E-03	2,46E-03	3,66E-03	2,73E-03	8,48E-03
ADPE	[kg Sb-eq]	1 kg	4,60E-07	7,52E-07	1,71E-05	8,41E-07	5,28E-05
		1 m <sup>2</sup>	1,25E-05	2,03E-06	1,18E-04	1,66E-05	1,85E-04

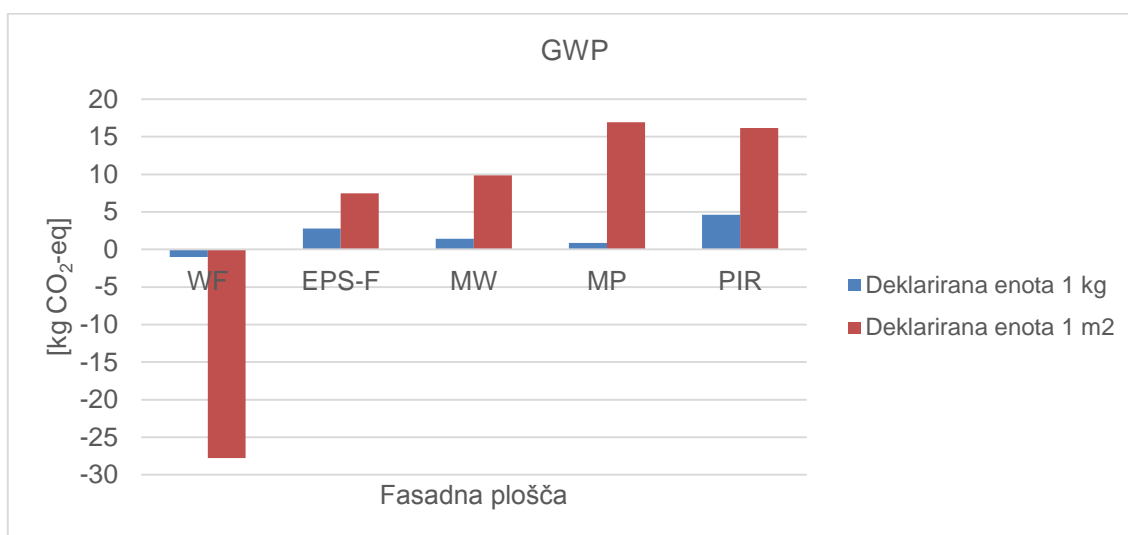
se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 31

ADPF	[MJ]	1 kg	8,97E+00	8,10E+01	1,55E+01	8,37E+00	9,28E+01
		1 m <sup>2</sup>	2,44E+02	2,19E+02	1,07E+02	1,65E+02	3,25E+02
PERT	[MJ]	1 kg	1,01E+01	8,38E-01	1,07E+00	1,47E+00	4,11E+00
		1 m <sup>2</sup>	2,74E+02	2,26E+00	7,38E+00	2,89E+01	1,44E+01
PENRT	[MJ]	1 kg	1,77E+01	8,28E+01	1,68E+01	1,04E+01	9,98E+01
		1 m <sup>2</sup>	4,81E+02	2,24E+02	1,16E+02	2,05E+02	3,49E+02

### Potencial globalnega segrevanja GWP

Na Grafikonu 10 je prikazan GWP fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo GWP za kg CO<sub>2</sub>-eq/kg, rdeči stolpci pa kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.



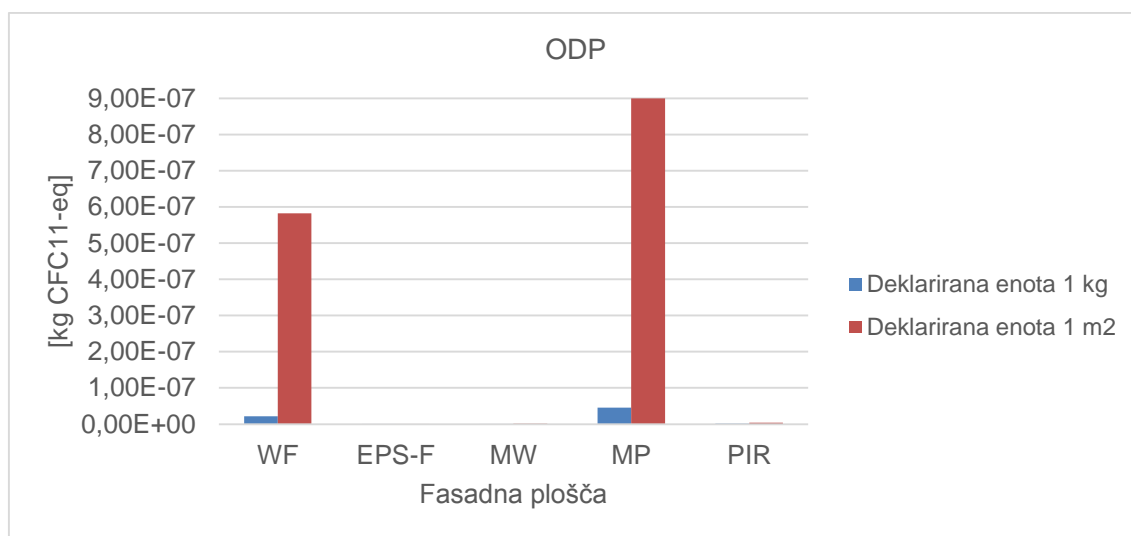
Grafikon 10: GWP – fasadne plošče

Kot vidimo iz Grafikona 10 ima v obeh primerih najmanjši oz. celo negativni vpliv na okolje fasadna plošča WF. Negativna vrednost fasadnih plošč WF je posledica nastanka lesa z vezanjem CO<sub>2</sub> iz atmosfere in upoštevanja skladiščenja CO<sub>2</sub> v fasadni plošči. Od preostalih fasadnih plošč ima najnižji GWP fasadna plošča MP in sicer ca. 0,89 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg. Fasadne plošče MW imajo 66% slabši GWP kot fasadne plošče MP, še skoraj dvakrat slabšo vrednost od fasadnih plošč MW pa imajo fasadne plošče EPS-F. Najslabši okoljski vpliv imajo fasadne plošče PIR, katerih GWP znaša kar 4,83 kg CO<sub>2</sub>-eq. Ob upoštevanju debeline oz. mase plošč in da zadostimo zahtevi  $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ , se razmerja in vrednosti precej spremenijo. Poleg WF, ki ima negativno vrednosti, ima v tem primeru najnižji GWP fasadna plošča EPS-F. Slabši GWP, toda še vedno manj kot 10 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>, ima fasadna plošča MW. Ob takšni zahtevi po toplotni prehodnosti imata fasadni plošči iz MP in PIR skoraj 17 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>. Iz primerjave rezultatov GWP lahko ugotovimo tudi, da ima zaradi nizke gostote in nizke

toplotne prevodnosti fasadna plošča EPS-F na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> boljši GWP od MW in MP, ki imata na deklarirano enoto 1 kg več kot dvakrat boljši GWP od fasadne plošče EPS-F.

### Potencial tanjšanja ozonske plasti ODP

Na Grafikonu 11 je prikazan ODP fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo ODP za kg CFC11-eq/kg, rdeči stolpci pa kg CFC11-eq/m<sup>2</sup>.



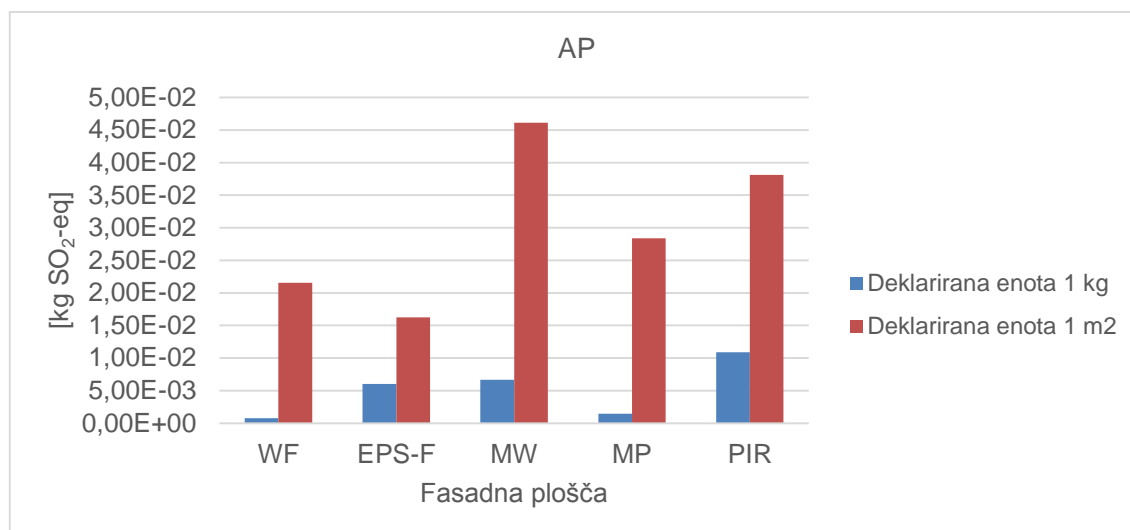
Grafikon 11: ODP – fasadne plošče

Kot vidimo iz Preglednice 31 in Grafikona 11 ima največji vpliv na ODP fasadna plošča MP, najboljši ODP pa fasadna plošča EPS-F. Za razliko od GWP ima v primeru ODP fasadna plošča WF drugi največji vpliv. Če primerjamo deklarirani enoti najboljših fasadnih plošč EPS-F in MW, vidimo, da ima fasadna plošča MW boljši ODP pri deklarirani enoti 1 kg, pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup> pa ima fasadna plošča MW slabši ODP od fasadne plošče EPS-F. Vrednosti ODP za fasadne plošče EPS-F, MW in PIR so toliko manjše, da so na Grafikonu 11 neznatne.

### Potencial zakisovanja okolja AP

Na Grafikonu 12 je prikazan AP fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo AP za kg SO<sub>2</sub>-eq/kg, rdeči stolpci pa kg SO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>.



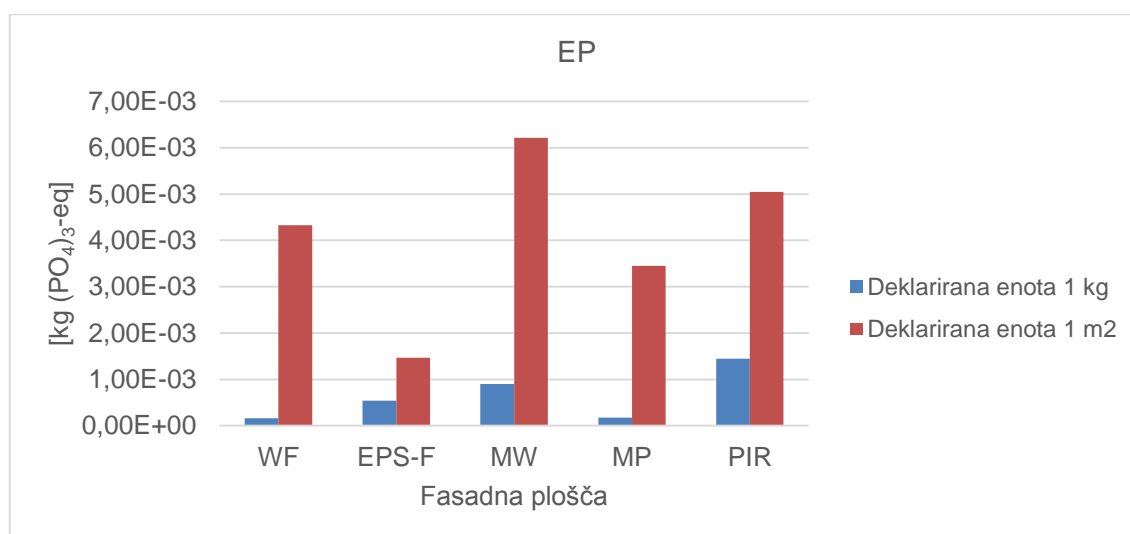


Grafikon 12: AP – fasadne plošče

Iz Preglednice 31 in Grafikona 12 vidimo, da je AP pri deklarirani enoti 1 kg najnižji pri fasadnih ploščah WF in MP. Slabše oz. višje vrednosti dosegajo fasadne plošče MW, EPS-F in PIR. Pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup> pa ima najnižji AP fasadna plošča EPS-F, ki ji sledijo fasadna plošča WF in fasadna plošča MP. Najslabši vrednosti AP dosegata fasadni plošči PIR in MW.

