Energetska oporaba goriva iz otpada (GIO) u cementnoj industriji

=> Kvaliteta goriva – Tehnologija – Emisije – Nadzor – AT vs. HR



Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Renato Šarc

Tribina „Gorivo iz otpada u Istri“
Pazin, 26.11.2026.

MOVE MOUNTAINS

Tri pitanja za stručnu procjenu GIO-a

Nije dovoljno pitati samo “smije li se koristiti?” => treba provjeriti i razumjeti cijeli lanac!

1

ŠTO ULAZI?

Kvaliteta GIO-a

LHV • Cl • Hg • metali
vlaga • pepeo • granulacija

2

GDJE I KAKO SE KORISTI?

Mjesto doziranja + tehnologija

glavni plamenik • kalcinator
SNCR / SCR • filteri • bypass •
XMercury • RTO…

3

ŠTO IZLAZI I TKO TO VIDI?

Emisije + nadzor

CEMS • periodička mjerenja •
neovisna provjera • javni podaci

KVALITETA GORIVA → TEHNOLOGIJA POSTROJENJA → PROVJERLJIVE EMISIJE

Kvaliteta GIO-a počinje kvalitetom ulaznog otpada !
Miješane vrste industrijskog i komunalnog otpada

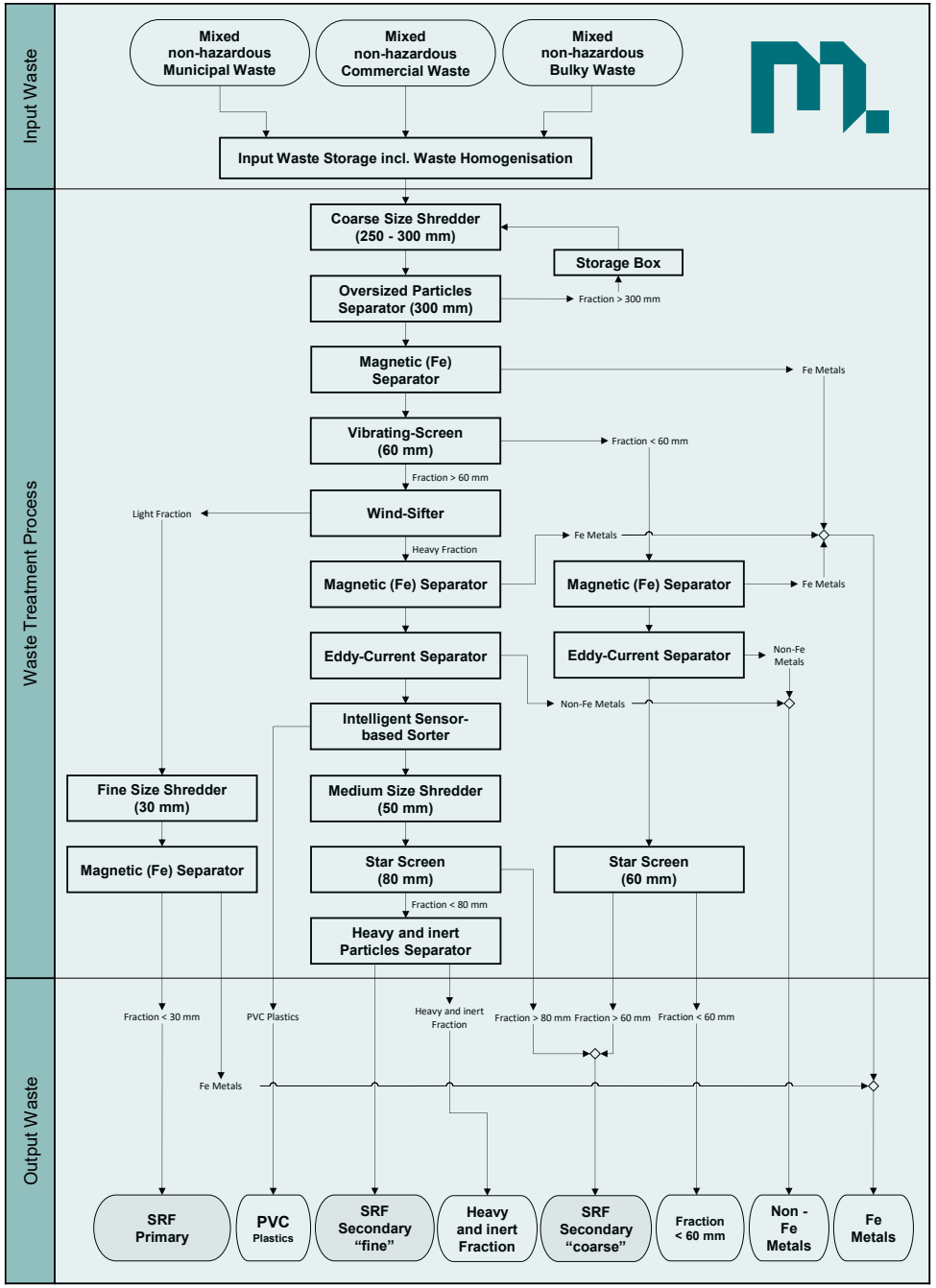




Möllnitz et al. (2020): https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.037

Proizvodnja Goriva iz Otpada

- **Ulazni otpad:**
  - Miješani komunalni i komercijalni otpad
  - **HETEROGEN**, promjenjiv, određuje kvalitetu izlaznog proizvoda!
- **Proces obrade otpada:**
  - **Usitnjavanje** → veličina čestica i oslobađanje materijala
  - **Klasiranje** → udio fine frakcije i odnos veličina čestica (relevantno za opremu)
  - **Sortiranje** → vrijedne i neželjene komponente: Fe, obojeni metali, PVC, (PP, PE)
  - **Naknadno usitnjavanje** → veličina čestica prema zahtjevima krajnjeg korisnika
- **Izlazni tokovi = otpad:**
  - GIO „primary“ za cementnu industriju
  - GIO „secondary“ različitih granulometrijskih razreda, za cementnu industriju ili postrojenja za spaljivanje otpada (energane)



Mjesto doziranja određuje potrebnu kvalitetu GIO-a

- ***GIO „primary“ / za primarni gorionik:***
  - *LHV: 18–25 MJ/kg, ar*
  - *veličina čestica: < 30 (35) mm*
  - *primjena u primarnoj zoni izgaranja*

- ***GIO “secondary“ / za sekundarne pozicije doziranja:***
  - *LHV: 12–18 MJ/kg, ar*
  - *veličina čestica: ovisno o tehnologiji < 80 do ca. 300 mm*
  - *primjena u sekundarnoj zoni izgaranja, primjerice u kalcinatoru, ulazu u peć, predkomori peći*

