

(Ne)vidno notranje bivalno okolje

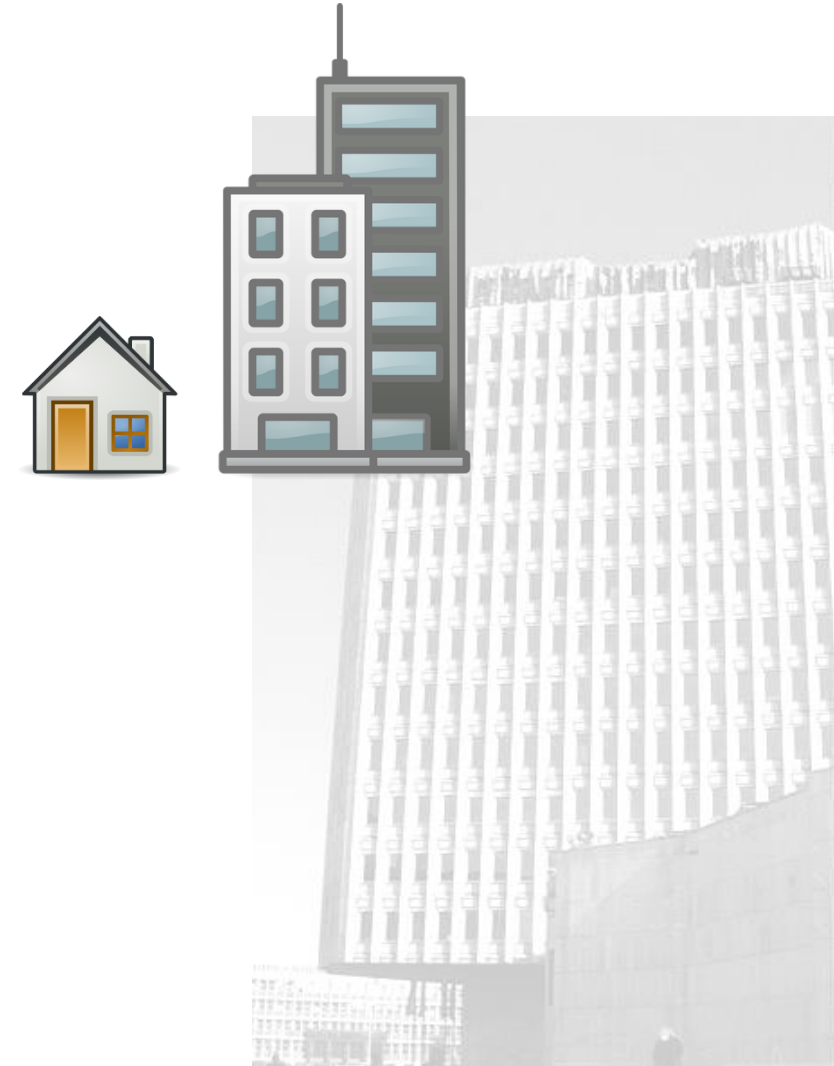
Doc. dr. Sabina Jordan

Oddelek za gradbeno fiziko, ZAG

sabina.jordan@zag.si

Človek in stavbe

- Osnovna funkcija stavb
 - Zaščita, varnost, gostota/m²
- > 90 % našega časa preživimo v notranjosti*
- Viri škodljivih snovi: zunanji, notranji
- Stanje stavb:
 - 80 % stavbnega fonda (do 2050) že zgrajenega
 - 50 % stanovanjskih stavb zgrajenih pred 1970



• Hoppe, P. in Martinac, I. (1998). Indoor climate and air quality, International Journal of Biometeorology, 42, 1-7.
• Klepeis, N. E., Nelson, W. C., Ott, W. R., Robinson, J. P., Tsang, A. M., Switzer, P., Behar, J. V., Hern, S. C. in Engelmann, W. H. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 11, 231-252.