### Evtrofikacijski potencial EP

Na Grafikonu 13 je prikazan EP fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo EP za kg (PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>-eq/kg, rdeči stolpci pa kg (PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>-eq/m<sup>2</sup>.

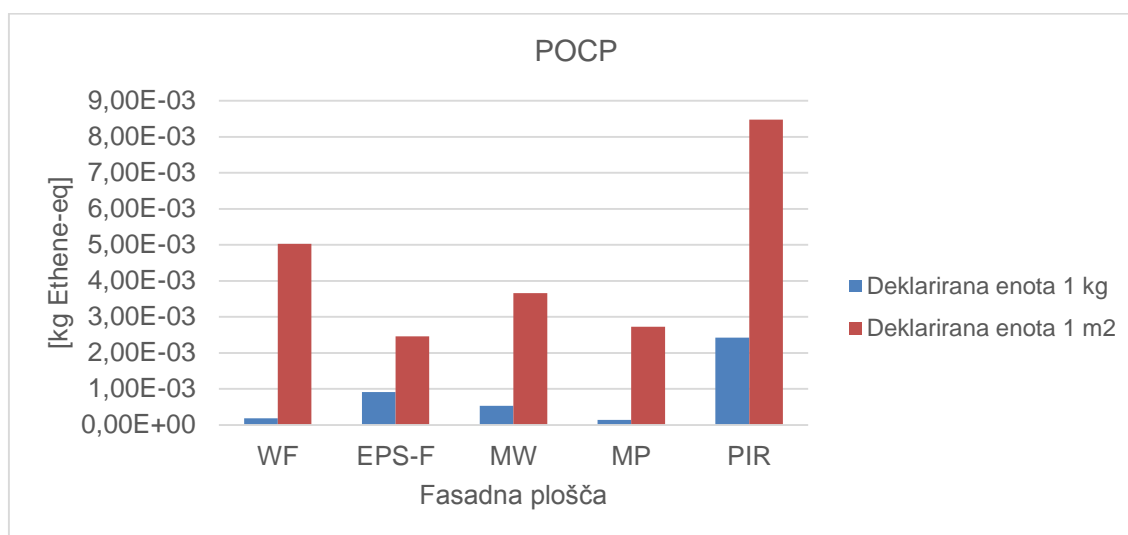


Grafikon 13: EP – fasadne plošče

Ko spremenimo deklarirano enoto iz 1 kg na 1 m<sup>2</sup>, se spremenijo tudi razmerja vrednost EP za fasadne plošče. Iz Preglednice 31 in Grafikona 13 vidimo, da ima na deklarirano enoto 1 kg najnižji EP fasadna plošča WF, najvišji EP pa fasadna plošča PIR. Za merodajno deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> pa ima najnižjo vrednost EP fasadna plošča EPS-F, najvišjo vrednost EP pa fasadna plošča MW.

### Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP

Na Grafikonu 14 je prikazan POCP fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo POCP za kg Ethene-eq/kg, rdeči stolpci pa kg Ethene-eq/m<sup>2</sup>.

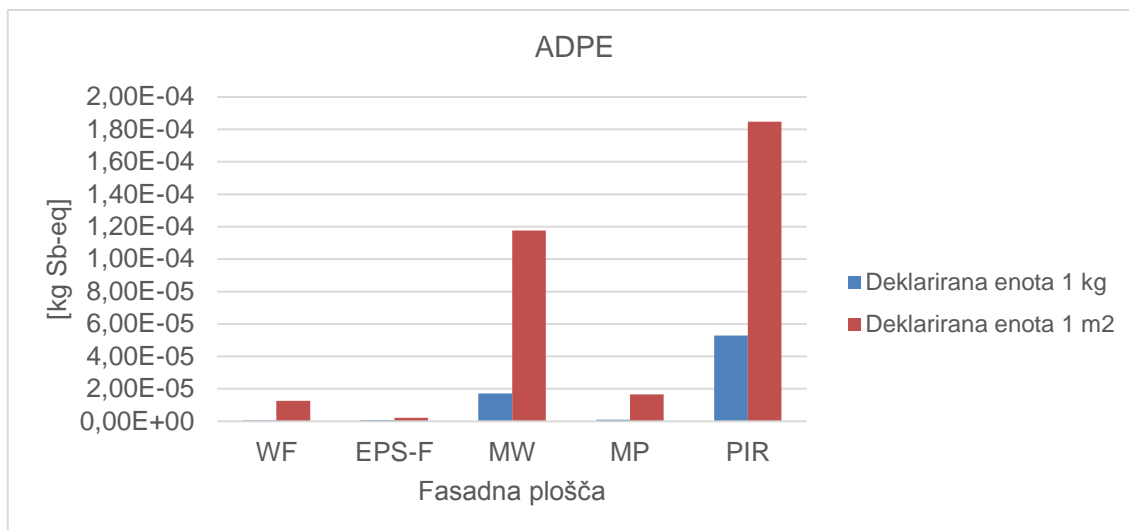


Grafikon 14: POCP – fasadne plošče

Kot vidimo iz Preglednice 31 in Grafikona 14 so razmerja fasadnih plošč med deklariranima enotama 1 kg in 1 m<sup>2</sup> spremenjena. Na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> ima najnižji ADPF fasadna plošča EPS-F, ki ji sledijo fasadna plošča MP, fasadna plošča MW, fasadna plošča WF in fasadna plošča PIR. Pri deklarirani enoti 1 kg pa ima najnižji ADPF fasadna plošča MP, sledita fasadni plošči MP in MW. Na deklarirano enoto 1 kg imata najvišjo vrednost POCP fasadni plošči EPS-F in PIR.

### Izraba abiotskih naravnih surovin ADPE

Grafikon 15 prikazuje ADPE fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo ADPE za kg Sb-eq/kg, rdeči stolpci pa kg Sb-eq/m<sup>2</sup>.

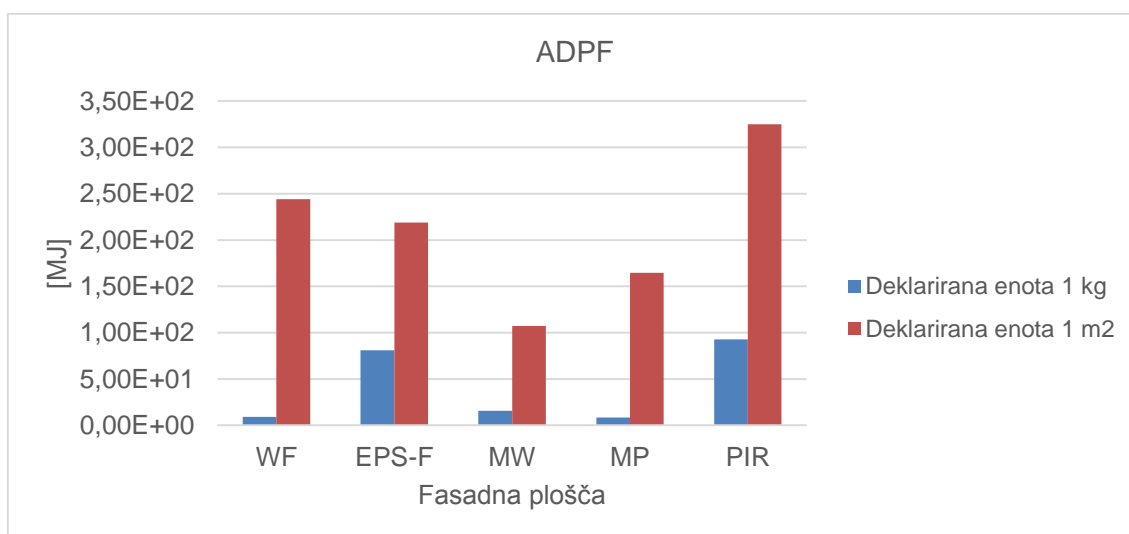


Grafikon 15: ADPE – fasadne plošče

Da se vrednosti ADPE ne razlikujejo pri najbolj neugodnih ploščah MW in PIR vidimo iz Grafikona 15. Pri fasadnih ploščah EPS-F, WF in MP ni velike razlike pri ADPE za 1 kg fasadne plošče, nastane pa velika razlika pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup>. Najnižji ADPE ima tako fasadna plošča EPS-F, slabšega pa fasadni plošči WF in MP. Vse tri našete fasadne plošče imajo nižji ADPE za deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>, kot ga imata fasadni plošči MW in PIR na deklarirano enoto 1 kg.

#### Izraba abiotskih fosilnih surovin ADPF

Grafikon 16 prikazuje ADPF fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče.

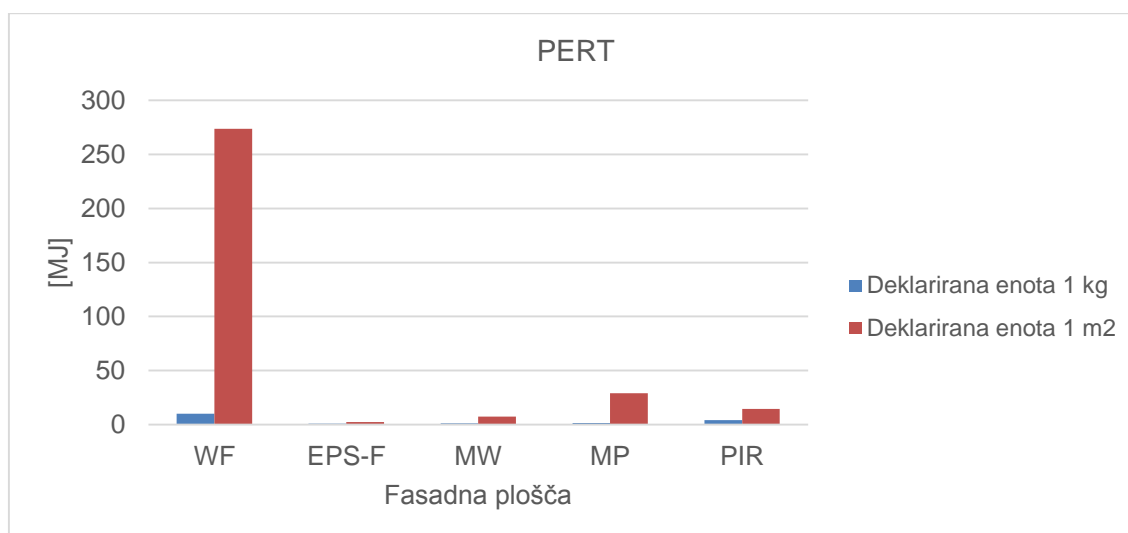


Grafikon 16: ADPF – fasadne plošče

Kot vidimo iz Preglednice 31 in Grafikona 16 so razmerja fasadnih plošč pri deklarirani enoti 1 kg zelo spremenjena glede na razmerja pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup>. Na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> ima najnižji ADPF fasadna plošča MW, ki ji sledijo fasadna plošča MP, fasadna plošča EPS-F, fasadna plošča WF in fasadna plošča PIR. Pri deklarirani enoti 1 kg pa ima najnižji ADPF fasadna plošča WF, ki ji sledita fasadna plošča MP in fasadna plošča MW. Precej večji vpliv, v primerjavi s fasadnimi ploščami WF, MP in MW, imata fasadni plošči EPS-F in PIR.

### Skupna raba obnovljivih virov primarne energije PERT

Grafikon 17 prikazuje PERT fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo PERT za kg MJ/kg, rdeči stolpci pa MJ/m<sup>2</sup>.

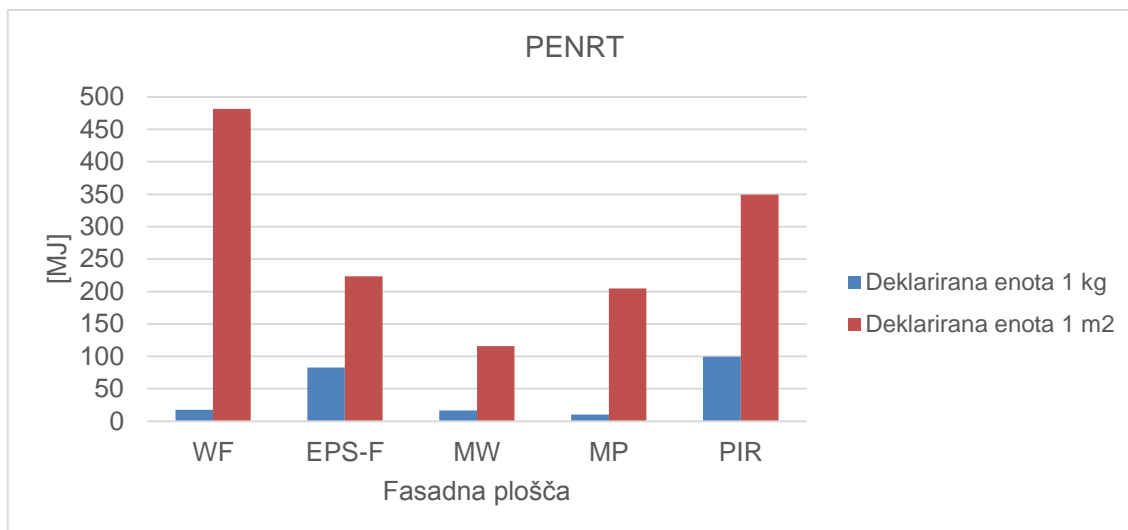


Grafikon 17: PERT – fasadne plošče

Iz Preglednice 31 in Grafikona 17 vidimo, da je največji porabnik PERT fasadna plošča WF tako za deklarirano enoto 1 kg, kot tudi za deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>. Najmanjši porabnik PERT so fasadne plošče EPS-F za oba primera deklariranih enot. Drugi najnižji PERT imajo fasadne plošče MW prav tako za obe deklarirani enoti. Pri deklarirani enoti 1 kg ima fasadna plošča MP nižji PERT od fasadne plošče PIR, medtem ko se ima pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup> višji PERT od fasadne plošče PIR.

### Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije PENRT

Na Grafikonu 18 je prikazan PENRT fasadnih plošč izražen na deklarirano enoto 1 kg ter na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> izbrane fasadne plošče. Modri stolpci prikazujejo PENRT za kg MJ/kg, rdeči stolpci pa MJ/m<sup>2</sup>.



Grafikon 18: PENRT – fasadne plošče

Kot vidimo iz Preglednice 31 in Grafikona 18 predstavljajo, tako kot pri PERT, najvišjo porabo neobnovljivih virov primarne energije na deklarirano enoto 1 kg fasadne plošče PIR, najnižjo porabo pa fasadne plošče MP. Pri preračunu na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> se to razmerje spremeni. Tako postane najmanjši porabnik neobnovljivih virov primarne energije fasadna plošča MW, največji porabnik pa fasadna plošča WF. Višjo porabo od MW in nižjo porabo od WF imajo fasadne plošče MP, EPS-F in WF (razporejene po vrednosti PENRT).

### 5.1.3 Diskusija

Glede na dobljene rezultate smo pri vsakem kazalcu okoljskega vpliva fasadne plošče razporedili od 1. do 5. mesta glede na ustreznost pri posameznem kazalcu okoljskega vpliva. Fasadna plošča, ki ima najmanjši vpliv na določen okoljski kazalnik je uvrščena na 1. mesto, fasadna plošča, ki pa ima največji vpliv na določen okoljski kazalnik je uvrščena na 5. mesto. Preglednica 32 vrednoti fasadne plošče za deklarirano enoto 1 kg, Preglednica 33 pa za deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>.

Preglednica 32: Vrednotenje fasadnih plošč na deklarirano enoto 1 kg

	WF	EPS-F	MW	MP	PIR
<b>GWP</b>	1.mesto	4.mesto	3.mesto	2.mesto	5.mesto
<b>ODP</b>	4.mesto	2.mesto	1.mesto	5.mesto	3.mesto
<b>AP</b>	1.mesto	3.mesto	4.mesto	2.mesto	5.mesto
<b>EP</b>	1.mesto	3.mesto	4.mesto	2.mesto	5.mesto
<b>POCP</b>	2.mesto	4.mesto	3.mesto	1.mesto	5.mesto
<b>ADPE</b>	1.mesto	2.mesto	4.mesto	3.mesto	5.mesto
<b>ADPF</b>	1.mesto	4.mesto	3.mesto	2.mesto	5.mesto

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 32

<b>PERT</b>	5.mesto	1.mesto	2.mesto	3.mesto	4.mesto
<b>PENRT</b>	3.mesto	4.mesto	2.mesto	1.mesto	5.mesto
<b>Skupaj</b>	<b>1.mesto</b>	<b>4.mesto</b>	<b>3.mesto</b>	<b>2.mesto</b>	<b>5.mesto</b>

Pri vrednotenju fasadnih plošč na deklarirano enoto 1 kg ugotovimo, da je glede na okoljske kazalnike najbolj primerna fasadna plošča WF, ki ji sledi plošča MP, MW, EPS-F in kot zadnja PIR. Primarna funkcija fasadnih plošč je zmanjševanje prehoda toplote, pri primerjavi na deklarirano enoto 1 kg nimamo enake funkcionalne enote! Kakršnakoli primerjava na 1 kg je zato pri toplotnoizolativnih materialih zavajajoča.

Preglednica 33: Vrednotenje fasadnih plošč na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>

	<b>WF</b>	<b>EPS-F</b>	<b>MW</b>	<b>MP</b>	<b>PIR</b>
<b>GWP</b>	1.mesto	2.mesto	3.mesto	5.mesto	4.mesto
<b>ODP</b>	4.mesto	1.mesto	2.mesto	5.mesto	3.mesto
<b>AP</b>	2.mesto	1.mesto	5.mesto	3.mesto	4.mesto
<b>EP</b>	3.mesto	1.mesto	5.mesto	2.mesto	4.mesto
<b>POCP</b>	4.mesto	1.mesto	3.mesto	2.mesto	5.mesto
<b>ADPE</b>	2.mesto	1.mesto	4.mesto	3.mesto	5.mesto
<b>ADPF</b>	4.mesto	3.mesto	1.mesto	2.mesto	5.mesto
<b>PERT</b>	5.mesto	1.mesto	2.mesto	4.mesto	3.mesto
<b>PENRT</b>	5.mesto	3.mesto	1.mesto	2.mesto	4.mesto
<b>Skupaj</b>	<b>4.mesto</b>	<b>1.mesto</b>	<b>2.mesto</b>	<b>3.mesto</b>	<b>5.mesto</b>

Zaradi toplotnoizolativnih lastnosti fasadnih plošč je edina pravilna primerjava na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>, pri čemer upoštevamo podobno vrednost toplotne prehodnosti. Pri takšnem vrednotenju (Preglednica 33) ugotovimo, da je glede na okoljske kazalnike najbolj primerna plošča EPS-F, druga najprimernejša je MW, nato MP, šele tretja pa je fasadna plošča LW, ki je na deklarirano enoto 1 kg najboljša. Tudi pri deklarirani enoti 1 m<sup>2</sup> je za okolje najbolj neugodna fasadna plošča PIR.

## 5.2 Zaključni ometi

### 5.2.1 Opis

Med seboj bomo primerjali zaključne omete glede na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>. Osnova za primerjavo bo izračunani zaključni omet z vezivom iz silikonskih smol (silikonski zaključni omet). Osnovni zaključni omet bomo primerjali z zaključnim ometom na osnovi silikatnih veziv (silikatni zaključni omet), na osnovi organskih veziv (organski zaključni omet) ter z mineralnim zaključnim ometom. Potrebne podatke za primerjavo smo pridobili iz okoljskih deklaracij EPD

za mineralni zaključni omet [56] ter EPD za organski in silikatni zaključni omet [57]. Izbrani EPD-ji ne vsebujejo podatka o izrabi abiotskih virov fosilnih goriv (ADPF), zato primerjava za ta okoljski kazalnik ne bo izvedena.

Preglednica 34: Poraba zaključnega ometa

	<b>Silikonski zaključni omet</b>	<b>Silikatni zaključni omet</b>	<b>Mineralni zaključni omet</b>	<b>Organski zaključni omet</b>
<b>Poraba</b>	2,4 kg/m <sup>2</sup>	2,4 kg/m <sup>2</sup>	2,0 kg/m <sup>2</sup>	2,4 kg/m <sup>2</sup>

Kot vidimo iz Preglednice 34 so porabe silikonskega, silikatnega in organskega zaključnega ometa enake, medtem ko ima mineralni zaključni omet ima v primerjavi z ostalimi zaključnimi ometi kar 0,4 kg/m<sup>2</sup> oz. skoraj 18% nižjo porabo.

## 5.2.2 Rezultati

Preglednica 35 prikazuje rezultate kazalcev okoljskih vplivov za primerjane zaključne omete na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>.

Preglednica 35: Kazalci okoljskih vplivov – primerjava zaključnih ometov

	<b>Enota</b>	<b>Deklarirana enota</b>	<b>Silikonski zaključni omet</b>	<b>Silikatni zaključni omet</b>	<b>Mineralni zaključni omet</b>	<b>Organski zaključni omet</b>
GWP	[kg CO <sub>2</sub> -eq]	1 m <sup>2</sup>	6,61E-01	4,54E-01	6,00E-01	5,64E-01
ODP	[kg CFC11-eq]	1 m <sup>2</sup>	5,10E-08	3,94E-07	2,12E-10	9,02E-07
AP	[kg SO <sub>2</sub> -eq]	1 m <sup>2</sup>	3,41E-03	3,14E-03	4,32E-03	3,53E-03
EP	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	1 m <sup>2</sup>	1,05E-03	2,27E-03	1,48E-04	1,92E-03
POCP	[kg Ethene-eq]	1 m <sup>2</sup>	5,32E-04	4,20E-04	1,80E-04	6,12E-04
ADPE	[kg Sb-eq]	1 m <sup>2</sup>	5,92E-06	4,99E-03	3,20E-03	7,22E-04
PERT	[MJ]	1 m <sup>2</sup>	8,42E-01	1,07E+00	2,00E-01	3,19E+00
PENTR	[MJ]	1 m <sup>2</sup>	1,59E+01	1,22E+01	7,44E+00	1,78E+01

Pri primerjavi zaključnih ometov glede GWP lahko vidimo, da ima najmanjši vpliv na globalno segrevanje silikatni zaključni omet. S stališča GWP je, na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>, najugodnejši silikatni zaključni omet, ki ima boljši GWP od organskega za 20%, od mineralnega za 24% in od silikonskega zaključnega ometa za 31%. Najmanjši vpliv na tanjšanje ozonske plasti ODP ima mineralni zaključni omet. Drugi najugodnejši je silikonski zaključni omet, tretji silikatni, najbolj neugoden pa je organski zaključni omet. Okoljski kazalnik AP nam pokaže, da ima največji vpliv na zakisovanje okolja mineralni zaključni omet. Razlika med mineralnim

zaključnim ometom, ki ima najvišjo vrednost AP, in silikatnim zaključnim ometom, ki ima najnižjo vrednost AP, je 27%. Silikonski zaključni omet ima za 8% višji AP, organski zaključni omet pa 11% višji AP kot silikatni zaključni omet. Za razliko od AP ima mineralni zaključni omet daleč najbolj ugoden EP v primerjavi z ostalimi zaključnimi ometi. Najbolj neugoden za EP je silikatni zaključni omet. Kot je razvidno iz Preglednice 35 ima največji vpliv na nastajanje fotokemičnih oksidantov organski zaključni omet. Razlika med organskim zaključnim ometom, ki ima najvišjo vrednost POCP, in mineralnim zaključnim ometom, ki ima najnižjo vrednost POCP, je kar 71%. Silikonski zaključni omet ima skoraj 3-krat višji, silikatni pa več kot 2-krat višji POCP kot mineralni zaključni omet. Pri primerjavi zaključnih ometov glede ADPE smo ugotovili prevelika razhajanja med posameznimi rezultati. Metoda CML, ki je bila uporabljena za izračun LCA, dovoljuje dva načina vrednotenja ADPE – prva, ki temelji na izrabi končnih surovin (mineralov v zemeljski skorji) in druga, ki temelji na tem, kar je ekonomsko izvedljivo. Podatki, pridobljeni iz EPD-jev za silikatni, mineralni in organski zaključni omet, ter izračunani podatki za silikonski zaključni omet niso bili izračunani po enaki metodi, zato je primerjava nesmiselna. Pri PERT lahko opazimo, da ima največjo porabo organski zaključni omet, najmanjšo pa mineralni zaključni omet. Za pripravo organskega zaključnega ometa porabimo več kot 15-krat več, za pripravo silikatnega več kot 5-krat več, ter za pripravo silikonskega več kot 4-krat obnovljivih virov primarne energije kot za pripravo mineralnega zaključnega ometa. Tako kot pri PERT, ima tudi pri PENRT največjo porabo organski zaključni omet, najmanjšo pa mineralni zaključni omet. Razlike pri rabi neobnovljivih virov niso tako velike kot pri rabi obnovljivih virov priprave energije. Za pripravo organskega zaključnega ometa porabimo 10% neobnovljivih virov primarne energije več od silikonskega, 31% več od silikatnega ter 58% več od mineralnega zaključnega ometa.