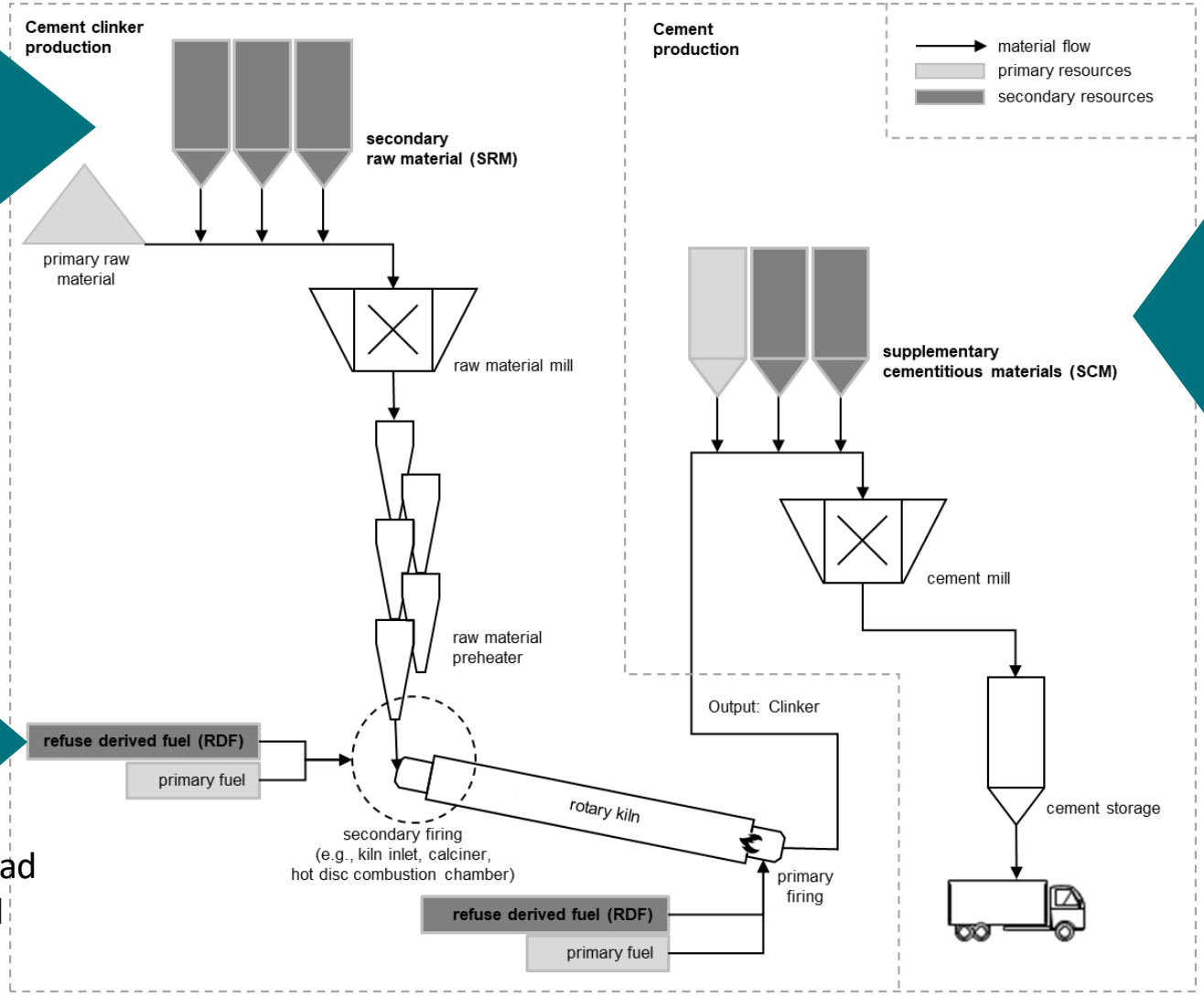


Viczek, S.A.; Aldrian, A.; Pomberger, R.; Sarc, R. Determination of the material-recyclable share of SRF during co-processing in the cement industry. *Resources, Conservation and Recycling* **2020**, 156, 104696. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104696.

Primjena otpadnih materijala u cementnoj industriji

SEKUNDARNE SIROVINE (SRM – Secondary Raw Materials):

npr. vapneni muljevi, ljevaonički pijesak, dijelovi građevinskog otpada



DODATNI CEMENTNI VEZIVNI MATERIJALI (SCM – Supplementary Cementitious Materials):

npr. granulirana troska iz visokih peći, pepeo, silicijska prašina

GORIVA IZ OTPADA

npr. otpadno ulje kao opasni otpad i GIO iz MKO kao neopasni otpad

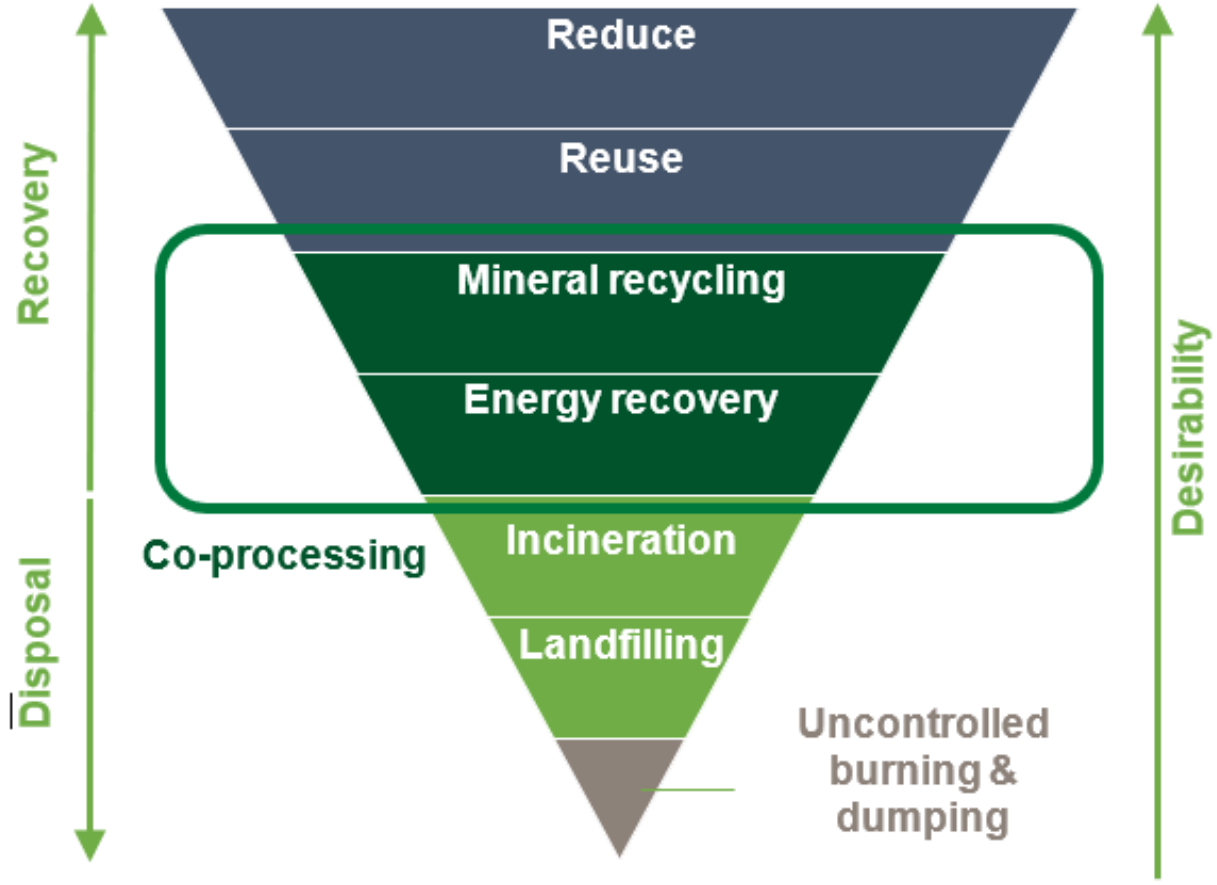
Uporaba GIO-a u CI = Koprocesiranje = energetska + materijalna oporaba

Koprocesiranje:

obuhvaća industrijske procese koji istodobno omogućuju::

- **ENERGETSKU OPORABU I**
- **MATERIJALNU OPORABU MINERALNOG SADRŽAJA OTPADA**

čime se istodobno zamjenjuju fosilna goriva i primarni mineralni resursi.