Razvoj stavb

- Razvoj: novi materiali, snovi, tehnologije gradnje...
- VOC: katera koli organska spojina kot tudi frakcija kreozota, ki ima pri 293,15 K parni tlak 0,01 kPa ali več ali ima ustrezno hlapnost v posebnih pogojih uporabe*



Nacionalni izvedbeni načrt za Stockholmsko konvencijo o obstojnih organskih onesnaževalih (2001)

PRAVILNIK (2000) in UREDBA (2008) o odstranjevanju polikloriranih bifenilov in polikloriranih terfenilov

- Kateri gradbeni materiali?
 - Dilatacijske tesnilne mase (betonski elementi)
 - Tesnilne mase (okna, zasteklitve, podboji, fuge sanitarij)
 - Opleski (stenski, stropni) in lepila
 - Stropne plošče (mehčala, protipožarna sredstva)
 - Gradbeni elementi iz plastičnih mas
 - Električne napeljave (izolacija, ovoji)

PCB:

- Poliklorirani bifenili (Poliklorirani terfenil, Monometiltetraklorodifenilmetan, Monometildiklorodifenilmetan, Monometildibromodifenilmetan..)
- Ksenobiotik in ena najbolj toksičnih snovi (zelo rakotvoren)
- ZDA proizvodnja 1979
- Stockholmska konvencija 2001
- Onesnaženje reke Krube od leta 1985

UREDBA:

- Stavbe iz 1950–1980
- Izdelava popisa - materiali s PCB in ocena količin materialov (kg)

UREDBA o odstranjevanju polikloriranih bifenilov in polikloriranih terfenilov, Uradni list RS, št. 34/08 z dne 7. 4. 2008, št. 9/09 z dne 6. 2. 2009

Problematika

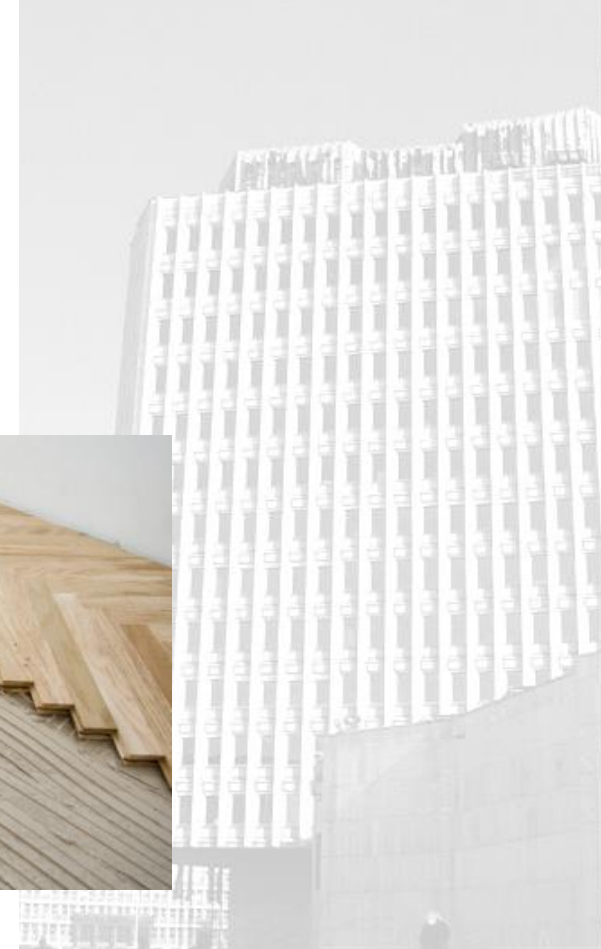
- VOC:
 - Vpliv na zdravje
 - Počasno sproščanje v notranji zrak
 - Med projektiranjem NI MOGOČE izračunati (oceniti) prihodnjih koncentracij
- Viri VOC v stavbah:
 - Gradbeni in finalizacijski izdelki
 - Gospodinjski izdelki
- Strategije