### 5.2.3 Diskusija

Glede na dobljene rezultate smo pri vsakem kazalcu okoljskega vpliva zaključne omete razdelili od 1. do 4. mesta glede na ustreznost pri posameznem kazalcu okoljskega vpliva. Zaključni omet, ki ima najmanjši vpliv na določen okoljski kazalnik je uvrščen na 1. mesto, zaključni omet, ki pa ima največji vpliv na določen okoljski kazalnik je uvrščen na 4. mesto (Preglednica 36).



Preglednica 36: Vrednotenje zaključnih ometov na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup>

	<b>Silikonski zaključni omet</b>	<b>Silikatni zaključni omet</b>	<b>Mineralni zaključni omet</b>	<b>Organski zaključni omet</b>
GWP	4.mesto	1.mesto	3.mesto	2.mesto
ODP	2.mesto	3.mesto	1.mesto	4.mesto
AP	2.mesto	1.mesto	4.mesto	3.mesto
EP	2.mesto	4.mesto	1.mesto	3.mesto
POCP	3.mesto	2.mesto	1.mesto	4.mesto
PERT	3.mesto	2.mesto	1.mesto	4.mesto
PENRT	3.mesto	2.mesto	1.mesto	4.mesto
<b>Skupaj</b>	<b>3.mesto</b>	<b>2.mesto</b>	<b>1.mesto</b>	<b>4.mesto</b>

Od obravnavanih zaključnih ometov je glede na izbrani sistem vrednotenja, kot je razvidno iz Preglednice 36, iz okoljskega stališča najbolj primeren mineralni, najmanj pa organski zaključni omet.

### 5.3 Fasadni sistemi

#### 5.3.1 Opis

Fasadne sisteme bomo med seboj primerjali glede na izbrano toplotnoizolacijsko ploščo (v nadaljevanju fasadno ploščo) ter zaključni omet. Fasadni sistemi bodo prevedeni na način, da bodo imeli enak faktor toplotne prehodnosti  $U_{\max} \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  (faktor toplotne prehodnosti, ki ustreza zahtevam PURES 2010 za zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom). Za deklarirano enoto bo izbran 1 m<sup>2</sup> oz. poraba materialov kg/m<sup>2</sup>. Preračun debeline fasadne plošče na način, da ustreza zahtevanemu faktorju  $U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  je prikazan v nadaljevanju. Preglednica 37 predstavlja kombinacije fasadnih sistemov glede na uporabljeno fasadno ploščo in zaključni omet. Na primer oznaka E+SO pomeni fasadni sistem s fasadno ploščo iz EPS-F in silikonskim zaključnim ometom. Pri preračunu bomo za lepilno in armirno malto ter za silikonski zaključni omet uporabili izračunane podatke iz LCA analize, pri ostalih komponentah pa generične podatke iz podatkovnih baz Gabi professional and extension database in Ecoinvent integrated 2.2 (fasadne plošče, sidra, osnovni premaz) oz. okoljskih deklaracij EPD (silikatni, mineralni, organski zaključni omet). Okoljske deklaracije EPD za zaključne omete ne vsebujejo podatka o izrabi abiotskih virov fosilnih goriv (ADPF), zato primerjava za ta kazalec okoljskih vplivov ne bo izvedena. Zaradi ugotovljenih neskladij pri primerjavi rezultatov ADPE za zaključne omete, bo tudi ta kazalec okoljskih vplivov izvzet iz primerjave. Kombinacije fasadnih sistemov organskega zaključnega ometa s fasadnimi ploščami iz lesnih vlaken, mineralne volne ter mineralne pene zaradi neskladnosti komponent ne bomo obravnavali. Oznake fasadnih sistemov (Preglednica 37) so sestavljene iz dveh delov

– prvi del predstavlja fasadno ploščo (WF – fasadna plošča iz lesnih vlaken, E – fasadna plošča iz EPS-F, MW – fasadna plošča iz mineralne volne, MP – fasadna plošča iz mineralne pene in PIR – fasadna plošča iz poly-iso trde pene), drugi del pa predstavlja zaključni omet (SO – silikonski zaključni omet, SA – silikatni zaključni omet, MI – mineralni zaključni omet ter OR – organski zaključni omet).

Preglednica 37: Matrika kombinacij fasadnih sistemov

<b>Fasadna plošča \ Zaključni omet</b>	<b>Silikonski zaključni omet</b>	<b>Silikatni zaključni omet</b>	<b>Mineralni zaključni omet</b>	<b>Organski zaključni omet</b>
<b>Lesna vlakna</b>	WF+SO	WF+SA	WF+MI	X
<b>EPS-F</b>	E+SO	E+SA	E+MI	E+OR
<b>Mineralna volna</b>	MW+SO	MW+SA	MW+MI	X
<b>Mineralna pena</b>	MP+SO	MP+SA	MP+MI	X
<b>Poly-iso trda pena</b>	PIR+SO	PIR+SA	PIR+MI	PIR+OR

V Preglednici 38 in v Preglednici 39 so prikazane porabe posameznih komponent na površino 1 m<sup>2</sup>. Površinske mase se najbolj razlikujejo zaradi površinske mase fasadnih plošč in različnih debelin osnovnega ometa. Različne debeline osnovnega ometa so odvisne od uporabljene fasadne plošče. Poraba zaključnih ometov na silikonski, silikatni in organski osnovi je enaka, zato je preračun površinske mase fasadnih sistemov z enim od teh zaključnih ometov združen v Preglednico 38, preračun površinske mase fasadnih sistemov z zaključnim ometom na mineralni osnovi pa je v Preglednici 39. Pri vseh zaključnih ometih je navedena poraba za praskano strukturo zaključnega ometa in velikostjo zrn 1,5 mm. Površinska masa sider je preračunana iz podatka, da za 1 m<sup>2</sup> površine potrebujemo 6 sider, pri čemer eno sidro tehta 33,5 g [58]. Površinska masa armirne mrežice je preračunana iz podatka, da za 1 m<sup>2</sup> površine potrebujemo 1,1 m<sup>2</sup> mrežice in da tehta 1 m<sup>2</sup> mrežice 145 g [59].

Preglednica 38: Poraba in preračun površinske mase – silikonski, silikatni in organski zaključni omet

<b>Komponenta</b>	<b>Enota</b>	<b>WF+SO WF+SI</b>	<b>E+SO E+SI E+OR</b>	<b>MW+SO MW+SI</b>	<b>MP+SO MP+SI</b>	<b>PIR+SO PIR+SI PIR+OR</b>
<b>Lepilna malta</b>	kg/m <sup>2</sup>	4,5	4,5	4,5	4,5	4
<b>Fasadna plošča</b>	kg/m <sup>2</sup>	27,2	2,7	6,9	19,68	3,5
<b>Sidro</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201
<b>Armirna malta</b>	kg/m <sup>2</sup>	8	4	7	5	4

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 38

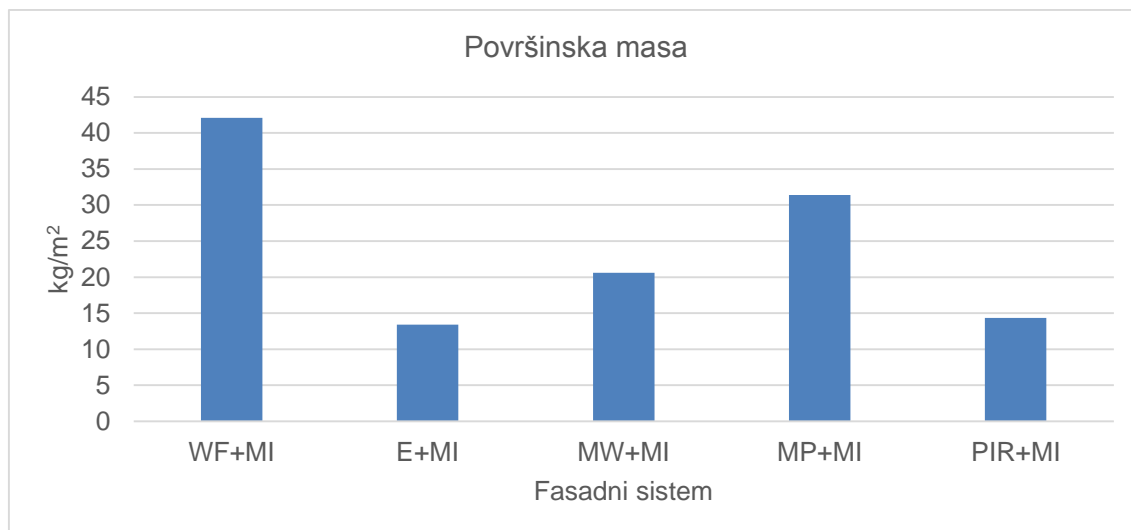
<b>Armirna mrežica</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
<b>Osnovni premaz</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Zaključni omet</b>	kg/m <sup>2</sup>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
<b>Površinska masa</b>	kg/m <sup>2</sup>	42,52	14,02	21,22	32,00	14,82

Preglednica 39: Poraba in preračun površinske mase – mineralni zaključni omet

<b>Komponenta</b>	<b>Enota</b>	<b>WF+MI</b>	<b>E+MI</b>	<b>MW+MI</b>	<b>MP+MI</b>	<b>PIR+MI</b>
<b>Lepilna malta</b>	kg/m <sup>2</sup>	4,5	4,5	4,5	4,5	4
<b>Fasadna plošča</b>	kg/m <sup>2</sup>	27,2	2,7	6,9	19,68	3,5
<b>Sidro</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201
<b>Armirna malta</b>	kg/m <sup>2</sup>	8	4	7	5	4
<b>Armirna mrežica</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
<b>Osnovni premaz</b>	kg/m <sup>2</sup>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Zaključni omet</b>	kg/m <sup>2</sup>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Površinska masa</b>	kg/m <sup>2</sup>	42,12	13,42	20,62	31,40	14,32

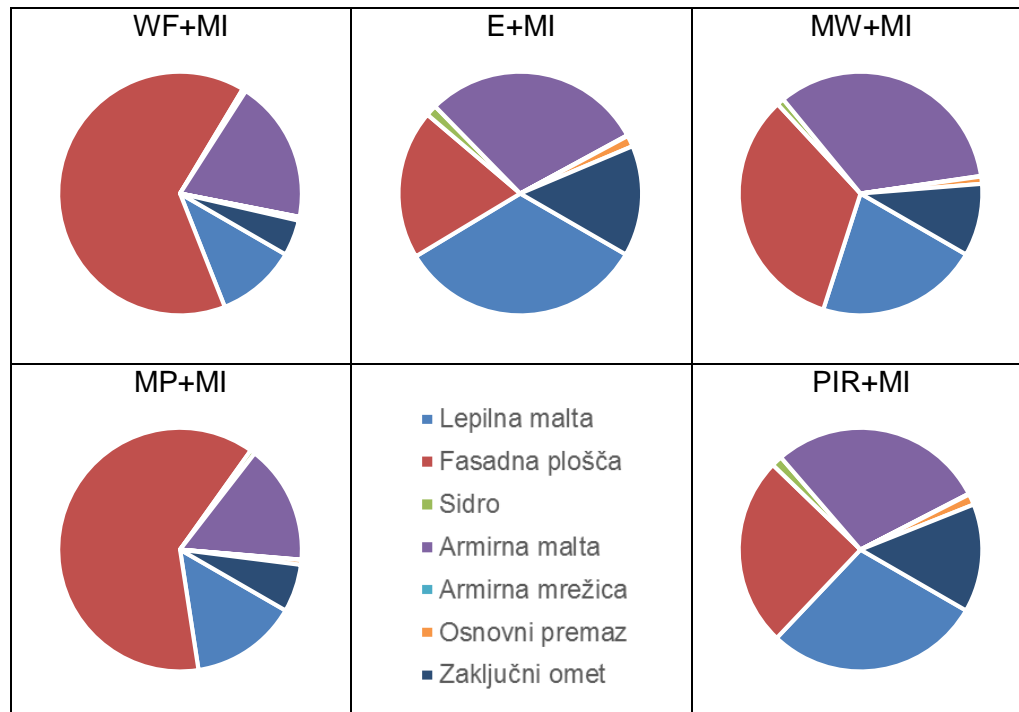
Kot vidimo iz Preglednice 38 in Preglednice 39 pride do razlike v površinski masi predvsem zaradi površinske mase fasadne plošče ter zaradi osnovnega ometa, ki pa je tudi posledica izbire fasadne plošče. Medtem ko je razlika zaradi različnega uporabljenega zaključnega ometa 0,4 kg/m<sup>2</sup>. V nadaljevanju bo opisana primerjava med površinskimi masami in masna razmerja znotraj fasadnega sistema. Ker so razlike glede na izbiro zaključnega ometa zgolj 0,4 kg/m<sup>2</sup>, bomo primerjavo izvedli le za fasadne sisteme WF+MI, E+MI, MW+MI, MP+MI, PIR+MI (fasadni sistem s fasadnimi ploščami iz različnih materialov, ter mineralnim zaključnim ometom).