Source: **Basel convention Technical guidelines 2012**, Lamas 2013.

Quelle: 16 GCCA Sustainability Guidelines for co-processing fuels and raw materials in cement manufacturing (2018): https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2019/03/GCCA_Guidelines_FuelsRawMaterials-v0.pdf (accessed Jan 15th 2024)

ZAHTJEVI ZA PROIZVODNJU I OPORABU GIO-a
definicija: GIO (RDF i/ili SRF)

- **Austrija: WIO 2010: „goriva iz otpada“ odnosno „Refuse Derived Fuels (RDF = GIO)”**

  „… **otpad** koji se u cijelosti ili u značajnom dijelu koristi u svrhu **proizvodnje energije** i koji zadovoljava **kriterije kvalitete** utvrđene ovom uredbom…”

- **GIO = RDF**: Europski katalog otpada: 19 12 12 – ostali otpad

  različiti neopasni i/ili opasni otpad iz kućanstava, trgovine i industrije.

- **GIO “SRF”**: Europski katalog otpada: 19 12 10 – gorivi otpad
  - **Sukladno EN ISO 21640:2021: SRF – Specifications and Classes**
  - isključivo **kruti neopasni otpad**
  - podliježe normirano definiranom **sustavu osiguranja kvalitete**
  - koristi se za **energetsku oporabu**

GIO „SRF“ je podskupina GIO = RDF-a

Kvaliteta ulaznog GIO-a: Austrija – AVV / važeći kriteriji, Prilog 8

- **Statistički definirane granične vrijednosti** za GIO/SRF u cementnoj industriji
- Vrijednosti se iskazuju kao **medijan i 80. percentil** zbog **heterogene raspodjele teških metala u gorivu iz otpada i posljedično velike varijabilnosti rezultata analiza**.

Parametar	Granične vrijednosti [mg/MJ DM]	
	Median	80er Perzentil
Sb	7	10
As	2	3
Pb	20	36
Cd	0,23 [1)]	0,46 [1)]
Cr	25	37
Co	1,5	2,7
Ni	10	18
Hg	0,075	0,15

[1)] Goriva iz otpada osigurane kvalitete (KB 91108): Medijan ≤ 0,45 mg/MJ; 80. percentil ≤ 0,7 mg/MJ

Teški metali prema hlapljivosti u cementnoj peći:

- **Hlapljivi (volatile):** talij (Tl), živa (Hg)
- **Poluhlapljivi (semi-volatile):** antimon (Sb), kadmij (Cd), olovo (Pb)
- **Niskohlapljivi / praktično nehlapljivi (non-volatile):** krom (Cr), arsen (As), nikal (Ni), kobalt (Co)

Dodatne (ugovorne) specifikacije za GIO

⇒ **Specifikacije GIO-a definiraju se UGOVOROM između dobavljača (postrojenja za proizvodnju GIO-a) i korisnika (postrojenja za energetsku oporabu).**

- **Donja ogrjevna vrijednost (LHV):** [MJ/kg ar]
- **Veličina čestica (d95):** [mm]
- **Nasipna gustoća:** [kg/m³]
- **Sadržaj klora (Cl):** [% dm]
- **Sadržaj vlage:** [% ar]
- **Sadržaj pepela:** [% dm]
- **Ostali odabrani „teški“ metali**



I cementara u HR ima zahtjeve kvalitete za GIO

IVICOM CONSULTING

Investitor: Holcim (Hrvatska) d.o.o.
Naziv projekta: Studija o utjecaju na okoliš – Rekonstrukcija postrojenja s ciljem smanjenja emisija ugljičnog dioksida kroz povećanje energetske oporabe otpada u tvornici cementa Koromačno, na području Općine Raša, Istarska županija
Br. projekta: 2117-ST-EP-21034
Voditelj izrade Studije: Morana Petrić, mag.oecol.et prot.nat. Datum: lipanj 2022. Rev. 2

Tablica 4. Sadržaj pojedinih elemenata u analiziranim uzorcima goriva (srednje vrijednosti)

GORIVO	Cl %	Hg mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	V mg/kg	Ti mg/kg	As mg/kg	Co mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sb mg/kg	Sn mg/kg
Petrol koks	0,003	0,038	9,00	0,06	3,50	10,00	16,00	0,00	2,20	4,00	6,60	0,00	0,00	0,60
Kameni ugljen	0,006	0,026	8,72	0,06	4,15	11,00	14,00	0,00	3,20	4,20	6,75	0,00	0,00	0,70
Gorivo iz otpada (GIO) visoke kalorijske vrijednosti	0,81	0,24	53,94	1,33	83,90	7,35	14,39	0,01	0,01	1,01	59,10	242	28,35	9,14
Gorivo iz otpada (GIO) niske kalorijske vrijednosti	0,46	0,26	97,10	0,43	151	13,20	25,90	0,54	0,04	1,82	106	436	51,03	16,45
Otpadna ulja	1,1	0,08	5,83	0,83	16,98	7,56	3,75	0,28	0,06	0,24	12,89	429	4,78	2,41
Emulzije	0,009	0,11	8,02	2,94	1,37	0,04	0,25	0,19	0,09	0,35	12,08	8,96	1,80	1,10
Mulj od obrade otpadnih voda	0,34	0,22	350	0,78	3,53	2,53	3,54	0,97	1,60	24,06	114	262	2,93	9,19
Mesno koštano brašno	1,57	0,08	5,83	0,83	1,20	0,08	1,21	0,28	0,06	0,24	12,89	80,57	4,78	2,41
Otpadne gume	0,3	0,02	3,10	3,14	83,00	3,10	15,00	0,06	1,00	5,00	20,00	8900	5,00	5,00

Tablica 5. Sadržaj pojedinih elemenata u analiziranim uzorcima goriva (maksimalne vrijednosti)

GORIVO	Cl %	Hg mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	V mg/kg	Ti mg/kg	As mg/kg	Co mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Sb mg/kg	Sn mg/kg
Petrol koks	0,003	0,04	9,20	0,06	3,70	277	1327	0,00	2,40	4,10	6,70	0,00	0,00	0,70
Kameni ugljen	0,006	0,04	40,00	0,06	4,30	15,00	22,00	0,00	4,20	5,20	7,30	0,00	0,00	1,00
Gorivo iz otpada (GIO) visoke kalorijske vrijednosti	0,86	0,94	261	14,90	300	109	36,48	6,09	4,17	23,31	373	586	240	473
Gorivo iz otpada (GIO) niske kalorijske vrijednosti	0,86	0,85	59,33	14,90	92,30	97,81	32,83	6,09	3,75	20,98	335	528	216	425
Otpadna ulja	1,19	0,267	179	1,15	177	104	40,18	0,16	0,01	49,28	97,50	762	12,66	19,45
Emulzije	0,045	0,11	6,92	1,13	12,98	0,55	10,82	0,22	0,04	0,23	12,08	23,05	2,22	1,10
Mulj od obrade otpadnih voda	0,34	0,22	2354	0,50	3,69	3,08	4,46	0,21	1,60	24,06	45,20	224	1,06	0,82
Mesno koštano brašno	1,57	0,08	5,83	0,85	4,61	0,16	3,97	0,41	0,06	0,33	15,69	111	4,78	2,41
Otpadne gume	0,35	0,02	3,41	3,50	91,30	3,50	16,60	0,10	1,30	5,60	23,00	9000	5,50	5,60

