



Center za fizikalne meritve

Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

Oznaka: LMSAR-20170029

Datum: 10.10.2017

Poročilo o izvajanju programa sistematskega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja za leto 2017

Naročnik:

Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje
Uprava RS za jedrsko varnost
Litostrojska cesta 54
1000 Ljubljana

Kontaktna oseba:

Michel Cindro

Pogodba:

številka C2553-17-430007 z dne 16.05.2017

Meritve in vzorčenje:

dr. MARKO GIACOMELLI, univ.dipl.fiz.

Prejeli:

Dokument je izdelan v elektronski obliki, vsebuje skupaj 41 strani. Objava, posredovanje in uporaba kakršnih koli podatkov iz dokumenta je dovoljena le ob predhodnem soglasju naročnika!
→ naročnik (gp.ursjv@gov.si)
→ Arhiv ZVD (portal IKSION)
Pokažite skrb za okolje in ne tiskajte dokumenta, če ni potrebno.



Izdelal poročilo:

dr. MARKO GIACOMELLI, univ.dipl.fiz.

Pregledal:

dr. GREGOR OMAHEN, univ.dipl.fiz.



0 | Zgodovina sprememb

Revizija 0 - LMSAR-20170029; 10.10.2017 Nov dokument.

Povzetek

Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (v nadaljevanju URSJV) mora zagotavljati varstvo pred povečano izpostavljenostjo delavcev in posameznikov iz prebivalstva zaradi naravnih virov sevanja s sistematičnim pregledovanjem delovnega okolja [1].

Sistematično pregledovanje delovnega okolja se mora zagotavljati predvsem tam, kjer se lahko pričakuje povečana izpostavljenost zaradi dejavnosti, ki vključujejo naravno prisotne radioaktivne snovi. Izvajanje programa je v letu 2017 zajelo 6 podjetij na različnih lokacijah in dejavnostih, in sicer Saloniit Anhovo, Nafta Lendava, Petrol Geoterm, TKI Hrastnik, Agroruše in EMO FRITE.

Med opravljanjem meritev smo naleteli na veliko mest s povišanimi hitrostmi doz nad naravnim ozadjem zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov v surovinah ali izdelkih bodisi K-40 bodisi radionuklidov uranove ali torijeve razpadne verige. Ta mesta so opisana in označena v poglavju 2. Prav tako je v nekaterih vzorcih surovin ali izdelkov bila izmerjena povišana koncentracija omenjenih radionuklidov.

Ker se na teh mestih s povišanimi hitrostmi doz in pri ravnanju s snovmi s povišanimi koncentracijami naravnih radionuklidov stalno delavci stalno ne zadržujejo, ocenjujemo, da dodatna izpostavljenost ni bistveno višja glede na siceršnjo izpostavljenost zaradi naravnega ozadja.



0 | Kazalo

1	Uvod	7
1.A	Program meritev za leto 2017	8
2	Meritve hitrosti doz	13
2.A	Salonit Anhovo	13
2.B	Nafta Lendava	16
2.C	Petrol Geoterm	19
2.D	TKI Hrastnik	21
2.E	Agroruše	25
2.F	Emo Frite	28
3	Vzorčenje in analiza vzorcev	31
3.A	Vzorčenje	31
3.B	Metoda visokoločljivostne spektrometrije gama	34
3.C	Metoda določevanja koncentracij radona z detektorji jedrskih sledi	34
3.D	Tabele z meritvami	34
3.E	Komentar rezultatov	34
4	Ocene doz zaradi NORM	39
5	Zaključki	40
6	Reference	41

0 | Slike

1	Izbrana podjetja in lokacije za izvajanje sistematskega nadzora.	10
2	Različne pravne osebe na območju črpanja in predelave nafte v Lendavi.	11
3	Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Salonit Anhovo.	14
4	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Salonit Anhovo	15
5	Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Eko nafta.	17
6	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Eko nafta.	18
7	Izvajanje meritev na različnih lokacijah Centralne plinske postaje v podjetju Petrol Geoterm.	19
8	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Petrol Geoterm.	20
9	Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju TKI Hrastnik.	22
10	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju TKI Hrastnik.	23
11	Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Agroruše.	25
12	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Agroruše.	26
13	Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju EMO Frite.	28
14	Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Emo Frite.	29
15	Vzorčenje za določevanje koncentracij v različnih surovinah, izdelkih ali odpadnih snoveh	32
16	Izpostavljanje detektorjev jedrskih sledi za določanje koncentracij radona	33