V Grafikonu 19 so prikazane površinske mase fasadnih sistemov z različnimi fasadnimi ploščami ter mineralnim zaključnim ometom. V nadaljevanju pa je na Sliki 21 prikazanih pet masnih razmerij za fasadne sisteme WF+MI, E+MI, MW+MI, MP+MI, PIR+MI (fasadni sistem s fasadnimi ploščami iz različnih materialov, ter mineralnim zaključnim ometom).



Grafikon 19: Površinska masa izbranih fasadnih sistemov

Kot lahko vidimo iz Grafikona 19 ima največjo površinsko maso fasadni sistem WF+MI 42,12 kg/m<sup>2</sup>. MP+MI ima 25% (31,40 kg/m<sup>2</sup>), MW+MI pa že več kot 50% (31,40 kg/m<sup>2</sup>) nižjo površinsko maso kot WF+MI. PIR+MI ima skoraj 3-krat nižjo površinsko maso (14,32 kg/m<sup>2</sup>), medtem ko ima E+MI že več kot 3-krat nižjo površinsko maso (13,42 kg/m<sup>2</sup>).



Slika 21: Masna razmerja med komponentami različnih fasadnih sistemov

Grafikoni, znotraj Slike 21, predstavljajo masna razmerja med komponentami izbranih fasadnih sistemov. Kot vidimo se masni deleži spreminjajo glede na izbiro fasadne plošče. Pri fasadnem sistemu WF+MI predstavlja fasadna plošča iz WF kar 64,58% površinske mase in pri

fasadnem sistemu MP+MI predstavlja fasadna plošča 62,68%. Nižji delež predstavljajo fasadne plošče pri fasadnem sistemu MW+MI – 33,46%, pri fasadnem sistemu E+MI 20,12% in pri fasadnem sistemu PIR+MI 24,44%. Pri upoštevanju, da se pri lepljenju in armiranju uporablja enaka lepilna malta, predstavlja lepilna malta največji delež v fasadnih sistemih MW+MI, E+MI in PIR+MI. Pri fasadnih sistemih E+MI in PIR+MI predstavlja zaključni omet blizu 15% celotne površinske mase, medtem ko pri ostalih fasadnih sistemih dosega manj kot 10% delež – pri WF+MI 4,75%, pri MW+MI 9,70% in pri MP+MI 6,37%.

### 5.3.2 Rezultati analize

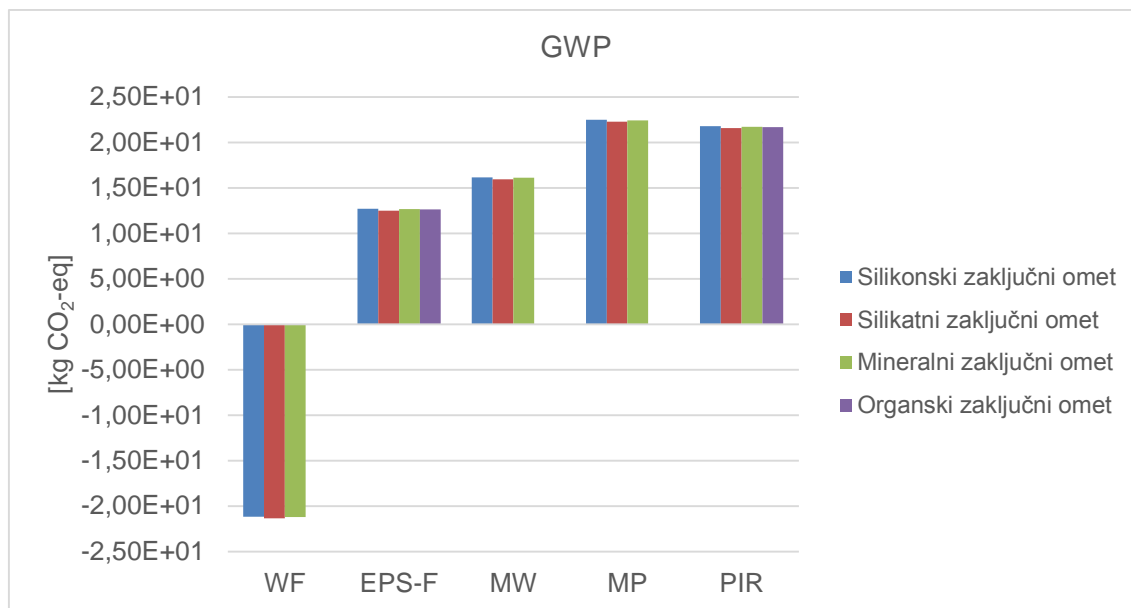
Potek LCA analize je pri vseh fasadnih sistemih potekal na enak način kot pri fasadnem sistemu E+SO (fasadni sistem obravnavan v 4. poglavju), le da so bili uporabljeni drugačni materiali in drugačne količine. V nadaljevanju so v preglednicah in grafikonih predstavljeni ter interpretirani rezultati analize. Grafikoni so razdeljeni na štiri sklope. V prvem sklopu so vrednosti kombinacije fasadne plošče WF z različnimi zaključnimi ometi, v drugem sklopu so vrednosti kombinacije fasadne plošče EPS-F z različnimi zaključnimi ometi, v tretjem sklopu so vrednosti kombinacije fasadne plošče MW z različnimi zaključnimi ometi, v četrtem sklopu so vrednosti kombinacije fasadne plošče MP z različnimi zaključnimi ometi in v petem sklopu so vrednosti kombinacije fasadne plošče PIR z različnimi zaključnimi ometi. Kljub temu da imata lepilna in armirna malta visok masni delež v fasadnih sistemih in, da tudi precej prispevata k vrednostim kazalcev okoljskih vplivov, predstavljata v fasadnem sistemu komponenti, ki jih ne moremo zamenjati oz. vgraditi manjšo količino. Prav tako iz fasadnih sistemov ne moremo izločiti sider, armirne mrežica in osnovnega premaza. Zaradi naštetih dejstev bomo pri interpretaciji rezultatov izpustili vpliv navedenih komponent.

### Potencial globalnega segrevanja GWP

V nadaljevanju so v Preglednici 40 in na Grafikonu 20 predstavljene vrednosti vplivov fasadnih sistemov na GWP.

Preglednica 40: GWP – fasadni sistemi

GWP [kg CO <sub>2</sub> -eq]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	-2,12E+01	-2,14E+01	-2,12E+01	x
FS E	1,27E+01	1,25E+01	1,27E+01	1,26E+01
FS MW	1,62E+01	1,60E+01	1,61E+01	x
FS MP	2,25E+01	2,23E+01	2,24E+01	x
FS PIR	2,18E+01	2,16E+01	2,17E+01	2,17E+01



Grafikon 20: GWP – fasadni sistemi

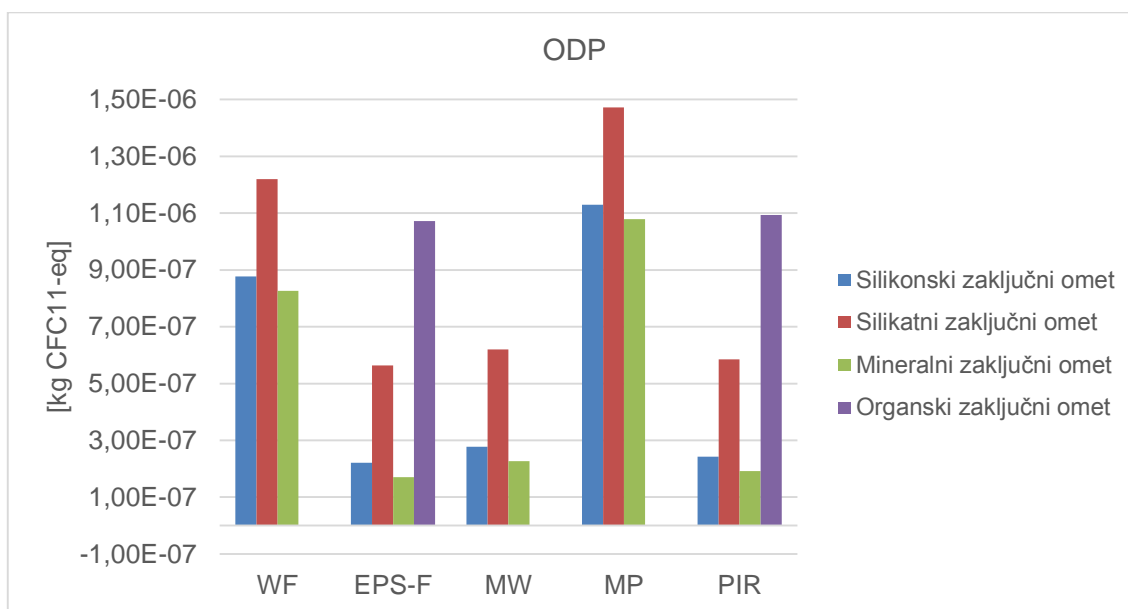
Kot vidimo iz Preglednice 40 in Grafikona 20 ima najnižji, negativni, GWP fasadni sistem s fasadno ploščo WF. Posledica negativne vrednosti fasadnih sistemov s fasadno plošč WF je posledica rezultata fasadne plošče LW zaradi nastanka lesa z vezanjem CO<sub>2</sub> iz atmosfere in upoštevanja skladiščenja CO<sub>2</sub> v fasadni plošči. Kot smo pri primerjavi masnih deležev fasadnih sistemov videli, predstavlja fasadna plošča LW več kot 60% masnega deleža vseh fasadnih sistemov z WF. Razlike med fasadnimi sistemi z WF so glede na uporabo zaključnega ometa minimalne. Najugodnejši GWP ima WF+SA, fasadna sistema WF+SO in WF+MI imata za manj kot 1% slabši rezultat. Majhen prispevek zaključnega ometa na GWP potrjuje dejstvo, da ima silikonski zaključni omet na deklarirano enoto 1 m<sup>2</sup> za skoraj 10% višji GWP od mineralnega zaključnega ometa, fasadna sistema WF+SO in WF+MI pa se razlikujeta za manj kot 3%. Med fasadnimi sistemi s pozitivno vrednostjo GWP je najugodnejši fasadni sistem E+SA, ki je za manj kot 1% boljši od E+OR in za manj kot 2% od E+SO in E+MI. MW+MI ima ca. 22% slabši GWP od E+SI in E+MI. Najslabši GWP imajo fasadni sistemi s ploščami MP in PIR. Splošno gledano so razlike med fasadnimi sistemi z enako fasadno ploščo in različnimi zaključnimi ometi največ 2%. Iz tega lahko sklepamo, da na vrednost GWP v fasadnem sistemu najbolj vpliva izbira fasadne plošče.

## Potencial tanjšanja ozonske plasti ODP

V nadaljevanju so v Preglednici 41 in na Grafikonu 21 predstavljene vrednosti vpliva fasadnih sistemov na ODP.