I cementara u HR ima zahtjeve kvalitete za GIO

Tablica 7. Fizikalno - kemijska svojstva goriva iz otpada visoke kalorijske vrijednosti (GIO VKV)

Parametar	Mjerna jedinica	Vrijednosti
Rasuto / balirano	-	Rasuto
Agregatno stanje	-	Kruto
Sumpor (S)	%	0,18
Donja ogrjevna vrijednost	kJ/kg	23,6 - 25
Sadržaj vode	%	max 20% prosjek 10,5%
Sadržaj pepela na 815°C	%	9,55
Kloridi	%	0,81 - 0,86
Živa (Hg)	mg/kg	0,24 - 0,94
Krom (Cr)	mg/kg	53,94 - 261
Kadmij (Cd)	mg/kg	1,33 - 14,90
Talij (Tl)	mg/kg	0,01 - 6,09
Nikal (Ni)	mg/kg	7,35 - 109
Vanadij (V)	mg/kg	14,39 - 36,48
Olovo (Pb)	mg/kg	83,90 - 300
Arsen (As)	mg/kg	0,01 - 4,17
Kobalt (Co)	mg/kg	1,01 - 23,31

Parametar	Mjerna jedinica	Vrijednosti
Bakar (Cu)	mg/kg	59,1 - 373
Cink (Zn)	mg/kg	242 - 586
Antimon (Sb)	mg/kg	28,35 - 240
Kositar (Sn)	mg/kg	9,14 - 473
Ugljik (C)	%	46
Vodik (H)	%	6,6 - 7
Dušik	%	0,5 - 0,8
Kisik	%	30,4 - 34,4
Nasipna gustoća	kg/m^3	100 - 400
Veličina čestica	mm	1-25 max 50
Debljina čestice	-	max 1mm

I cementara u HR ima zahtjeve kvalitete za GIO

Tablica 9. Fizikalno - kemijska svojstva goriva iz otpada niske kalorijske vrijednosti (GIO NKV)

Parametar	Mjerna jedinica	Vrijednosti
Rasuto / balirano	-	Rasuto
Agregatno stanje	-	Kruto
Sumpor (S)	%	0,31
Donja ogrjevna vrijednost	kJ/kg	14
Sadržaj vode	%	max 40% prosjek 30%
Sadržaj pepela	%	17
Kloridi	%	0,46 - 0,86
Živa (Hg)	mg/kg	0,26 - 0,85
Krom (Cr)	mg/kg	59,33 - 97,1
Kadmij (Cd)	mg/kg	0,43 - 14,90
Talij (Tl)	mg/kg	0,54 - 6,09
Nikal (Ni)	mg/kg	13,2 - 97,81
Vanadij (V)	mg/kg	25,9 - 32,83
Olovo (Pb)	mg/kg	92,3 - 151

Parametar	Mjerna jedinica	Vrijednosti
Arsen (As)	mg/kg	0,04 - 3,75
Kobalt (Co)	mg/kg	1,82 - 20,98
Bakar (Cu)	mg/kg	106 - 335
Cink (Zn)	mg/kg	436 - 528
Antimon (Sb)	mg/kg	51,03 - 216
Kositar (Sn)	mg/kg	16,45 - 425
Ugljik (C)	%	46
Vodik (H)	%	6,6 - 7
Dušik	%	0,5 - 0,8
Kisik	%	30,4 - 34,4
Nasipna gustoća	kg/m^3	100 - 250
Veličina čestica	mm	95%< 80 mm

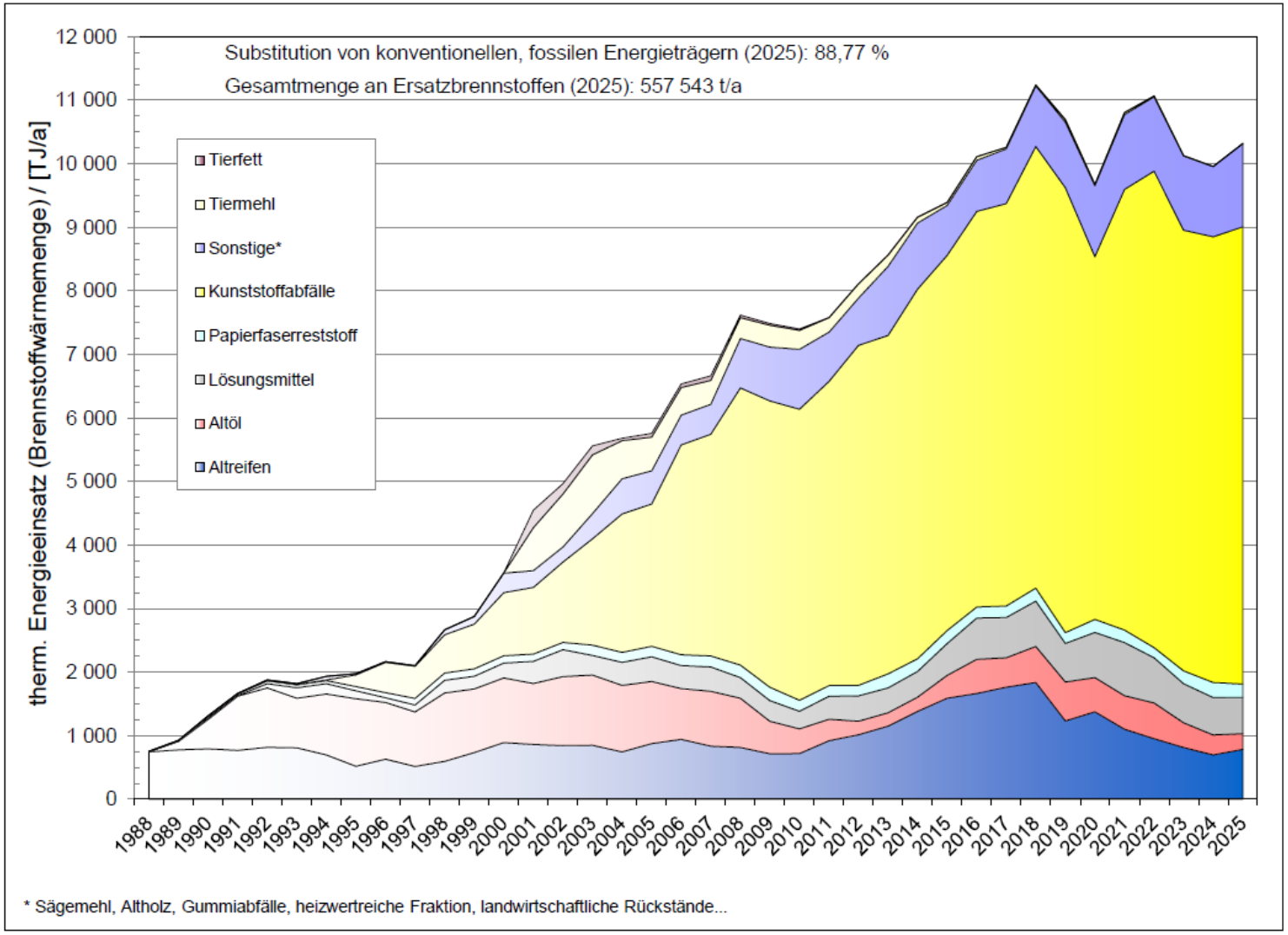
Holcimov profil GIO-a potvrđuje visoke zahtjeve kvalitete usporedive s austrijskom pravnom praksom