VOC:
- Hlapne organske spojine



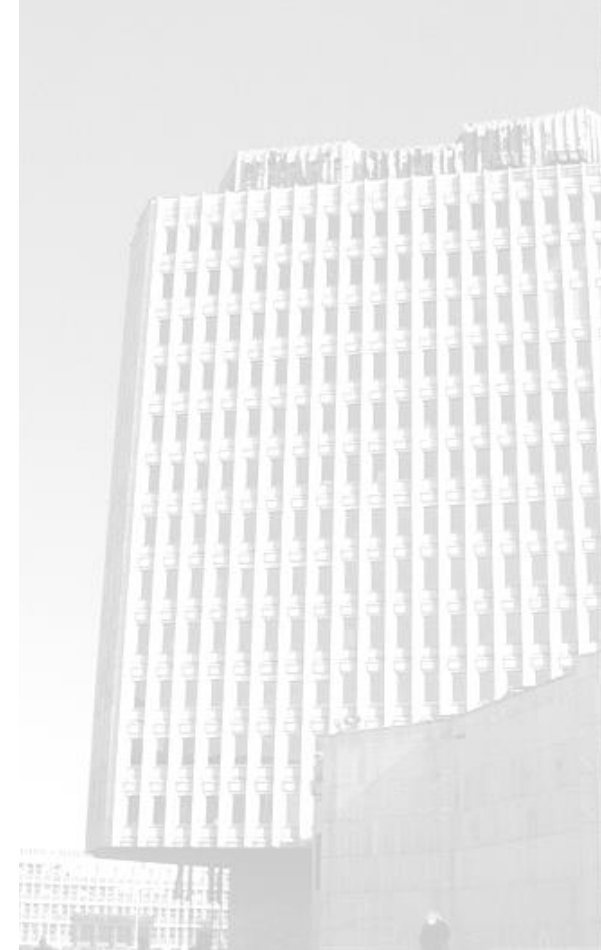
Viri VOC - gradbeništvo

- Gradbeni in finalizacijski izdelki:
 - Plošče za oblaganje
 - Barve in laki (stene, tla, stopnice, vrata, okna, ograje)
 - Odstranjevalci barv in druga topila
 - Tekstilne talne obloge
 - Laminat in fleksibilne talne obloge
 - Lesene talne obloge
 - Lepila in tesnilne mase
 - Notranja toplotna izolacija
 - Notranji dodatni sloji (parne zapore ...)



Viri VOC - gospodinjstvo

- Gospodinjski izdelki
 - Aerosolni spreji
 - Čistila in razkužila
 - Sredstva za odganjanje moljev
 - Osvežilci zraka
 - Potrebščine za hobije
 - Kemično očiščena oblačila
 - Pesticidi
 - Tekstil



Primeri kancerogenih VOC

Kancerogeni VOC	Uporaba v gradbeništvu
Formaldehid	Kemikalije, iverne plošče, lepila, vlaknene plošče in vezane plošče
Acetaldehid (Etanal)	Poliestrške smole, barvila, laminati, pluta, linolej, guma, papir
Benzen	Plastika, guma, barve, detergenti
Vinilklorid	PVC izdelki: cevi, plašči za kable, žice, embalaža
Akrilamid	Papir, barvila, umetne mase

FORMALDEHID:

- Formaldehidne smole
- Dezinfekcijsko in biocidno sredstvo
- Toksičen, alergen, karcinogen in mutagen

ACETALDEHID:

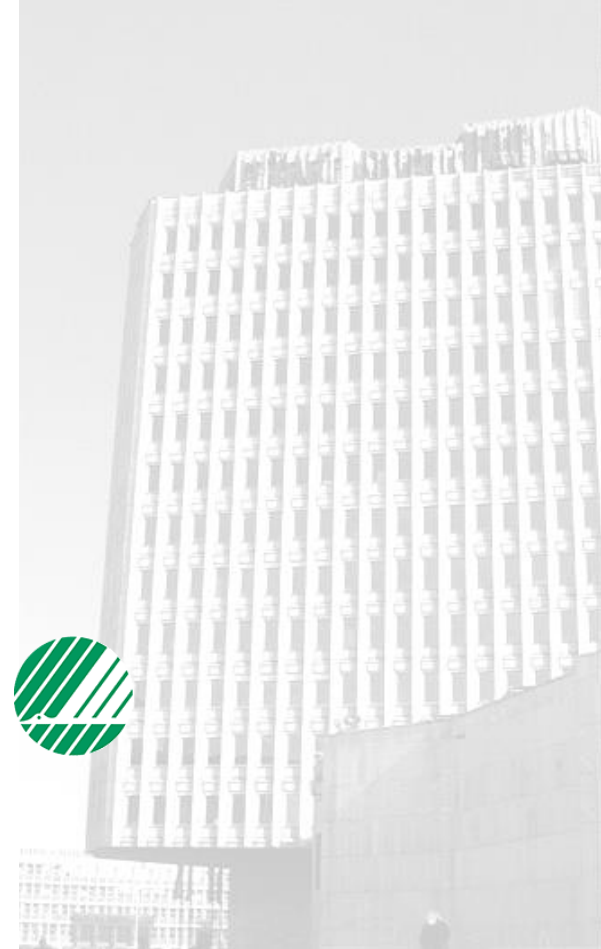
- močno draži kožo, oči, sluznico in pljuča