Preglednica 41: ODP – fasadni sistemi

ODP [kg CFC11-eq]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	8,77E-07	1,22E-06	8,26E-07	x
FS E	2,21E-07	5,63E-07	1,70E-07	1,07E-06
FS MW	2,77E-07	6,20E-07	2,27E-07	x
FS MP	1,13E-06	1,47E-06	1,08E-06	x
FS PIR	2,42E-07	5,85E-07	1,92E-07	1,09E-06



Grafikon 21: ODP – fasadni sistemi

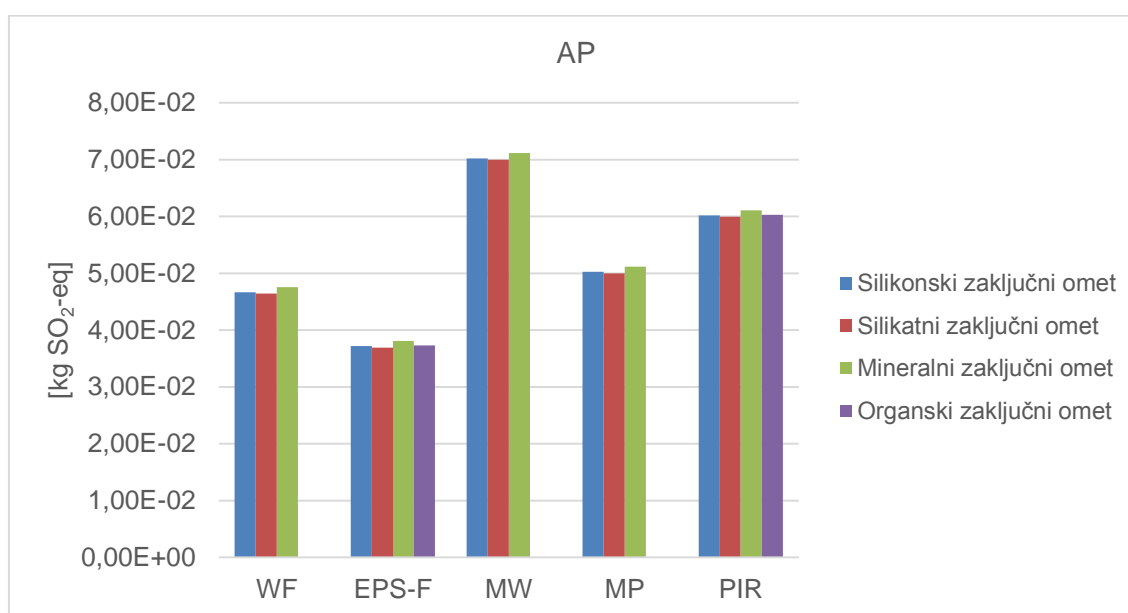
Preglednica 41 in Grafikon 21 predstavljata vpliv fasadnih sistemov na tanjšanje ozonske plasti. Kot lahko iz rezultatov vidimo ima na ODP največji vpliv izbira fasadne plošče, razen pri ploščah iz MW. Najmanjši vpliv na ODP imajo E+MI, MW+MI in PIR+MI, torej fasadni sistemi z mineralnim zaključnim ometom. Ker gre za majhne vrednosti ODP, se pri preostalih fasadnih sistemih z mineralnim zaključnim ometom že pozna vpliv površinske mase fasadnih plošč. Zaradi tega imajo WF+MI in MP+MI, manj ugodno vrednost ODP kot jo imajo fasadni sistemi E+SO, MW+SO, PIR+SO, E+SA, MW+SA in PIR+SA. Iz rezultatov lahko sklepamo, kar smo ugotovili tudi pri primerjavi zaključnih ometov, da imata največji vpliv na ODP organski ter silikatni zaključni omet.

## Potencial zakisovanja okolja AP

Preglednica 42 in Grafikon 22 predstavljata vrednosti vpliva fasadnih sistemov na AP.

Preglednica 42: AP – fasadni sistemi

AP [kg SO <sub>2</sub> -eq]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	4,67E-02	4,64E-02	4,76E-02	x
FS E	3,72E-02	3,69E-02	3,81E-02	3,73E-02
FS MW	7,02E-02	7,00E-02	7,11E-02	x
FS MP	5,02E-02	5,00E-02	5,12E-02	x
FS PIR	6,02E-02	5,99E-02	6,11E-02	6,03E-02



Grafikon 22: AP – fasadni sistemi

Kot vidimo iz Preglednice 42 in Grafikona 22 imajo najnižji vpliv na AP fasadni sistemi s fasadno ploščo EPS-F (E+SO, E+SA, E+MI, E+OR). Tako kot pri GWP, so razlike med izbiro zaključnega ometa največ 2%, zaradi česar sklepamo, da izbira zaključnega ometa na AP ne igra velike vloge. Največji vpliv na zakisovanje imajo fasadni sistemi s fasadno ploščo MW (MW+SO, MW+SA, MW+MI), kar smo ugotovili tudi pri primerjavi fasadnih plošč.

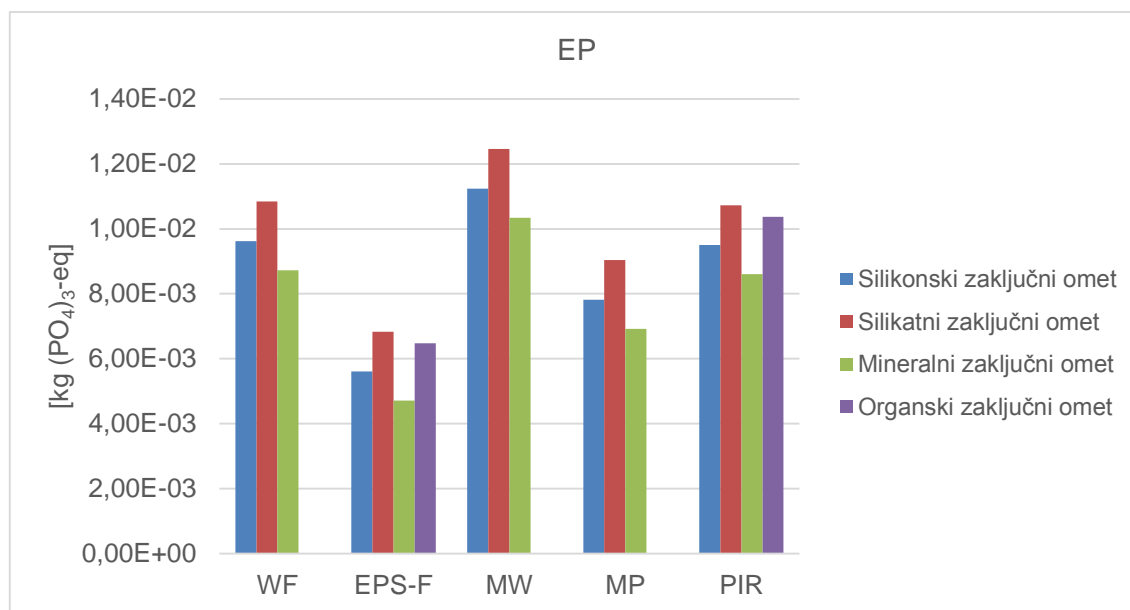
## Evtrofikacijski potencial EP

V nadaljevanju so v Preglednici 43 in na Grafikonu 23 predstavljene vrednosti vpliva fasadnih sistemov na EP.



Preglednica 43: EP – fasadni sistemi

EP [kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> -eq]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	9,62E-03	1,08E-02	8,73E-03	x
FS E	5,61E-03	6,83E-03	4,71E-03	6,48E-03
FS MW	1,12E-02	1,25E-02	1,03E-02	x
FS MP	7,81E-03	9,03E-03	6,92E-03	x
FS PIR	9,50E-03	1,07E-02	8,60E-03	1,04E-02



Grafikon 23: EP – fasadni sistemi

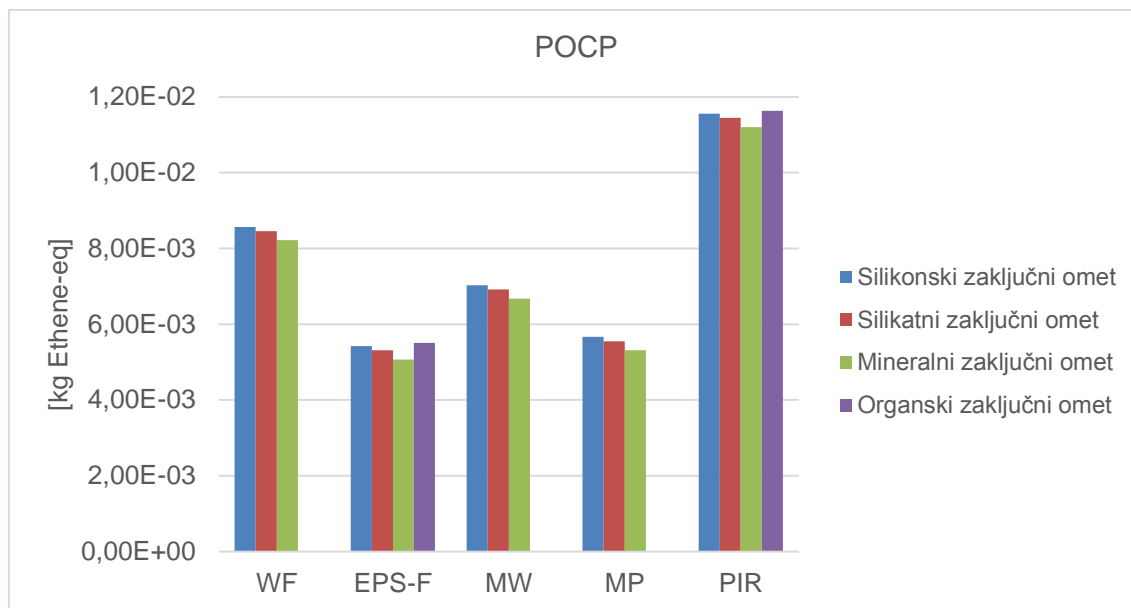
Preglednica 43 in Grafikon 23 prikazujeta, da imajo najnižji vpliv na EP fasadni sistemi s fasadno ploščo EPS-F (E+SO, E+SA, E+MI, E+OR). Pri EP igra vlogo tudi izbira zaključnega ometa. Tako je razlika med E+SA in E+MI kar 31%. Najugodnejši fasadni sistem za EP je sicer E+MI, najbolj neugoden za EP pa je MW+SA.

### Potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP

Preglednica 44 in Grafikonu 24 predstavljata vrednosti vpliva fasadnih sistemov na POCP.

Preglednica 44: POCP – fasadni sistemi

POCP [kg Ethene-eq]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	8,57E-03	8,46E-03	8,22E-03	x
FS E	5,42E-03	5,31E-03	5,07E-03	5,50E-03
FS MW	7,03E-03	6,92E-03	6,68E-03	x
FS MP	5,67E-03	5,55E-03	5,31E-03	x
FS PIR	1,16E-02	1,14E-02	1,12E-02	1,16E-02



Grafikon 24: POCP – fasadni sistemi

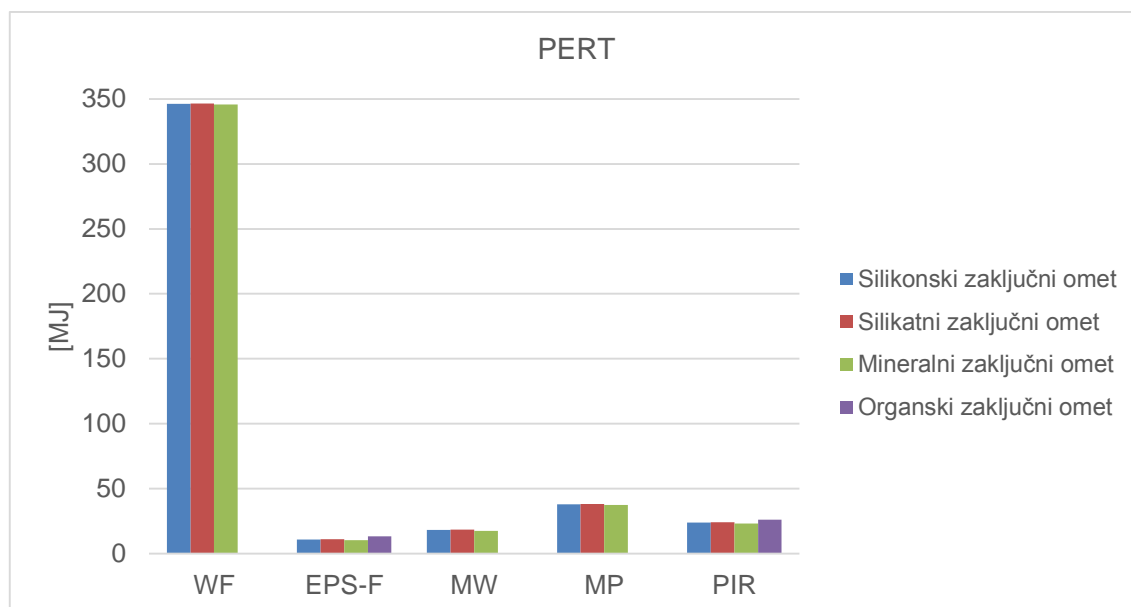
Kot vidimo iz Preglednice 44 in Grafikona 24 imajo, tako kot pri AP in EP, najnižji vpliv na POCP fasadni sistemi s fasadnima ploščama EPS-F in MP. Pri fasadnem sistemu z EPS-F ploščo predstavlja razlika med mineralnim in silikonskim zaključnim ometom 1%, med mineralnim in silikatnim 3% ter med mineralnim in organskim zaključnim ometom 8%. Glede na kazalnik POCP se za zaključni omet priporoča izbira mineralnega, silikatnega ali silikonskega zaključnega ometa.

### Skupna raba obnovljivih virov primarne energije PERT

V nadaljevanju so v Preglednici 45 in na Grafikonu 25 predstavljene vrednosti vpliva fasadnih sistemov na PERT.