0 | Tabele

1	Seznam planiranih meritev za leto 2017	9
2	Podatki o merilniku hitrosti doz	13
3	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Salonit Anhovo (glej sliko 4)	16
4	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Eko Nafta (glej sliko 6) .	18
5	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Petrol Geoterm (glej sliko 8)	21
6	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju TKI Hrastnik (glej sliko 10)	24
7	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Agroruše (glej sliko 12) .	27
8	Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju EMO Frite (glej sliko 14)	30
9	Seznam planiranih in dejanskih vzorcev za analizo	31
10	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Salonit Anhovo	35
11	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Eko Nafta .	35
12	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Petrol Geo- term	35
13	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju TKI Hrastnik	36
14	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Agroruše . .	37
15	Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju EMO Frite .	37
16	Izmerjene koncentracije radona v različnih organizacijah	37

1 | Uvod

Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (v nadaljevanju URSJV) mora zagotavljati varstvo pred povečano izpostavljenostjo delavcev in posameznikov iz prebivalstva zaradi naravnih virov sevanja s sistematičnim pregledovanjem delovnega okolja [1].

Vlada Republike Slovenije je leta 2016 sprejela Uredbo o programu sistematičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja ter ozaveščanja prebivalstva o pomenu ukrepov zmanjšanja navzočnosti naravnih virov sevanj [2] (v nadaljevanju uredba UV4). Z uredbo UV4 so se v slovenski pravni red prenesle zahteve evropske direktive o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja [3], ki se nanašajo na dejavnosti, ki vključujejo naravno prisoten radioaktivni material. V njej so med drugim identificirane industrijske dejavnosti, kjer se kot vhodna surovina uporablja, skladišči ali odlaga materiale, ki se jih običajno ne obravnava kot radioaktivne, vendar vsebujejo naravno prisotne radionuklide.

URSJV je izdelala projektno nalogo številka 430-712017/1 z dne 22.02.2017, katere namen je določitev in konkretizacija programa zagotavljanja varstva delavcev in posameznikov iz prebivalstva pred povečano izpostavljenostjo sevanju zaradi naravnih virov sevanj na območjih in pri dejavnostih, kjer je povečano tveganje zaradi sevanja teh virov. S to nalogo se določajo obseg in pogostost pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, poleg rezultatov meritev pa lahko izbrani izvajalec predlaga tudi ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti.

Območja oziroma dejavnosti, kjer je povečano tveganje zaradi sevanja zaradi materialov ali odpadkov, ki imajo zaradi svojih lastnosti povečano vsebnost naravnih radionuklidov (v nadaljevanju NORM) ali imajo zaradi tehnološke predelave povečano vsebnost naravnih radionuklidov (v nadaljevanju TENORM), njihovo skladiščenje ali odlaganje v dejavnostih, so sicer naštet v prilogi 1 uredbe UV4 [2]:

- pridobivanje redkih zemelj iz monazita
- primarna proizvodnja železa
- proizvodnja in predelava naravnega kamna
- proizvodnja cementa, gradbenega materiala, vzdrževanje klinkerskih peči
- proizvodnja nafte in plina
- proizvodnja geotermalne energije
- proizvodnja fosforne kisline
- proizvodnja fosfatnih gnojil
- proizvodnja pigmenta TiO_2
- proizvodnja torijevih spojin in izdelkov, ki vsebujejo torij
- predelava niobijeve/tantalove rude
- termalna proizvodnja fosforja
- industrija cirkona in cirkonija
- termoelektrarne, vzdrževanje kotlov
- taljenje kositra/svinca/bakra
- naprave za filtriranje podzemne vode
- izkopavanje rud, razen uranove
- proizvodnja aluminija
- predelava boksitne rude
- predelava jekla
- proizvodnja toplotnoizolacijskih materialov
- razstavljanje in hramba eksponatov, ki vsebujejo NORM in TENORM

Sistematično pregledovanje delovnega okolja se mora zagotavljati predvsem tam, kjer se lahko pričakuje povečana izpostavljenost zaradi dejavnosti, ki vključujejo naravno prisotne radioaktivne snovi. Izvajanje programa zajema vsaj 5 dejavnosti z zgornjega seznama na različnih lokacijah in dejavnostih, določenih z nalogo URSJV.