BENZEN:

- industrijsko topilo
- v kozmetiki do leta 1920
- pri zgorevanju tobaka
- Povzročča okvare jeter, ledvic, pljuč, srca, možganov, DNK in kromosomov

Ukrepanje - pri viru emisij

- Kontrola nad viri emisij:
 - Postopki merjenja, analiziranja in ovrednotenja izdelkov
 - Serija standardov SIST ISO 16000 – metode za določevanje formaldehida v notranjem zraku in v preskusnih komorah, metoda aktivnega vzorčenja; določevanje VOC v notranjem zraku in zraku v preskusnih komorah z aktivnim vzorčenjem na sorbentu Tenax TA, termično desorpcijo in plinsko kromatografijo z MS ali MS-FID..
 - Načrtovanje z izbiro ustreznih izdelkov (projektant)
 - Izdelki opremljeni z znaki kakovosti
 - Uporaba ustreznih gospodinjskih izdelkov (uporabnik)



Merjenje in analiziranje izdelkov

- Emisije VOC:
 - Neregulirano področje pri nas
 - Odločitev proizvajalca
 - Serija standardov SIST ISO 16000
 - Oprema za testiranje



Oprema ZAG:

- Komora za testiranje emisij VOC Olfasense EK250B
- prostornina komore 250 L
- Plinski kromatograf Agilent 7890B skupaj s kvadrupolnim masnim detektorjem 5977B
- GERSTEL termični desorber TD 3.5+

STANDARDI:

- ISO 16000-9, EN 16516:2018, EN 717-1

VZORČENJE:

- po 3 in po 28 dnevih od začetka preskusa

Ukrepanje - meritve v prostorih

- Kontrola koncentracij emisij z meritvami:
 - POGOJ: stavba narejena
 - 1. Merjenje z odvzemom vzorcev – oprema za analizo
 - 2. Zaznavala za merjenje realnem času (v prostoru):
 - Sprotno odčitavanje vrednosti - pokazatelj stanja
 - Uporabno za vodenje sistemov
 - Fotoionizacijsko zaznavalo (PID)
 - Plamensko ionizacijsko zaznavalo (FID),
 - Polprevodniška zaznavala
 - Slabosti:
 - Le merjenje TVOC
 - Zanesljivost in natančnost meritev

AD 1:

- Draga oprema
- Zapleten postopek
- Usposobljeno osebje
- Dolg čas analize

AD 2:

- Koncentracija TVOC ni nujno dober pokazatelj kakovosti notranjega zraka

Dopustne koncentracije v prostorih

- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb*
 - Dopustna koncentracija TVOC 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Identificiranih mora biti vsaj 70 % VOC
 - Emisija gradbenega materiala, brez emisij človeka in aktivnosti
 - Ne navaja po kateri metodi se določi koncentracija TVOC
 - Dopustna koncentracija FORMALDEHIDA 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - DGNB izločilni kriterij: formaldehid max 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabela 7: Dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka

		Enota	Dopustna vrednost
Ogljikov dioksid*	(CO ₂)	mg/m ³	3.000
Radon**	(Rn)	Bq/m ³	400
Amoniak in amini***	(NH ₃)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
Formaldehid***	(H ₂ CO)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
Hlapne organske snovi****	(VOC)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	600
Ogljikov monoksid	(CO)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10
Ozon	(O ₃)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
Masna koncentracija lebdečih trdnih delcev frakcije PM ₁₀ *****		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100

* Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/02, 105/02, 110/02 – ZGO-1 in 61/17 – GZ)
 • DGNB Criterion SOC 1.2 INDOOR AIR QUALITY, Version 2014

PPKS*:

- Zrak v prostoru mora biti svež in prijeten, brez vonjav in ne sme ogroziti zdravja ljudi v prostoru
- Pri projektiranju in gradnji stavb je treba šteti, da je vir onesnaževanja stavba kot celota - gradbeni material, pohištvo, prezračevalni sistem, oprema,...
- S prezračevanjem je treba zagotavljati, da koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka v prostorih stavbe ne presegajo dopustnih koncentracij

Vrednost EU-LCI

- EU: dogovorjene vrednosti EU-LCI:
 - Najnižja koncentracija neke snovi v zraku, ki nas zanima zaradi vpliva na zdravje
 - Merjeno v standardizirani komori (28 dan)
 - Izražena v $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - Pomoč pri oceni varnosti
 - Zadnja verzija december 2021
- Namen EU-LCI: razmerje merjene koncentracije v prostoru z EU-LCI $\leq 1,0$

LCI:

- *Lowest concentration of interest*

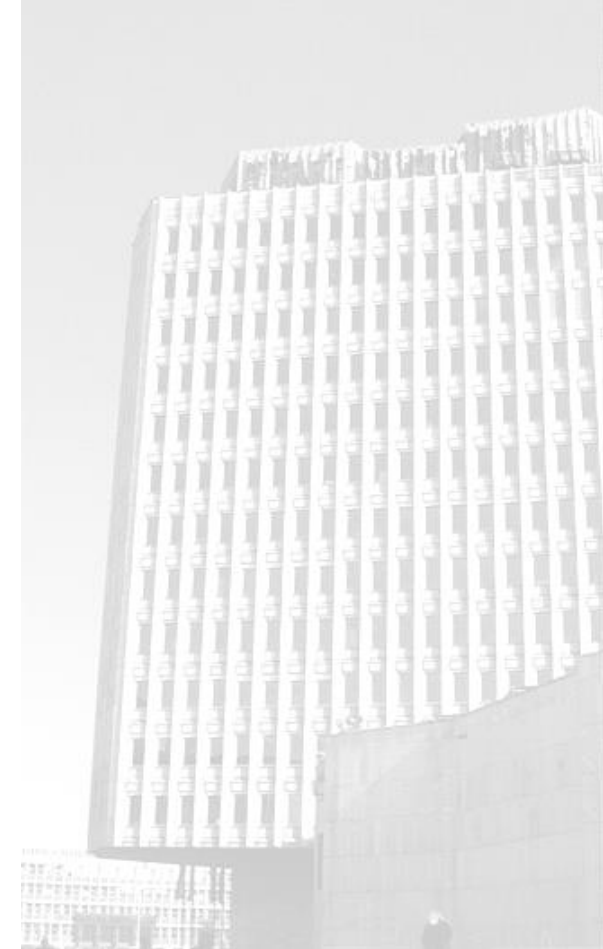
Agreed EU-LCI values

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
1		Aromatic hydrocarbons			
1-1	108-88-3	Toluene	2900	Derived EU-LCI	2013
1-2	100-41-4	Ethylbenzene	850	Derived EU-LCI	2013
1-3	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	Xylene (o-, m-, p-) and mix of o-, m- and p-xylene isomers	500	Derived EU-LCI	2013
1-4	98-82-8	Isopropylbenzene (cumene)	1700	Derived EU-LCI	2017
1-5	103-65-1	n-Propylbenzene	950	Derived EU-LCI (read-across)	2013
1-6	108-67-8 95-63-6 526-73-8	Trimethylbenzene (1,2,3-,1,2,4-,1,3,5-)	450	Derived EU-LCI	2013
1-7	611-14-3	2-Ethyltoluene	550	Derived EU-LCI (read-across)	2014
1-8	527-84-4 535-77-3 99-87-6 25155-15-1	Cymene (o-, m-, p-) (1-isopropyl-2(3,4)-methylbenzene) and mix of o-, m-, and p-cymene	1000	Ascribed EU-LCI	2013
1-9	95-93-2	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	250	Derived EU-LCI (read-across)	2016
1-10	104-51-8	n-Butylbenzene	1100	Derived EU-LCI (read-across)	2014
1-11	99-62-7 100-18-5	Diisopropylbenzene (1,3-, 1,4-)	750	Derived EU-LCI (read-across)	2013