Preglednica 45: PERT – fasadni sistemi

PERT [MJ]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	3,46E+02	3,47E+02	3,46E+02	x
FS E	1,09E+01	1,11E+01	1,02E+01	1,32E+01
FS MW	1,81E+01	1,84E+01	1,75E+01	x
FS MP	3,80E+01	3,82E+01	3,73E+01	x
FS PIR	2,37E+01	2,40E+01	2,31E+01	2,61E+01



Grafikon 25: PERT – fasadni sistemi

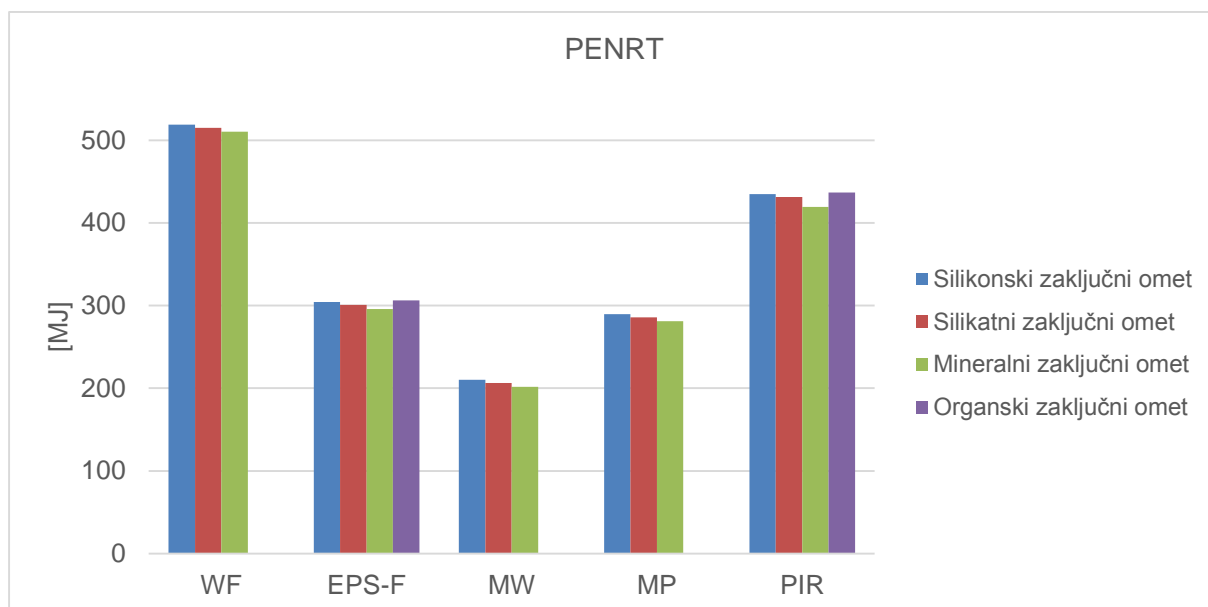
Na Preglednici 45 in na Grafikonu 25 vidimo, da je PERT za fasadne sisteme zelo različen. Močno odstopa vrednost fasadnih sistemov s fasadno ploščo WF. Najnižji PERT imajo fasadni sistemi s fasadno plošč EPS-F (E+SO, E+SA, E+MI, E+OR), sledijo fasadni sistemi s fasadno ploščo MW (MW+SO, MW+SA, MW+MI), fasadni sistemi s fasadno ploščo PIR (PIR+SO, PIR+SA, PIR+MI, PIR+OR) in fasadni sistemi s fasadno ploščo MP (MP+SO, MP+SA, MP+MI). Izbira zaključnega ometa na kazalec PERT ne igra odločilne vloge.

### Skupna raba neobnovljivih virov primarne energije PENRT

V nadaljevanju so v Preglednici 46 in na Grafikonu 26 predstavljene vrednosti vpliva fasadnih sistemov na PENRT.

Preglednica 46: PENRT – fasadni sistemi

PENRT [MJ]	Silikonski zaključni omet	Silikatni zaključni omet	Mineralni zaključni omet	Organski zaključni omet
FS WF	5,19E+02	5,15E+02	5,10E+02	x
FS E	3,04E+02	3,01E+02	2,96E+02	3,06E+02
FS MW	2,10E+02	2,06E+02	2,02E+02	x
FS MP	2,90E+02	2,86E+02	2,81E+02	x
FS PIR	4,35E+02	4,31E+02	4,19E+02	4,37E+02



Grafikon 26: PENRT – fasadni sistemi

Kot vidimo iz Preglednice 46 in Grafikona 26, predstavljajo, tako kot pri PERT, največjo rabo neobnovljivih virov primarne energije fasadni sistemi s fasadno ploščo WF in fasadni sistemi s fasadno ploščo MP. Tudi pri PERT predstavljajo najnižjo porabo fasadni sistemi s fasadno ploščo EPS-F. Izbira zaključnega ometa na kazalec PENRT, tako kot pri PERT, ne igra odločilne vloge.

### 5.3.3 Diskusija

Pri primerjavi fasadnih sistemov glede kazalcev okoljskih vplivov smo ugotovili, da pri vseh okoljskih vplivih, največjo vlogo igra izbira fasadne plošče. Glede na kazalce okoljskih vplivov so pri vseh kazalcih, razen pri GWP, najmanj škodljivi fasadni sistemi s fasadno ploščo EPS-F. Pri GWP so najbolj ugodni fasadni sistemi s fasadno ploščo iz WF. Izbira zaključnega ometa predstavlja največ 3% razlike pri vseh okoljskih kazalcih razen pri ODP in EP.

## 6 ZAKLJUČEK

S pomočjo programske opreme GaBi 6 in podatkovnih baz GaBi professional and extension database in Econinvent integrated 2.2 smo lepilno malto, fasadne plošče, zaključni omet in fasadne sisteme ovrednotili z metodo analize življenjskega cikla – LCA. Meje sistema so bile postavljene za Fazo izdelave (A1 – A3), ki upošteva pridobivanje surovin in transport do proizvodnega obrata, proizvodnjo materiala, energijo za proizvodnjo, transport znotraj proizvodnega obrata. Pri interpretaciji smo uporabljali kazalce okoljskih vplivov potencial globalnega segrevanja GWP, potencial tanjšanja ozonske plasti ODP, potencial zakisovanja okolja AP, evtrofikacijski potencial EP, potencial nastajanja fotokemičnih oksidantov POCP, izrabo abiotskih virov naravnih surovin ADPE, izrabo abiotskih virov fosilnih surovin ADPF in rabo primarne energije (rabo obnovljivih virov primarne energije PERT ter rabo neobnovljivih virov primarne energije PENRT).

Pri lepilni malti in pri zaključnem ometu smo ugotovili, da za vse kazalce okoljskih vplivov predstavlja pridobivanje surovin več kot 95% pri lepilni malti in več kot 80% pri zaključnem ometu. Največji vpliv na kazalce okoljskih vplivov lepilne malte predstavljajo cement, disperzijski prah in zgoščevalno sredstvo. Za lepilno malto največji delež PERT predstavlja pridobivanje vreč 60,03%. Pridobivanje surovin za lepilno malto predstavlja več kot 90% PENRT, največ disperzijsko sredstvo (45,47%) in cement (21,63%). Pri kazalcih okoljskih vplivov za zaključni omet smo ugotovili, da ima na vse kazalce okoljskih vplivov največji vpliv polimerna disperzija. Razen pri ADPE, na katerega najbolj vplivajo vlakna. Pri zaključnem ometu predstavlja pridobivanje surovin 49,62% PERT, 46,19% pa predstavlja energija za proizvodni proces. Največji delež PERT pri proizvodnem procesu ima elektrika, med surovinami pa polimerna disperzija. Pridobivanje surovin za zaključni omet predstavlja več kot 82% PENRT, največ pridobivanje polimerne disperzije 60,96%.

Pri primerjavi fasadnih plošč smo dokazali smiselnost funkcionalne enote, ki se določi glede na uporabo in namen proizvoda. Glede na zastavljen problem smo kot bolj primerno enoto ocenili 1 m<sup>2</sup>. Za funkcionalno enoto 1 m<sup>2</sup> ima na GWP najmanjši vpliv fasadna plošča WF, na ADPF in PENRT najmanj vpliva fasadna plošča MW, medtem ko fasadna plošča EPS-F najmanj vpliva na ODP, AP, EP, POCP, ADPE in PERT.

Izračunani LCA za zaključni omet smo primerjali z javno dostopnimi EPD-ji. Javno dostopni EPD-ji v tem primeru ne vsebujejo ADPF. Glede na vpliv na kazalce okoljskih vplivov se najbolje izkažeta mineralni in silikatni zaključni omet. Tako ima najmanjši vpliv na GWP in na AP silikatni zaključni omet, na vse ostale kazalce okoljskih vplivov ter na PERT in PENRT pa

ima najmanjši vpliv mineralni zaključni omet. Vendar ima mineralni zaključni omet največji vpliv na AP, silikatni zaključni omet pa na EP. Silikonski zaključni omet ima največji vpliv na GWP, organski zaključni omet pa na ODP, POCP ter na PERT in PENRT.

Pri primerjavi fasadnih sistemov smo ugotovili, da predstavlja največji vpliv na okolje izbira fasadne plošče. Visok delež pri kazalcih okoljskega vpliva imata tudi lepilna in armirna malta. Uporabljena količina malte je odvisna od izbire fasadne plošče. Izbira zaključnega ometa na vrednost kazalcev okoljskega vpliva nima bistvenega vpliva, zato se iz stališča izbire zaključnega ometa bolj priporoča izbira glede na lastnosti, kot sta zahteva po paroprepustnosti in vodoodbojnosti.

Pri primerjavi smo ugotovili, da različni proizvodi različno vplivajo na kazalce okoljskih vplivov. Zaradi tega ni primerno, da se primerjava izvede zgolj za en kazalec okoljskih vplivov, tako kot je trenutna praksa – primerjava glede na potencial globalnega segrevanja ali glede na rabo primarne energije. Kakovost rezultatov je odvisna predvsem od kakovosti podatkovnih baz, zato je v prihodnosti potrebno poskrbeti za čim obširnejšo in verodostojno bazo podatkov za posamezne surovine in procese. Z večjimi bazami se bo izločila tudi možnost manipuliranja in prirejanja rezultatov. Odločilno vlogo pri vsem tem bodo morale odigrati neodvisne organizacije, ki bodo opravljale LCA analize in zakonodaja, ki bo proizvajalce prisilila v trajnostno razmišljanje. Pri tem je potrebno poudariti, da so nekatere surovine in dodatki v proizvodih nujni za doseganje lastnosti, ki jih mora določeni proizvod dosegati. Cilj proizvajalcev mora tako biti usmerjen v optimizacijo proizvodov in proizvodnih procesov na način, da bodo imeli čim manjši vpliv na okolje in obenem dosegali zelene lastnosti.

## VIRI

- [1] Kunič, R. 2007. Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trakov na konstrukcijske sklope. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 13 str.
- [2] Eur-lex. 2015. Energetska učinkovitost stavb.  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=URISERV%3Aen0021>  
(Pridobljeno 10.4.2016.)
- [3] Stat Sl. 2014. Poraba energije in goriv v gospodinjstvih, Slovenija, 2014. Statistični urad Republike Slovenije.  
<http://www.stat.si/StatWeb/prikazi-novico?id=5495&idp=5&headerbar=4> (Pridobljeno 14.4.2016.)
- [4] Direktiva 2010/31/EU. 2010. Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19.maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev).  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=SL> (Pridobljeno 14.4.2016.)
- [5] PURES. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS št. 52/2010).  
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 14.4.2016.)
- [6] Baunit. 2015. Fasadni sistemi.  
[http://www.baunit.si/upload/download/Baunit\\_fasadni\\_sistemi.pdf](http://www.baunit.si/upload/download/Baunit_fasadni_sistemi.pdf) (Pridobljeno 20.4.2016.)
- [7] Baunit. 2015. Energija.  
[http://www.baunit.si/upload/download/Baunit\\_Energija.pdf](http://www.baunit.si/upload/download/Baunit_Energija.pdf) (Pridobljeno 20.4.2016.)
- [8] SIST EN ISO 14040:2006. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Načela in okviri.
- [9] SIST EN ISO 14044:2006. Ocenjevanje življenjskega cikla – Zahteve in smernice.
- [10] Pravila za kategorije proizvodov (PCR). 2014. Rechenregln für die Ökobilanz und Anforderungen an den Hintergrundbericht.  
<http://www.oekobaudat.de> (Pridobljeno 9.5.2016.)
- [11] GaBi 6: Programska oprema in podatkovna baza. Leinfelden-Echterdingen. LBP, Univerza v Stuttgartu in PE INTERNATIONAL AG.  
[www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com) (Pridobljeno 15.4.2016.)
- [12] <http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases/> (Pridobljeno 15.4.2016.)
- [13] <http://www.gabi-software.com/databases/ecoinvent/> (Pridobljeno 20.4.2016.)
- [14] Mori, M. 2016. Vrednotenje naprednih energetskih sistemov z metodo analize življenjskih ciklov.