Meritve po tej nalogi lahko izvajajo le pooblaščen izvedenci varstva pred sevanji, ki so za izvajanje teh meritev pridobil pooblastilo po zakonu, ki ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji in jedrsko varnost.

1.A | Program meritev za leto 2017

Program meritev za leto 2017 vsebuje sledeče izbrane industrijske dejavnosti, kjer so organizacije in njihove okvirne lokacije prikazane na sliki 1:

- proizvodnja cementa, gradbenega materiala, vzdrževanje klinkerskih peči
Salonit Anhovo d.d. Anhovo 1, 5210 Deskle
- proizvodnja nafte in plina
Nafta Lendava, proizvodnja naftnih derivatov, d.o.o., Lendava, Trimlini 65A, 9220 Lendava
Petrol Geoterm d.o.o., Mlinska ulica 5, 9220 Lendava, Slovenija
- proizvodnja fosfatnih gnojil
TKI Hrastnik, d.d., za Savo 6, 1430 Hrastnik
AGRORUŠE d.o.o. - podjetje za proizvodnjo in prodajo agro-kemičnih in drugih proizvodov, Tovarniška 27, 2342 Ruše
- industrija cirkona in cirkonija
EMO FRITE d.o.o., Mariborska cesta 86, Bežigrajska cesta 2b, 3000 Celje

Pogodba za izvedbo programa je bila podpisana z ZVD dne 16.05.2017, nato je dne 30.05.2017 URSJV izbranim organizacijam poslala uradne dopise s pojasnili, nakar smo po približno dveh tednih na ZVD začeli še sami kontaktirati organizacije in se dogovarjati za izvedbo meritev. V nekaterih primerih je v poletnem času težko najti ustrezne sogovornike, prav tako veliko proizvodnje zaradi kolektivnih dopustov ne obratuje.

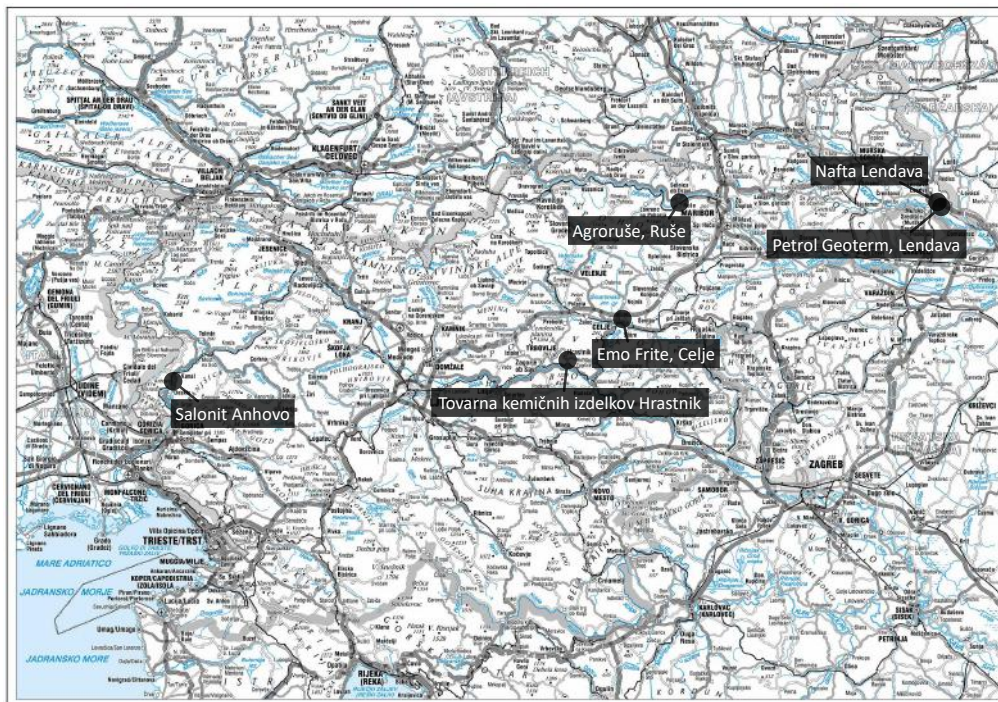
V tabeli 1 so podane vrsta in število meritev, ki jih je bilo potrebno v letu 2017 izvesti v okviru sistematičnega nadzora in ki predvidoma zadoščajo, da se lahko na podlagi rezultatov oceni izpostavljenost delavcev in posameznikov iz prebivalstva.