• EC, EU -LCI values, Agreed EU-LCI values (December 2021);
 ile:///C:/Users/Jordan/Downloads/Agreed%20EU-LCI%20values%20(December%202021)-1.pdf

Primer – TVOC vs. EU-LCI

		Merjene emisije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Vrednost EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Izračunano razmerje EU-LCI
PRIMER 1	Substanca 1	700	1200	$\leq 1,0$
	Substanca 2	200	500	$\leq 1,0$
	Substanca 3	50	300	$\leq 1,0$
	TVOC	950		
PRIMER 2	Substanca A	400	350	$> 1,0$
	Substanca B	300	300	$\leq 1,0$
	Substanca C	150	50	$> 1,0$
	TVOC	850		



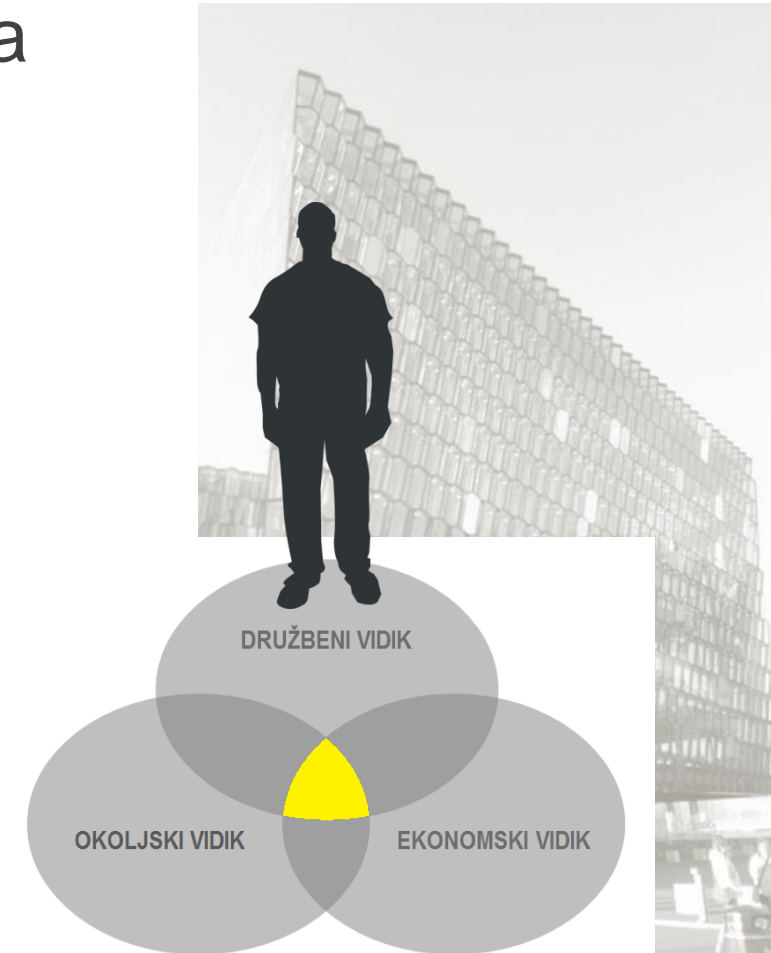
Trendi – vpliv na koncentracije VOC

- Varčevanje z energijo – tesnost stavbnega ovoja
- Novi „super“ materiali – vplivi? (nanomateriali)
- Recikliranje, ponovna uporaba
- Digitalizacija, uporaba umetne inteligence
- **Širše razumevanje vseh vplivov stavb**

EC: Enoten okvir za razvoj trajnostnega vrednotenja



<https://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm>



Trije osnovni vidiki koncepta trajnosti

Trajnostno vrednotenje stavb v Sloveniji

- Razvoj kazalnikov trajnostne gradnje kTG, v projektu LIFE IP CARE4CLIMATE
- Struktura kTG za Slovenijo
 - 6 makrociljev + nabor kazalnikov
 - Usklajevanje: zakonodaja, praksa..
 - Zagotovitev: zbirke podatkov, primerjalne vrednosti, programska orodja, dostop do znanja (podporno okolje in e-platforma)



CARE
4 CLIMATE

LIFE17 IPC/SI/000007
www.care4climate.si

Makro cilj 1:

Emisija toplogrednih plinov v življenjskem ciklu stavb

Makro cilj 2:

Učinkovito ravnanje z viri in krožni življenjski cikel materialov

Makro cilj 3:

Učinkovita raba vodnih virov

Makro cilj 4:

Zdravi in udobni bivalni in delovni prostori

Makro cilj 5:

Prilagodljivost in odpornost na klimatske spremembe

Makro cilj 6:

Optimizacija stroškov življenjskega cikla in vrednost

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007)

- 2019 – 2026
- sofinanciran s sredstvi LIFE, Sklada za podnebne spremembe in sredstvi partnerjev projekta
- vodi MOP, sodeluje še 15 partnerjev

Akcija C4.4: Razvoj kazalnikov trajnostne gradnje

Dr. Marjana Šijanec Zavrl, GI ZRMK
Mag. Miha Tomšič, GI ZRMK
Dr. Sabina Jordan, ZAG
Friderik Knez, ZAG

Trajnostno vrednotenje stavb



OKOLJE - PORABA VIROV IN OKOLJSKE LASTNOSTI V ŽIVLJENJSKEM CIKLU STAVBE	
MAKRO CILJ 1 Emisije toplogrednih plinov v življenjskem ciklu stavb	Kazalnik 1.1 Raba energije v fazi uporabe stavbe Kazalnik 1.2 Potencial za globalno segrevanje v življenjskem ciklu (GWP)
MAKRO CILJ 2 Z viri učinkovit in krožen snovni življenjski cikel	Kazalnik 2.1 Seznam količin, materialov in življenjske dobe Kazalnik 2.2 Odpadki in materiali pri gradnji in rušenju Kazalnik 2.3 Načrtovanje za prilagodljivost in prenovo Kazalnik 2.4 Načrtovanje za razgradnjo, ponovno uporabo in recikliranje
MAKRO CILJ 3 Učinkovita raba vodnih virov	Kazalnik 3.1 Raba vode v fazi uporabe stavbe
ČLOVEK - ZDRAVJE IN UGODJE	
MAKRO CILJ 4 Zdravje in ugodje v bivalnih prostorih	Kazalnik 4.1 Kakovost notranjega zraka Kazalnik 4.2 Časovna obsežnost toplotnega ugodja. Kazalnik 4.3 Svetloba in vidno ugodje* Kazalnik 4.4 Akustika in zaščita pred hrupom*
MAKRO CILJ 5 Prilagajanje in odpornost na klimatske spremembe	Kazalnik 5.1 Zaščita uporabnikovega zdravja in toplotno ugodje Kazalnik 5.2 Povečano tveganje ekstremnih vremenskih pojavov* Kazalnik 5.3 Trajnostno odvodnjavanje*
GOSPODARNOST - STROŠKI, VREDNOST IN TVEGANJE	
MAKRO CILJ 6 Optimizacija stroškov življenjskega cikla in vrednost	Kazalnik 6.1 Stroški življenjskega cikla Kazalnik 6.2 Oblikovanje vrednosti in dejavniki tveganja

*kazalnik v razvoju

V RAZVOJU!

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007)

- 2019 – 2026
- sofinanciran s sredstvi LIFE, Sklada za podnebne spremembe in sredstvi partnerjev projekta
- vodi MOP, sodeluje še 15 partnerjev

Akcija C4.4: Razvoj kazalnikov trajnostne gradnje

Dr. Marjana Šijanec Zavrl, GI ZRMK
 Mag. Miha Tomšič, GI ZRMK
 Dr. Sabina Jordan, ZAG
 Friderik Knez, ZAG

Kazalnik „Kakovost notranjega zraka”

- Cilj kazalnika:
 - S tehničnimi sredstvi v stavbah zagotoviti zrak, ki ne bo škodljivo vplival na uporabnikovo zdravje
- Doseganje cilja:
 - Zagotoviti zadostno izmenjavo zraka z zunanostjo
 - Preprečiti širjenje škodljivih vplivov iz zunanosti
 - Zagotoviti kakovosten stavbni ovoj
 - Preprečiti vnos škodljivih snovi v stavbo