Parametar	Granične (statističke) vrijednosti [mg/MJ]		HOLCIM maksimalne vrijednosti [mg/MJ] sukl. SUO	
	Median	80er Perzentil	GIO VKV (Tablica 7.) SUO	GIO NKV (Tablica 9.) SUO
Sb	7	10	10,17	15,43
As	2	3	0,18	0,27
Pb	20	36	12,71	10,79
Cd	0,23 [1] 0,45	0,46 [1] 0,70	0,63	1,06
Cr	25	37	11,06	6,94
Co	1,5	2,7	0,99	1,50
Ni	10	18	4,62	6,99
Hg	0,075	0,15	0,04	0,06

[1] Goriva iz otpada osigurane kvalitete (KB 91108): Medijan ≤ 0,45 mg/MJ; 80. percentil ≤ 0,7 mg/MJ

Termička supstitucija u cementnoj industriji – Austrija 2025.

Razvoj zamjene konvencionalnih fosilnih goriva alternativnim gorivima / GIO



Izvor grafa: G. Mauschitz (2026), Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie – Berichtsjahr 2025, TU Wien.

88,77 % **termička supstitucija**

u 2025. godini

557 543 t/a alternativnih goriva

1 BAT i međunarodna praksa

Uporaba različitih vrsta otpada kao goriva, uz osiguranje stalne kvalitete i kontrolirano doziranje, međunarodno je etablirana praksa i dio BAT pristupa za cementne peći (BAT 11–12).

2 Kvaliteta ulaznog goriva

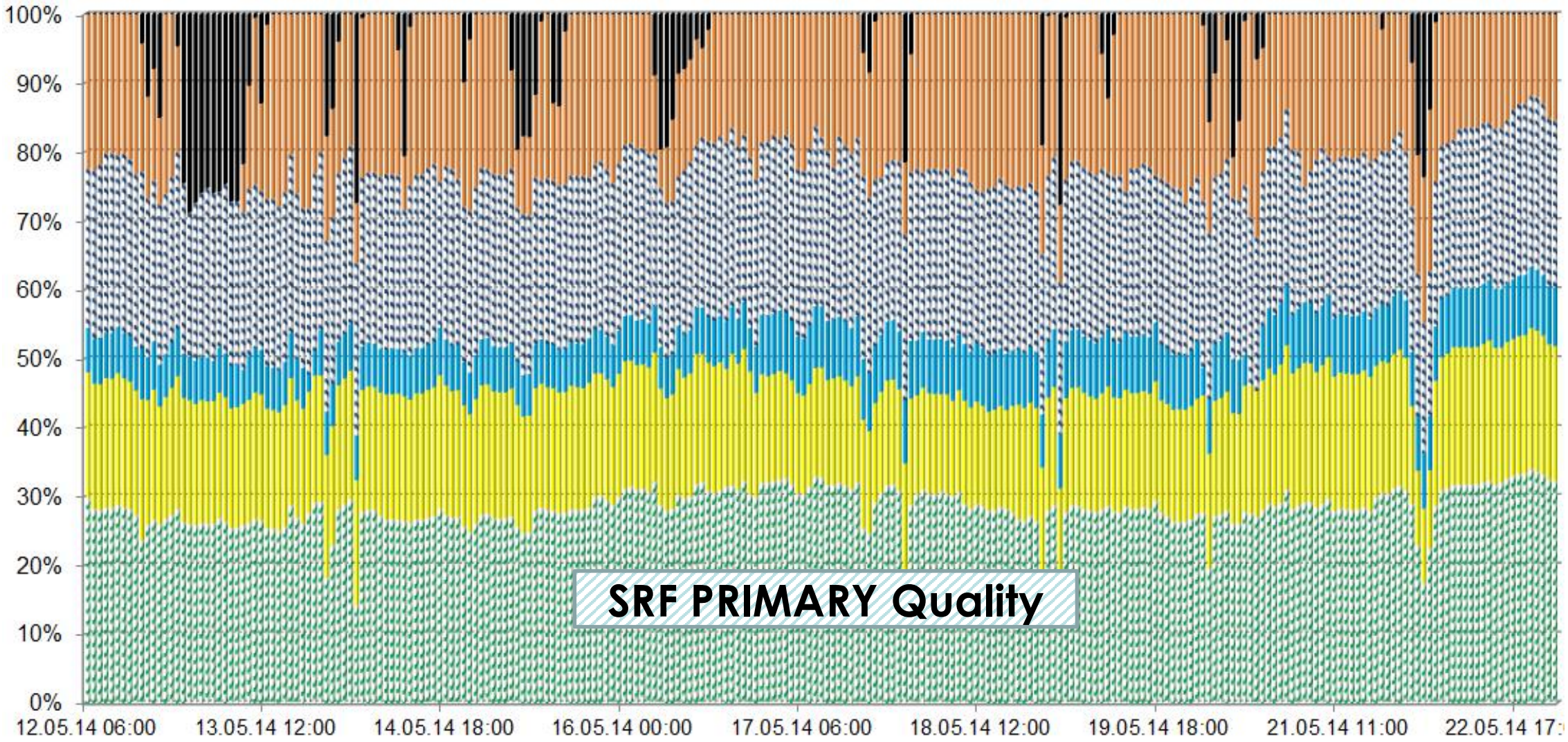
Visoke stope supstitucije zahtijevaju definiranu i stabilnu kvalitetu goriva.

3 Kontinuirani razvoj postrojenja

Rast udjela GIO mora pratiti razvoj pripreme i doziranja goriva, procesne kontrole te tehnologija zaštite okoliša kako bi emisije ostale unutar propisanih GVE.

Visoka supstitucija = kvaliteta goriva + stabilan proces + odgovarajuća tehnologija.

100 % termička supstitucija tehnički je demonstrirana i moguća uz odgovarajuću kvalitetu goriva i procesne uvjete - rezultat vlastitog doktorskog istraživanja, 2015. godine



Sarc, R. (2015) PhD – Thesis. MUL, Leoben, Austria

Emisije iz cementne industrije: tri skupine utjecajnih čimbenika

Emisijski profil rezultat je interakcije sastava ulaznih materijala, procesnih uvjeta i tehničke konfiguracije postrojenja.