Salonit Anhovo Salonit Anhovo d.d. je največji slovenski proizvajalec cementa, kjer proizvajajo široko paleto različnih cementov, in sicer:

- cement za naftne in plinske vrtine
- cement za omete
- cement za hidroelektrarne in jezove
- osnovni cement za konstrukcijo
- specialni cement visoke trdnosti
- cement najvišjega trdnostnega razreda, za močno obremenjene konstrukcije
- čisti portlandski cement brez dodatkov
- cement odporen proti sulfatnim ionom, uporablja se za čistilne naprave

Tabela 1 | Seznam planiranih meritev za leto 2017

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vzorec	Št. meritev
Salonit Anhovo			
Doza zunanjšega sevanja	Proizvodnja Vzdrževanje klinkerskih peči Skladiščenje surovin in pepela	Zrak	10
Spektrometrija gama	Pepel Surovina Cement	Material	3
Meritve Rn	Proizvodnja in skladiščenje v zaprtih prostorih	Zrak	3
Nafta Lendava			
Doza zunanjšega sevanja	Proizvodnja Skladiščenje cevi	Zrak	10
Spektrometrija gama	Usedline na ceveh	Material	1
Meritve Rn	Črpanje v zaprtih prostorih	Zrak	1
Spektrometrija gama	Odpadne vode pri čiščenju opreme	Voda	1
Petrol Geoterm			
Doza zunanjšega sevanja	Proizvodnja Skladiščenje cevi	Zrak	10
Spektrometrija gama	Usedline na ceveh	Material	1
Meritve Rn	Črpanje v zaprtih prostorih	Zrak	1
Spektrometrija gama	Odpadne vode pri čiščenju opreme	Voda	1
TKI Hrastnik			
Spektrometrija gama	Pred izlivom odpadnih voda Po izlivu odpadnih voda	Voda	2
Doza zunanjšega sevanja	Skladišče surovine Skladišče izdelkov Odpadki proizvodnje	Zrak	10
Agororuše			
Spektrometrija gama	Surovina Izdelek	Material	2
Doza zunanjšega sevanja	Skladišče surovine Skladišče izdelkov Odpadki proizvodnje	Zrak	10
EMO Frite			
Spektrometrija gama	Prostori za mletje frit	Zrak/filter	2
Doza zunanjšega sevanja	Skladišče surovine Skladišče izdelkov Odpadki proizvodnje	Zrak	10



Slika 1 | Izbrana podjetja in lokacije za izvajanje sistematskega nadzora.