- [http://lab.fs.uni-lj.si/kes/napredne\\_tehnologije\\_v\\_energetiki/izvlecki.pdf](http://lab.fs.uni-lj.si/kes/napredne_tehnologije_v_energetiki/izvlecki.pdf) (Pridobljeno 2.5.2016.)
- [15] GaBi. Description of the CML 2001 Method.  
<http://www.gabi-software.com/international/support/gabi/gabi-lcia-documentation/cml-2001/> (Pridobljeno 16.4.2016.)
- [16] [http://itpvo.epf.uni-mb.si/yanaliza\\_lca.htm](http://itpvo.epf.uni-mb.si/yanaliza_lca.htm) (Pridobljeno 2.5.2016.)
- [17] SIST EN ISO/TR 14047:2012. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Primeri uporabe ISO 14044.  
[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=57109](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=57109) (Pridobljeno 19.3.2016.)
- [18] SIST-TS ISO/TS 14048:2002. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Oblika dokumentiranja podatkov za ocenjevanje življenjskega cikla.  
[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=29872](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=29872) (Pridobljeno 19.3.2016.)
- [19] SIST-TP ISO/TR 14049:2012. Ravnanje z okoljem – Ocenjevanje življenjskega cikla – Primeri uporabe ISO 14044 za opredelitev cilja in obsega ter inventarizacijo.  
[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=57110](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=57110) (Pridobljeno 19.3.2016.)
- [20] Jordan, S., Knez, N., Knez, F. 2010. Ravnanje z okoljem – ocenjevanje življenjskega cikla (LCA). Gradbenik 14, 2: 36 – 38.
- [21] European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability. 2010. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance.
- [22] Charter, M., Keller, S., Clements. 2013. V. A Guide for SMEs on – Eco-design for the construction industry.  
<http://cfsd.org.uk/site-pdfs/eco-design-for-the-construction-industry-brochure-uk.pdf> (Pridobljeno 20.3.2016.)
- [23] Kunič, R. 2010. Pomembnost toplotnih izolacij v primerih novogradenj in obnov. Gradbenik 14, 1 – 8.
- [24] SIST EN ISO 14024:2016. Okoljske označbe in deklaracije – Okoljsko označevanje I. vrste – Načela in postopki (ISO 14024:1999).
- [25] Knez, F. 2012. Zahteve za proizvajalce gradbenih proizvodov.  
<http://www.gbc-slovenia.si/wp-content/uploads/2012/11/7-Zahteve-za-gradbene-proizvode-Friderik-Knez.pdf> (Pridobljeno 21.4.2016.)
- [26] SIST EN ISO 14021:2016. Okoljske označbe in deklaracije – Okoljsko samodeklariranje (okoljsko označevanje II. vrste) (ISO 14024:2016.)



- [27] Umanotera. Znaki za okolje.  
[http://www.umanotera.org/upload/files/Znaki\\_za\\_okolje.pdf](http://www.umanotera.org/upload/files/Znaki_za_okolje.pdf) (Pridobljeno 26.4.2016.)
- [28] SIST EN ISO 14025:2010. Okoljske označbe in deklaracije – Okoljske deklaracije tipa III – Načela in postopki (ISO 14025:2006).
- [29] ZAG. Okoljska deklaracija proizvoda.  
<http://www.zag.si/si/certifikati-soglasja/sluzba-za-tehnicne-ocene-in-soglasja/okoljska-deklaracija-proizvoda> (Pridobljeno 28.4.2016.)
- [30] <http://www.ecosmes.net/cm/navContents?l=EN&navID=envProductProcedure&subNavID=2&pagID=4&flag=1> (Pridobljeno 29.4.2016.)
- [31] SIST EN 15804:2012+A1 2013. Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.
- [32] Baitz, M., Makishi Colodel, C., Kupfer, T., Florin, J., Schuller, O., Kokborg, M., Köhler, A., Thylmann, D., Stoffregen, A., Schöll, S., Görke, J., Rudolf, M., Liedke, A. 2014. GaBi Database & Modelling Principles 2014.  
[http://www.gabi-software.com/fileadmin/gabi/Modelling\\_Principles/GaBi\\_Modelling\\_Principles\\_2014.pdf](http://www.gabi-software.com/fileadmin/gabi/Modelling_Principles/GaBi_Modelling_Principles_2014.pdf) (Pridobljeno 20.4.2016.)
- [33] [http://www.siq.si/varnost\\_in\\_elektromagnetika/storitve/oznaka\\_ce/](http://www.siq.si/varnost_in_elektromagnetika/storitve/oznaka_ce/) (Pridobljeno 21.4.2016.)
- [34] Baunit. 2015. Smernice za izvedbo Baunit fasadnih sistemov.  
[http://www.baunit.si/upload/download/Smernice\\_2015.pdf](http://www.baunit.si/upload/download/Smernice_2015.pdf) (Pridobljeno 18.4.2016.)
- [35] ETAG 004. 2013. Smernica za podelitev evropskega tehničnega soglasja za toplotnoizolacijske sestavljene sisteme za zunanje zidove z ometom.  
[http://www.ue.itb.pl/files/ue/etag/etag\\_004.pdf](http://www.ue.itb.pl/files/ue/etag/etag_004.pdf) (Pridobljeno 18.4.2016.)
- [36] GIZ PFSTI. 2014. TS PFSTI 01 – Tehnična smernica za pravilno izvedbo kontaktnih toplotnoizolacijskih fasadnih sistemov.  
<http://www.izolirajfasado.si/wp-content/uploads/2014/02/GIZ-PFSTI-TEHNIC%C4%9A%C5%9ANE-SMERNICE-prelom.pdf> (Pridobljeno 18.4.2016.)
- [37] <http://www.baunit.si/proizvodi/fasadni-sistemi/index.html> (Pridobljeno 20.4.2016.)
- [38] Baunit. 2016. Tehnični list Baunit StarContact White.  
[http://www.baunit.si/pimdamsi/pdb/PDBL\\_StarContact\\_White.pdf](http://www.baunit.si/pimdamsi/pdb/PDBL_StarContact_White.pdf) (Pridobljeno 3.5.2016.)
- [39] Kunič, R., Tavzes, Č., Kutnar, A. 2012. Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovoju stavb. Gradbenik 12, 206 – 214.
- [40] SIST EN 1991-1-4. Evrokod 1: Vplivi na nosilne konstrukcije 1 – 4 del: Splošni vplivi – Vplivi vetra.

- [41] SIST EN 1991-1-4. Evrokod 1: Vplivi na nosilne konstrukcije 1 – 4 del: Splošni vplivi – Obtežbe vetra – Nacionalni dodatek.
- [42] Baunit. 2016. Tehnični list Baunit SchraubDübel Speed.  
[http://www.baunit.si/pimdam/SI/pdb/PDBL\\_SchraubD\\_bel\\_Speed.pdf](http://www.baunit.si/pimdam/SI/pdb/PDBL_SchraubD_bel_Speed.pdf) (Pridobljeno 4.5.2016.)
- [43] Frössel, F. 2013. Der richtige Oberputz für die Gestaltung der Fassade.  
<http://www.energie-fachberater.de/fassade/fassadensanierung/putze-farben/der-richtige-oberputz-fuer-die-gestaltung-der-fassade.php> (Pridobljeno 4.5.2016.)
- [44] Frössel, F. 2013. Eigenschaften von Oberputzen.  
<http://www.energie-fachberater.de/dokumente/fassade/fassadensanierung/putze-farben/Tabelle-Eigenschaften-Oberputz.pdf> (Pridobljeno 4.5.2016.)
- [45] Baunit. 2015. Baunit pribor za fasadne sisteme.  
[http://www.baunit.si/upload/download/Baunit\\_pribor\\_za\\_fasadne\\_sisteme.pdf](http://www.baunit.si/upload/download/Baunit_pribor_za_fasadne_sisteme.pdf) (Pridobljeno 5.5.2016.)
- [46] K-UNI. 2016. K-Uni Katalog WDVS-ZÜBEHOR.  
[http://www.k-uni.at/wp-content/uploads/2016/04/k-uni\\_Katalog\\_web.pdf](http://www.k-uni.at/wp-content/uploads/2016/04/k-uni_Katalog_web.pdf) (Pridobljeno 5.5.2016.)
- [47] Pravila za kategorije proizvodov (PCR). PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Mineralische Werkmörtel.  
<http://www.oekobaudat.de> (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [48] Pravila za kategorije proizvodov (PCR). 2014. PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Beschichtungen mit organischen Bindemitteln.  
<http://www.oekobaudat.de> (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [49] Pravila za kategorije proizvodov (PCR). 2014. PCR Anleitungstexte für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen; Teil B: Anforderung an die EPD für Wärmedämmverbundsysteme.  
<http://www.oekobaudat.de> (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [50] Uredba EU 305/2011. 2011. Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. Marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive sveta 89/106/EGS.  
[http://www.mgrt.gov.si/si/delovna\\_podrocja/notranji\\_trg/sector\\_za\\_proizvode\\_in\\_blagovne\\_rezerve/gradbeni\\_proizvodi/uredba\\_eu\\_st\\_3052011/](http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/sector_za_proizvode_in_blagovne_rezerve/gradbeni_proizvodi/uredba_eu_st_3052011/) (Pridobljeno 1.5.2016.)
- [51] SIST EN 998-1. Specifikacija malt za zidanje-1.del: Malte za grobi in fini omet.
- [52] SIST EN 15824:2009. Specifikacije za zunanje in notranje omete na osnovi organskih veziv.

- [53] Direktiva 98/8/ES. 1998. Direktiva 98/8/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. februarja 1998 o dajaju biocidnih proizvodov v promet.  
[http://www.msds-europe.com/data/files/98\\_8\\_20120928\\_slo\\_d561fB.pdf](http://www.msds-europe.com/data/files/98_8_20120928_slo_d561fB.pdf) (Pridobljeno 1.5.2016.)
- [54] Uredba EU 528/2012. 2012. Uredba (EU) št. 528/2012 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. maja 2012 o dostopnosti na trgu in uporabi biocidnih proizvodov.  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32012R0528> (Pridobljeno 1.5.2016.)
- [55] Baunit. 2013. Izjava o lastnostih Baunit fasadni sistem Star EPS.  
[http://www.domtrade.si/documents/domtrade/ponudba/Navodila\\_in\\_dokumenti/BAUMIT/izjava\\_o\\_lastnostih\\_baunit\\_star\\_eps\\_s\\_prilogo.pdf](http://www.domtrade.si/documents/domtrade/ponudba/Navodila_in_dokumenti/BAUMIT/izjava_o_lastnostih_baunit_star_eps_s_prilogo.pdf) (Pridobljeno 5.5.2016.)
- [56] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). 2011. EPD-STO-20008211-D.  
[http://bau-umwelt.de/download/CY17753788X13944544aa2XY5cfa/EPD\\_STO\\_2008211\\_D\\_Strukturputz.pdf](http://bau-umwelt.de/download/CY17753788X13944544aa2XY5cfa/EPD_STO_2008211_D_Strukturputz.pdf) (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [57] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). 2011. EPD-STO-2011331-D.  
[http://bau-umwelt.de/download/C22c6e652X12ec8e981d1XY7e00/EPD\\_STO\\_2011331\\_D.pdf](http://bau-umwelt.de/download/C22c6e652X12ec8e981d1XY7e00/EPD_STO_2011331_D.pdf) (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [58] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). 2014. EPD-EJO-20140128-IBD1-DE.  
[http://www.ejot.com/medias/sys\\_master/002/h31/hc5/8851353993246/EPD-Befestigungssysteme-fuer-Waermedaemm-Verbundsysteme-de.pdf](http://www.ejot.com/medias/sys_master/002/h31/hc5/8851353993246/EPD-Befestigungssysteme-fuer-Waermedaemm-Verbundsysteme-de.pdf) (Pridobljeno 10.5.2016.)
- [59] Baunit. 2015. Tehnični list Baunit StarTex.  
[http://www.baunit.si/pimdamsi/pdb/PDBL\\_StarTex.pdf](http://www.baunit.si/pimdamsi/pdb/PDBL_StarTex.pdf) (Pridobljeno 10.5.2016.)