Koncentracija VOC

- VOC koncentracija odvisna od parametrov stavbe:
 - Stopnja prezračevanja
 - Vnos VOC iz prezračevalnega sistema (kot vir)
 - Gibanja zraka (hitrost, smer)
 - Relativna zračna vlaga
 - Temperatura zraka
 - Količina materiala z vsebovanim VOC
 - Izpostavljenost materiala z VOC
 - Lastnosti VOC
 - Vnosa iz zunanosti (benzen)



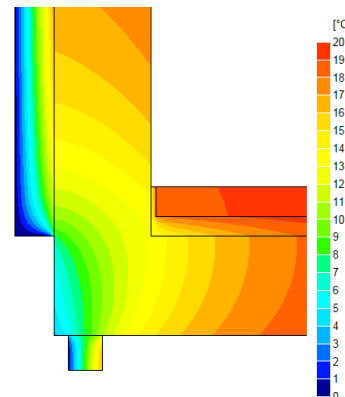
Kazalnik obravnava in poročča

- Izmenjava zraka v prostorih (l/s/m^2)
- Filtracija vtočnega zraka
- Viri VOC in poročanje:

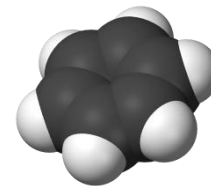
Gradbeni in finalizacijski proizvodi z verjetno vsebnostjo VOC

Parameter
TVOC
CMR VOC
Formaldehid
Vrednost R

Bio-onesnaževalci, tj. plesni na toplotnih mostovih (preveriti)



Z benzenom onesnažen zunanji zrak



Vrednost R:

- je vsota vseh R_i vrednosti VOC med preskušanjem v notranjem zraku merjenega prostora

Vrednost R_i :

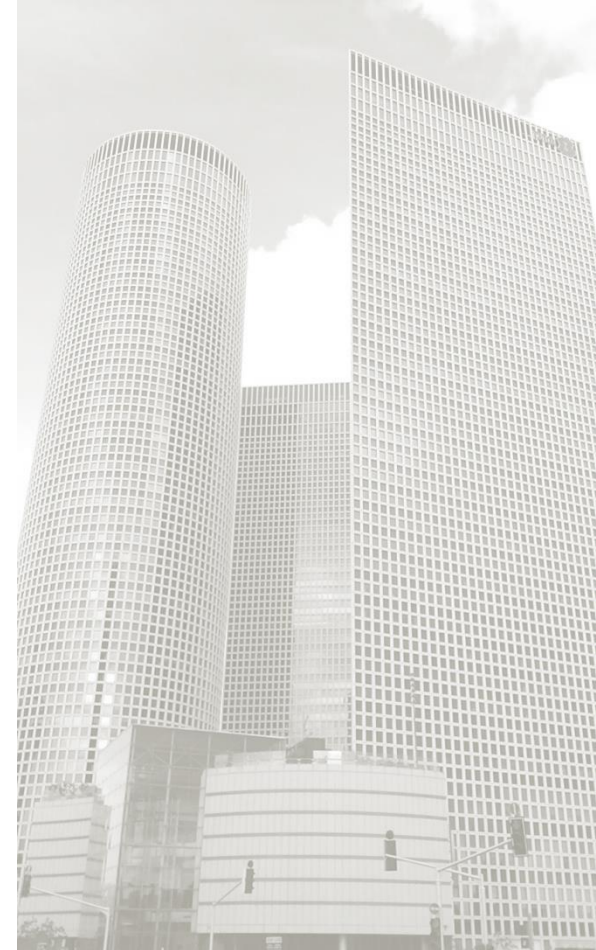
- je razmerje $C_i/LC_{i,i}$, kjer je C_i masna koncentracija VOC v zraku izmerjenega prostora in $L_{C,i}$ LCi vrednost VOC_i

Vrednost LCi:

- je najnižja zanimiva koncentracija za snov

Sklepne misli

1. Obravnava VOC mora postati del procesa gradnje skozi vse faze, zlasti pomembna pa je v fazi projektiranja.
2. Prezračevanje je treba uskladiti: zdravstvene potrebe in zahteve po energetske učinkovitosti.
3. Spodbudno je, da smo se pri obravnavi stavb osredotočili tudi na uporabnika in se ukvarjamo s kakovostjo zraka v prostorih.



HVALA ZA POZORNOST

sabina.jordan@zag.si | info@zag.si | www.zag.si