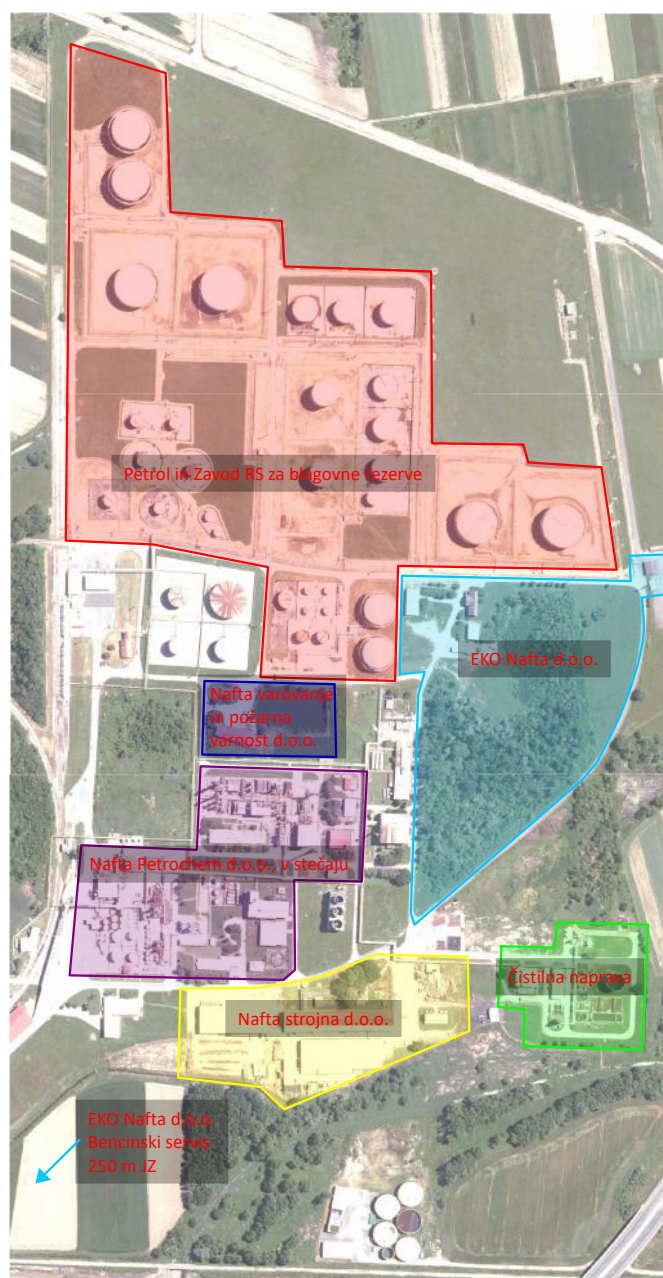
Nafta Lendava V Skupini Nafta Lendava se primarno ukvarjajo z raziskovanjem, pridobivanjem, trženjem in skladiščenjem ogljikovodikov, skupino pa sestavljajo povezane hčerinske družbe, in sicer: Nafta Lendava d.o.o., Eko-Nafta d.o.o. ter Nafta Varovanje in požarna varnost d.o.o. Celotno industrijsko območje je sedaj razdeljeno na več pravnih oseb (glej sliko 2), območje nekdanjega črpanja pa je v stečajni masi podjetja Nafta Petrochem d.o.o., v stečaju, zato dogovor o kakršnih koli meritvah na tem območju ni bil mogoč.

Petrol Geoterm Podjetje Petrol Geoterm d.o.o. se ukvarja z rudarskimi deli vrtanja in remontov plinskih, naftnih in geotermalnih vrtin, s proizvodnjo zemeljskega plina in nafte, s proizvodnjo toplote iz geotermalnih vrtin ter z upravljanjem in razvojem sistemov daljinskega ogrevanja, ki temeljijo na geotermalnih virih.

TKI Hrastnik V družbi TKI Hrastnik, d.d se ukvarjajo z razvojem, proizvodnjo in predelavo baznih industrijskih kemikalij, specialnih in laboratorijskih kemikalij in proizvajajo široko paleto izdelkov za široko potrošnjo, in sicer:

- proizvodnja natrijevih, kalijevih, amonijevih ortofosfatov in polifosfatov, kalcijevih fosfatov (feed grade), proizvodnja prehrabnenih dodatkov
- proizvodnja klora, natrijevega hidroksida, natrijevega hipoklorita, klorovodikove kisline, kalcijevega klorida
- proizvodnja prašnatih in tekočih detergentov, čistilnih sredstev za gospodinjstvo in industrijo, mineralnih gnojil

Agroruše Podjetje Agroruše d.o.o. deluje na področju proizvodnje in prodaje gnojil, substratov, sredstev za varstvo rastlin in semen, kjer proizvodni program obsega:



Slika 2 | Različne pravne osebe na območju črpanja in predelave nafte v Lendavi.