PROCESNI UVJETI – specifično

ULAZNI MATERIJAL – specifično — **EMISIJE onečišćujućih tvari** — **POSTROJENJE – specifično**

ULAZNO – specifično

- **Hlapljivi metali (Hg, Tl):** udio u sirovinama i gorivima određuje emisijski potencijal i potrebu kontrole ulaza.
- **Klor, sumpor i alkalije:** utječu na unutarnje cikluse u peći, stabilnost procesa i dopuštene stope doziranja.
- **Ukupni unos Cr + procesni uvjeti:** utječu na specijaciju kroma i potencijal nastanka Cr(VI).

PROCESNO – specifično

- **NO_x:** nastajanje je snažno povezano s temperaturom, raspoloživim O_2 i režimom izgaranja.
- **CO / TOC:** povećavaju se pri nestabilnom ili nepotpunom izgaranju; TOC može imati i sirovinski doprinos.
- **Stabilnost procesa:** temperatura, vrijeme zadržavanja i kontrola O_2 ključni su za reproducibilan emisijski profil.

POSTROJENJE – specifično

- **Mjesto i način doziranja:** određuju uvjete termičke obrade te mogu utjecati na VOC/TOC i produkte nepotpunog izgaranja.
- **Konfiguracija peći i bypassa:** određuje ponašanje Cl/S i drugih hlapljivih sastojaka u sustavu.
- **Pročišćavanje dimnih plinova:** filteri, SNCR/SCR, RTO i drugi BAT sustavi određuju konačne emisije na dimnjaku.

Emisije nisu rezultat jednog čimbenika – kvaliteta ulaza, stabilnost procesa i tehnologija postrojenja djeluju zajedno.

Austrija – AVV: usporedba GVE do 31.12.2024. i od 1.1.2025.

Suhi plin, 10 % O_2 | HMW = polusatna, TMW = dnevna, JMW = godišnja srednja vrijednost

Parametar	do 31.12.2024.			od 1.1.2025.		
	HMW	TMW	JMW	HMW	TMW	JMW
Prašina	30	20	–	**15**	**10**	–
NO_x (kao NO_2)	500	500	–	350[3]	350	250[4]
SO_2	50[2]	50[2]	–	50[2]	50[2]	–
TVOC / TOC	10[1]	10[1]	–	10[1]	10[1]	–
HCl	10	10	–	10	10	–
HF	0,7	0,7	–	0,7	0,7	–
Hg	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03[5]	0,03
NH_3	–[6]	–[6]	–	50	30	–

Periodično: Cd+Tl 0,05 → 0,03 mg/Nm³ | Σ(Sb,As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Sn) 0,5 mg/Nm³ | PCDD/F 0,1 ng/Nm³

[1] TVOC: moguća iznimka do 120 mg/Nm³ ako dokazano ne potječe od otpada.
[2] SO_2: moguća iznimka do 350 mg/Nm³. [3] Nova AVV: za ≤1.000 t klinkera/d HMW = 450 mg/Nm³.
[4] JMW 250 mg/Nm³ vrijedi za >1.000 t klinkera/d. [5] Za Hg iz sirovine TMW može biti do 0,05 mg/Nm³ uz odobrenje.
[6] Do 31.12.2024. AVV nije propisivala jedinstvenu brojčanu GVE za NH_3; kod primjene NH_3/NH_4 spojeva GVE je utvrđivala nadležna vlast u dozvoli.

Izvori: AVV, Anl. 2 (Fassung 1.1.2016–31.12.2024.; BGBl. II 389/2002); AVV 2024, Anhang 2, Kap. 2 (primjena od 1.1.2025.; BGBl. II 118/2024).

Austrija – AVV: strože GVE za cementare i vremenski kriteriji u primjeni od 1.1.2025.

Suhi plin, 10 % O_2 | HMW = polusatna, TMW = dnevna, JMW = godišnja srednja vrijednost

Parametar	HMW	TMW	JMW
Prašina	15	10	–
NO_x (kao NO_2)	350[3]	350	250[4]
SO_2	50[2]	50[2]	–
TVOC / TOC	10[1]	10[1]	–
HCl	10	10	–
HF	0,7	0,7	–
Hg	0,05	0,03[5]	0,03
NH_3	50	30	–

Periodično: Cd+Tl 0,03 mg/Nm³ | Σ(Sb,As,Pb,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,V,Sn) 0,5 mg/Nm³ (0,5–8 h) | PCDD/F 0,1 ng/Nm³ (6–8 h)

[1] TVOC: moguća iznimka do 120 mg/Nm³ ako dokazano ne potječe od otpada. [2] SO_2: do 350 mg/Nm³.
[3] ≤1.000 t klinkera/d: HMW 450. [4] JMW vrijedi >1.000 t/d. [5] Za Hg iz sirovine TMW može biti do 0,05 mg/Nm³ uz odobrenje.

RH – cementare koje suspaljuju otpad

GVE za kontinuirano mjerene parametre propisane su kao TMW.

- HMW se izračunava u CEMS-u, ali nije zasebna GVE za cementnu peć.
- Čl. 148(5): HMW je potreban samo za izračun TMW.
- Teški metali: prosjek uzorkovanja 0,5–8 h; PCDD/F: 6–8 h.

Ključna razlika: AT ima pravne HMW + TMW (+ JMW za NO_x i Hg); RH za cementare vrednuje TMW.

Izvori: AVV 2024, Anhang 2, Kap. 2 (RIS; § 22:. primjena od 1.1.2025.); RH Uredba o GVE, čl. 148(5) i Prilog 21.B; Pravilnik NN 47/2021.

TMW / dnevne GVE – usporedba cementara

Cementne peći koje suspaljuju otpad | mg/Nm³, suhi plin, 10 vol.% O_2 | vrijednosti su TMW/dnevne GVE osim gdje je označeno

Parametar	AT – AVV 2024	HR – opći okvir	Holcim Mannersdorf	Holcim Retznei	Alpacem Wietersdorf	Holcim Koromačno
Prašina	**10**	**30**	10	10	10	**20**
NO_x	**350**	**500**	350	350	**200**	**500**
SO_2	**50***	**50**	350*	350*	50	**400**
TOC / TVOC	**10***	**10**	120*	80*	10	**35**
HCl	**10**	**10**	10	10	**≤3†**	10
HF	**0,7**	**1,0**	0,7	0,7	**≤0,3†**	1,0
Hg	**0,03**	**0,05‡**	0,03	0,03	0,03	**0,05**
NH_3	**30**	**—**	30	30	30	**50**

* AVV: sirovinski uvjetovana iznimka

stroži pogonski zahtjev / referenca

iznad osnovnog AVV benchmarka

Austrijski AVV postavlja stroži osnovni benchmark. **Razlike među postrojenjima odražavaju sastav sirovine i BAT konfiguraciju**; Wietersdorf se ističe NO_x TMW-om 200 mg/Nm³, dok Koromačno za više ključnih parametara primjenjuje više dnevne GVE od osnovnog AVV benchmarka.

* AVV: osnovni SO_2 = 50 i TVOC = 10 mg/Nm³; uz dokazani utjecaj sirovine dopuštene su više vrijednosti. † Wietersdorf HCl/HF: javno dokumentirani HMW, zato prikazani kao ≤.
‡ HR Hg = periodična GVE 0,05 mg/Nm³; Koromačno prema dozvoli/CEMS-u primjenjuje 0,05 kao dnevnu GVE.

Nisu sve cementare iste – sustavi smanjenja emisija

Isti pravni okvir ne znači istu tehnološku sposobnost postrojenja.