- trdna gnojila: formuliranje, mešanje, polnjenje
- tekoča gnojila: formuliranje in polnjenje
- organska gnojila: proizvodnja in polnjenje
- substrati: formuliranje in polnjenje
- različna čistilna sredstva: formuliranje in polnjenje
- sredstva za varstvo rastlin: polnjenje različnih formulacij

Emo Frite Podjetje Emo Frite d.o.o. proizvaja frite, ki so steklaste snovi, netopne v vodi, ki nastanejo s taljenjem v talilnih pečeh in so glavna surovina za tvorbo emajlov in keramičnih glazur. Frite tako služijo kot surovina za emajle (konvencionalni, elektrostatski), keramiko

LMSAR-20170029 | 10.10.2017 | Marko Giacomelli 11|41

(strešniki, uporabna in okrasna keramika, tehnična keramika) ter keramične frite in keramična veziva za umetne bruse.

2 | Meritve hitrosti doz

Na sedežu posamezne organizacije oziroma na mestu izvajanje dejavnosti smo izvedli meritve hitrosti doz na različnih mestih, kjer nam je bil omogočen dostop. Podrobnosti o merilnih lokacijah so navedene v poglavjih od 2.A do 2.F.

Meritve hitrosti doz so bile izvedene po delovnem postopku ZVD [4]. Negotovost meritve dozne hitrosti je prav tako navedena v omenjenem postopku in jo poročamo na zahtevo naročnika. Meritve hitrosti doz ZVD izvaja po akreditirani metodi po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 (Slovenska akreditacija, priloga k listini LP-032).

Vse meritve smo opravili z merilnikom, ki je prilagojen za meritve pri hitrostih doz na nivoju naravnega ozadja, podrobnosti o merilniku so v spodnji tabeli 2.

Tabela 2 | Podatki o merilniku hitrosti doz

Proizvajalec	Automess
Tip merilnika	6150 AD6/H
Št. merilnika	158240
Tip sonde	6150 AD-b (scintilacijska sonda)
Številka sonde	107006
Merilni obseg	5 nSv/h - 100 μ Sv/h

2.A | Salonit Anhovo

Tovarna, kjer poteka proizvodnja cementa, se nahaja okrog 20 kilometrov severno od Nove Gorice, v občini Deskle, GPS koordinate: N46.071°, E13.628°. Tovarna leži neposredno ob reki Soči.

Meritve smo opravili na mnogo več mestih kot predvideno, saj s samo 10 mesti ni mogoče zadovoljivo in smiselno pokriti celotne dejavnosti. Tako smo meritve opravili po spodnjem smiselnem zaporedju proizvodnje in skladiščenja, nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 3.

- mlin surovin
- toplotni izmenjevalnik (ker je potekal ravno remont klinkerske peči, smo meritve lahko opravili tudi v notranjosti)
- klinkerska peč (ker je potekal ravno remont, smo meritve lahko opravili tudi v notranjosti)
- kladilnik klinkerja (ker je potekal ravno remont klinkerske peči, smo meritve lahko opravili tudi v notranjosti)
- silos klinkerja
- mlin cementa
- silos pepela
- silos cementa
- pakirka
- vagonko zvrčališče
- hala surovin
- mlin premoga
- 2D gorivo (odpadki)
- delovno skladišče

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 4 in v tabeli 3. Najvišje hitrosti doz smo izmerili na lokacijah povezanih z oblogami za izolacijo klinkerske peči, in sicer v notranjosti toplotnega izmenjevalnika na hot disku in v pritličju ob paleti magnezitne opeke, na glavi klinkerske peči ter v delovnem skladišču, kjer je shranjen cement za obzidavo klinkerske peči. Na teh mestih se delavci stalno ne zadržujejo, remont klinkerske peči tipično traja okrog dva tedna.


a | Toplotni izmenjevalnik in hot disk

b | Rotac. peč klinkerja

c | Silos klinkerja

d | Vagonsko zvrčališče

e | Silos pepela in cementa

f | Hala surovin

g | Skladišče betona za obzidavo peči

Slika 3 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Salonit Anhovo.

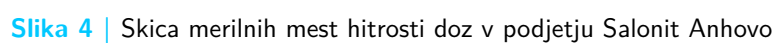


Tabela 3 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Salonit Anhovo (glej sliko 4)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
MLIN SUROVIN		DELOVNO SKLADIŠČE	
vhod	55	BETON ZA OBZIDAVO PEČI	
mlilnica	40	paleta Togodur zeleni	470
transport - 3. klet	32	paleta Togodur rumeni	130
dvorišče	30	paleta BJUFAB	230
TOPLOTNI IZMENJEVALNIK		paleta Caldecast	310
2. nadstropje		VAGONSKO ZVRAČALIŠČE	
hot disc - znotraj	310	transportni trak pod zemljo	26
hot disc - zunaj	92	MLIN CEMENTA	
pritličje		1. mlin	41
dvorišče	51	2. mlin	35
paleta magnezitna opeka	280	MALI SILOSI	
KLINKERSKA PEČ		dvorišče	49
dvorišče	47	silos pepela	95
glava peči (obloge)	310	silos cementa	49
klinkerski nalep	150	sredina hale	41
sveža opeka (obloga peči)	60	VELIKI SILOSI	
HLADILNIK KLINKERJA		pod 1. silosom	42
zunaj	70	PAKIRKA	
znotraj	230	stroj	54
SILOS KLINKERJA		paleta cement 4,25 SPEC	85
zunaj	70	HALA SUROVIN MC	
transport (trak pod zemljo)	61	dvorišče	50
NADZORNA SOBA		vhod (S)	51
dvorišče	54	žlindra	74
2D GORIVO (ODPADKI)		žerjav	40
sredina hale	44	vhod (J)	41

2.B | Nafta Lendava

Območje črpanja nafte in rafinerije Nafta Lendava (Trimlini) se nahaja okrog 3 kilometre južno od Lendave, GPS koordinate: N46.537°, E16.452°.

Nekdanja družba Nafta Lendava je bila razdrobljena na več hčerinskih družb, nekatere od teh so v stečaju (glej sliko 2 na strani 11). Zato smo meritve lahko opravili le na območju hčerinske družbe Eko Nafta d.o.o., nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 5. Meritve smo opravili na malo več mestih kot predvideno, da smo zadovoljivo in smiselno pokrili celotno dejavnosti oziroma področje/poslovne prostore, ki so sploh še v lasti/uporabi, in sicer

- na območju bivše rafinerije nafte vključno z opuščenimi laboratoriji,
- v barakah vzdrževanja,
- na vhodu 2,
- ob območju za morebitno novo rafinerijo in
- na sedežu družbe na črpalki Bencinski servis Nafta (lociran pred vhodom v industrijski kompleks Trimlini).

Planiranih meritev na sistemih črpanja nafte v družbi Nafta Lendava tako ni bilo mogoče opravljati, ker je družba Nafta Petrochem d.o.o., ki ima te sisteme v lasti, že nekaj časa v stečaju.