Tehnologija / funkcija	Holcim Mannersdorf	Holcim Retznei	Alpacem Wietersdorf	Holcim Koromačno
Glavno otprašivanje	Vrećasti filter	Vrećasti filter	Vrećasti filter	Vrećasti filter
NO_x	SCR + SNCR (dop.)	SNCR	SNCR	SNCR (urea)
SO_2 – posebna obrada	—	Full-flow SO_2 scrubber	—	$Ca(OH)_2$ na Cl-bypass toku
Hg – posebna obrada	—	—	XMercury + C-adsorbens	—
RTO / organika	—	—	RTO	—
Bypass / Cl kontrola	—	Alkalni bypass + vrećasti filter	—*	Cl-bypass + vrećasti filter

U ovoj usporedbi Koromačno je bliže osnovnoj konfiguraciji: bag filter + SNCR + Cl-bypass. Nema full-flow SO_2 scrubber, XMercury ni RTO.

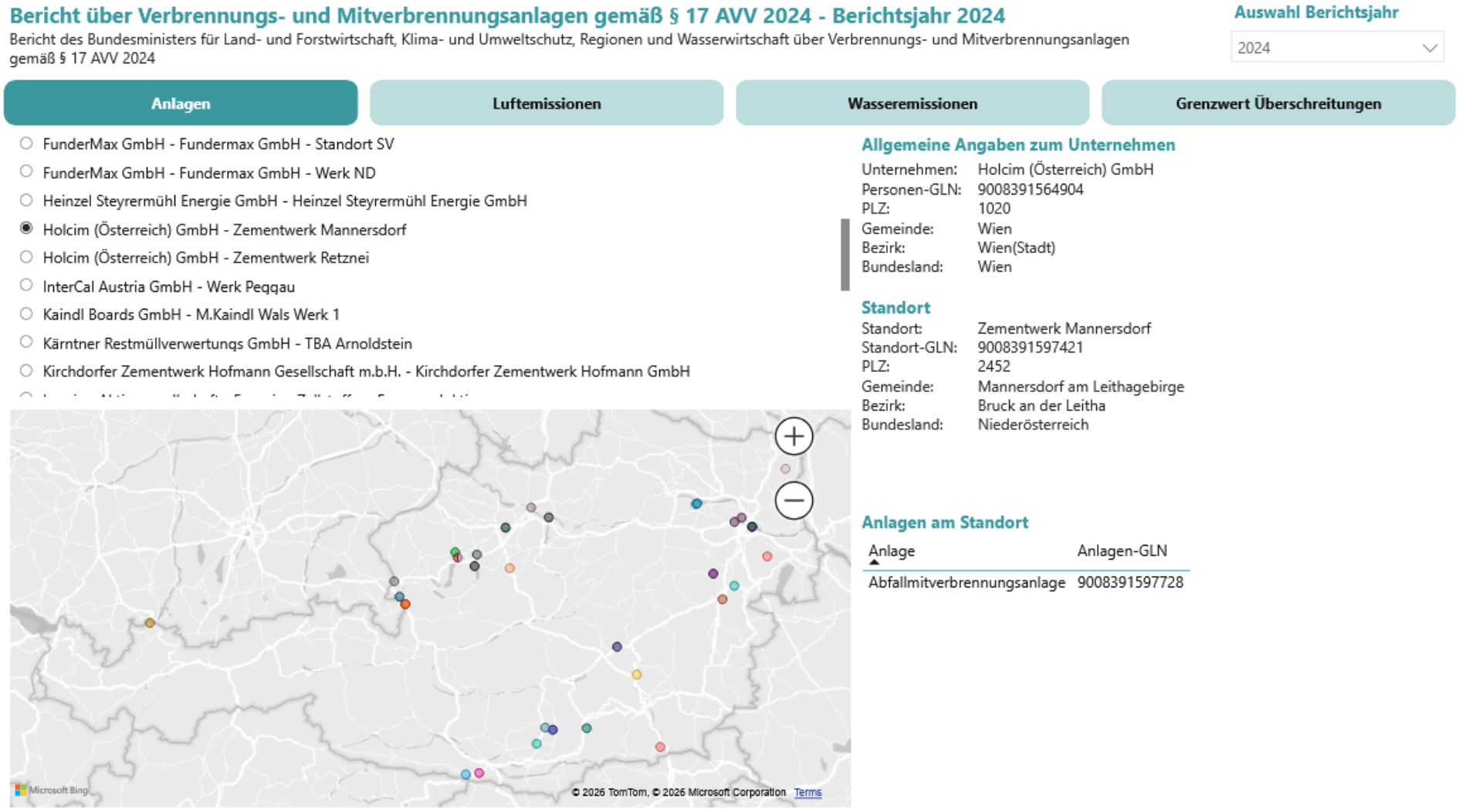
Zato je kontrola ulazne kvalitete GIO-a (Hg, Cl i hlapljivih elemenata) relativno važniji dio kontrole emisija.

Napomena: Cl-bypass primarno kontrolira unutarnje kruženje klora; obrada bypass toka nije ekvivalent punoprotočnom scrubberu glavnog dimnog plina.

Izvori: VÖZ/TU Wien, Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie – Berichtsjahr 2025 (stanje 31.12.2025.); Holcim Koromačno SUO 2022.

Transparentnost nije komunikacijski dodatak, ona je dio kvalitete procesa odlučivanja !

https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/industrie/daten-industrie/dashboard-verbrennungsanlagen



Transparentnost nije komunikacijski dodatak, ona je dio kvalitete procesa odlučivanja !

https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/industrie/daten-industrie/dashboard-verbrennungsanlagen

Bericht über Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen gemäß § 17 AVV 2024 - Berichtsjahr 2024

Auswahl Berichtsjahr: 2024

Holcim (Österreich) GmbH - Zementwerk Mannersdorf - Abfallmitverbrennungsanlage

Anlagen | Luftemissionen | Wasseremissionen | Grenzwert Überschreitungen

Anlage: Abfallmitverbrennungsanlage

Luftschadstoff Grenzwerte

Schadstoff	Zeitbezug	Wert	Einheit	O2-Gehalt [Vol%]	Nebenbestimmung	gültig ab	wirksam von	wirksam bis
Staub	HMW	30	mg/m³	10				
Staub	TMW	20	mg/m³	10				
Organische Stoffe (als C)	HMW/TMW	120	mg/m³	10				
HCl	HMW	10	mg/m³	10				
HF	HMW	0,7	mg/m³	10				
SO2	HMW/TMW	350	mg/m³	10				
NOx (als NO2)	HMW/TMW	500	mg/m³	10				
Hg + Verbindungen	HMW	50	µg/m³	10				
Cd, Tl + Verbindungen	0,5-8h	50	µg/m³	10				
Summe von Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn + Verbindungen	0,5-8h	500	µg/m³	10				
PCDD+PCDF	6-8h	0,05	ng/m³	10				

Emission kont. gemessener Luftschadstoffe

Schadstoff	Min. MMW	Max. MMW	Einheit	O2-Gehalt [Vol%]	Jahresfracht	
Staub	0,4	0,9	mg/m³	10	0,71	t/a
Organische Stoffe (als C)	18	52	mg/m³	10	51.990	kg/a
SO2	5	30	mg/m³	10	16,79	t/a
NOx (als NO2)	191,35	205,73	mg/m³	10	261,6	t/a
Hg + Verbindungen	20	28	µg/m³	10	32.930	g/a
NH3	7,3	20,2	mg/m³	10	15.560,1	kg/a

Emission diskont. gemessener Luftschadstoffe

Schadstoff	Konzentration	Einheit	O2-Gehalt [Vol%]
HCl	5,4	mg/m³	10
HF	0,12	mg/m³	10
Cd, Tl + Verbindungen	1	µg/m³	10
Summe von Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn + Verbindungen	29	µg/m³	10
PCDD+PCDF	0,0045	ng/m³	10

Die Volumeneinheit des Abgases (m³) ist auf 0 °C und 1013 mbar und auf den jeweilig festgelegten Sauerstoffgehalt (O2-Gehalt) nach Abzug des Feuchtegehaltes bezogen.

Transparentnost nije komunikacijski dodatak, ona je dio kvalitete procesa odlučivanja !

https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/industrie/daten-industrie/dashboard-verbrennungsanlagen

Bericht über Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen gemäß § 17 AVV 2024 - Berichtsjahr 2024

Auswahl Berichtsjahr: 2024

Holcim (Österreich) GmbH - Zementwerk Mannersdorf

Anlagen | Luftemissionen | Wasseremissionen | Grenzwert Überschreitungen

Anlage	Datum	Medium	Parameter	Dauer [h]	Ursache
Abfallmitverbrennungsanlage	15.02.2024 00:00	Luft	NH3	24,00	Ausschließlich TMW überschritten - Übersdosierung des Reduktionsmittels
Abfallmitverbrennungsanlage	21.06.2024 19:00	Luft	Organische Stoffe (als C)	0,50	Überdosierung eines Brennstoffes
Abfallmitverbrennungsanlage	04.10.2024 00:00	Luft	NH3	24,00	Ausschließlich TMW überschritten - Überdosierung des Reduktionsmittels

Transparentnost nije komunikacijski dodatak, ona je dio kvalitete procesa odlučivanja !

https://www.holcim.hr/ocuvanje-okolisa/mjerenje-emisija

DNEVNA MJERENJA

U doljnjoj tablici prikazane su prosječne dnevne vrijednosti emisija koje se kontinuirano mjere na našem dimnjaku peći tvornice cementa u Koromačnu.

	Dušikovi oksidi (NOx)	Sumporni dioksid (SO_2)	Prašina	Ukupni organski ugljik (TOC)	Klorovodik (HCl)	Amonijak (NH3)	Živa (Hg)
Dozvoljena granica	**500 mg/Nm^3**	**400 mg/Nm^3**	**20 mg/Nm^3**	**35 mg/Nm^3**	**10 mg/Nm^3**	**50 mg/Nm^{3*} 150 mg/Nm^{3**}**	**0.050 mg/Nm^3**
25.11.2026	427.32	97.99	0.54	21.96	0.28	20.26	0.002
24.11.2026	468.67	187.05	0.31	22.74	1.73	48.52	0.004
23.11.2026	451.76	165.64	0.37	18.08	1.40	25.76	0.005
22.11.2026	436.67	177.82	0.35	21.28	1.33	36.79	0.005
21.11.2026	446.56	165.22	0.38	23.38	1.31	36.40	0.002
20.11.2026	434.53	172.95	0.32	24.80	1.54	40.14	0.002
19.11.2026	379.70	195.73	0.31	21.20	1.25	34.16	0.003
18.11.2026	383.18	193.29	0.28	21.30	1.67	34.92	0.003

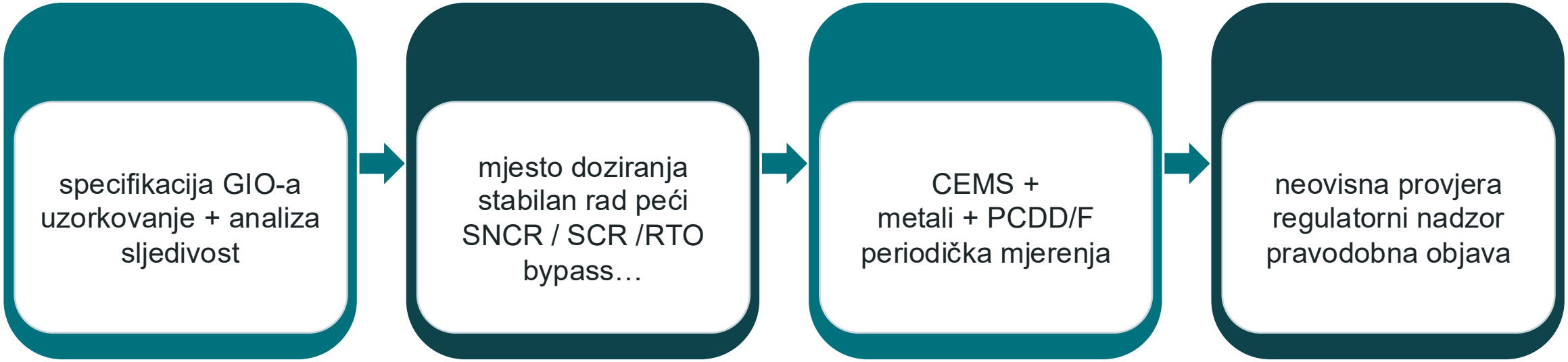
Transparentnost nije komunikacijski dodatak, ona je dio kvalitete procesa odlučivanja !

https://www.holcim.hr/ocuvanje-okolisa/mjerenje-emisija



Povjerenje nastaje kada je cijeli lanac provjerljiv

Nadzor nije samo dimnjak: kontroliraju se ulaz, proces, emisije i način na koji su podaci dostupni javnosti.



DOZVOLA JE POČETAK. POVJERENJE SE GRADI DOKAZIMA.

ČETIRI UVJETA ZA ODGOVORNU ENERGETSKU OPORABU

1	**KVALITETA GORIVA**	Pravna klasifikacija otpada ≠ tehnička prikladnost. Reprezentativno dokazati LHV, Cl, Hg, metale/-oide, vlagu, pepeo i granulaciju.
2	**ODGOVARAJUĆA TEHNOLOGIJA**	Mjesto doziranja i sustavi obrade dimnih plinova određuju što konkretna cementara može odgovorno prihvatiti.
3	**NEOVISNI NADZOR**	Kontrolirati i ulaz i izlaz: uzorkovanje goriva, kontinuirana mjerenja emisija te periodička mjerenja svih (kalibracija), ali i dodatnih emisija.
4	**TRANSPARENTNOST**	Podaci trebaju biti razumljivi, pravodobni i javno provjerljivi – uključujući odstupanja i korektivne mjere. Razumijevanje i razgovor dobra su metoda za suradnju i povjerenje.

DOZVOLA I POŠTIVANJE ZAKONA SU MINIMUM.
POVJERENJE SE GRADI JASNIM KRITERIJIMA I STRUČNIM DOKAZIMA.

Hvala na pažnji!

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Renato Šarc

Tel.: +43 (0) 3842 / 402 - 5105
renato.sarc@unileoben.ac.at

MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN
LEHRSTUHL FÜR ABFALLVERWERTUNGSTECHNIK UND ABFALLWIRTSCHAFT
Franz-Josef-Straße 18
8700 Leoben, Austria
http://avaw.unileoben.ac.at