a | Območje bivše rafinerije



b | Laboratoriji



c | Laboratoriji



d | Barake vzdrževanja



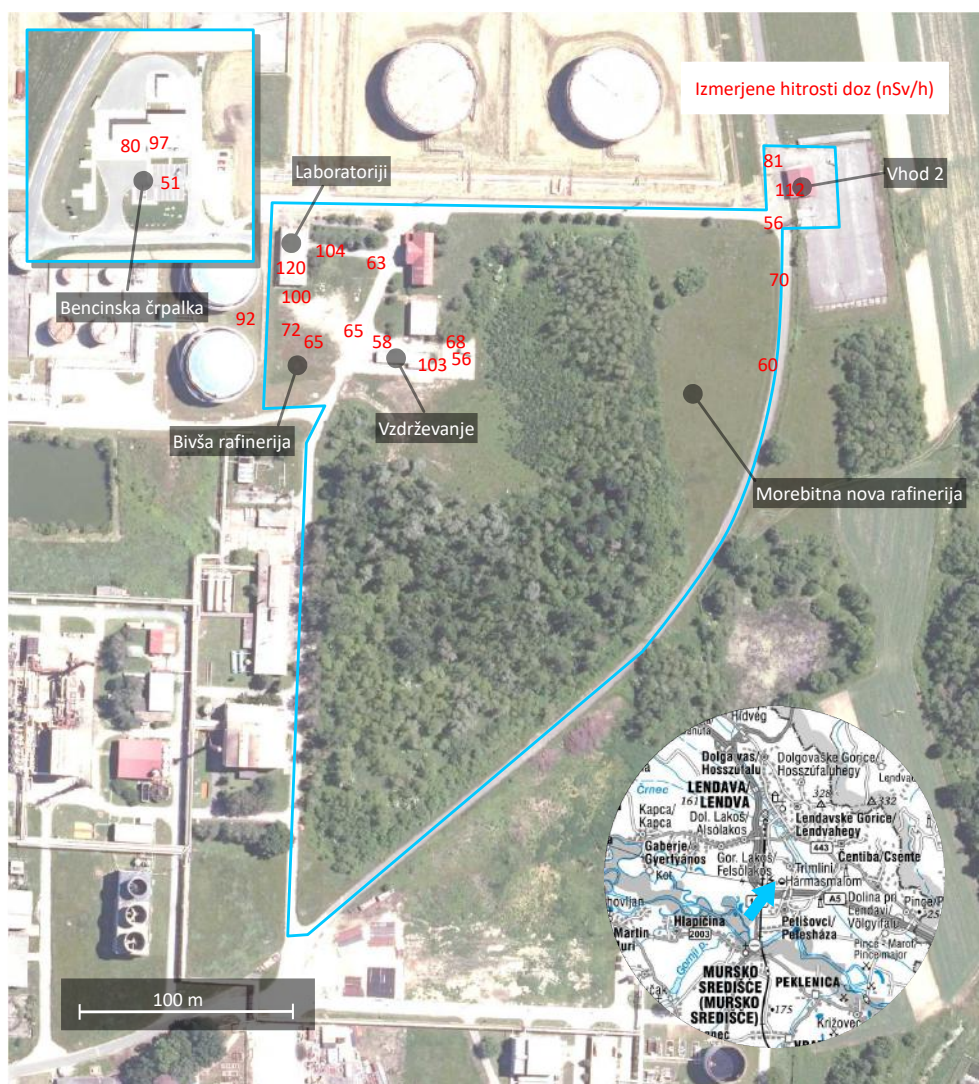
e | Vhod 2



f | Bencinska črpalka

Slika 5 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Eko nafta.

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 6 in v tabeli 4. Najvišje hitrosti doz smo izmerili v opuščeni prostorih laboratorijev, ki so najverjetneje posledica naravne radioaktivnosti v gradbenih materialih in talnih ploščic z glazuro. Večina objektov je zapuščenih, zaposleni se zadržujejo samo na sedežu družbe (Bencinski servis Nafta).



Slika 6 | Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Eko nafta.

Tabela 4 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Eko Nafta (glej sliko 6)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
BIVŠA RAFINERIJA		zaboju za smeti	
dovoz	65	stara cisterna	56
sredina	65	VHOD 2	
rob območja	72	zapornica	81
rezervoar ZRSBR	92	vratarica	112
LABORATORIJI		dvorišče	56
vhod	100	MOREBITNA NOVA RAFINERIJA	
notranjost	120	ob cesti	70
ob strani	104	ob cesti	60
dovoz	63	BENCINSKA ČRPALKA	
BARAKE VZDRŽEVANJA		parkirišče	51
dvorišče	58	črpalka	80
zadaj (izolacija)	103	pisarne	97

2.C | Petrol Geoterm

Centralna plinska postaja Petišovci, kjer poteka črpanje naftnega plina iz globokih vrtin, se nahaja okrog 4 kilometre jugovzhodno od Lendave, GPS koordinate: N46.535°, E16.469°.

Meritve znotraj območja Centralne plinske postaje Petišovci (CPP) smo opravili na mnogo več mestih kot predvideno, saj s samo 10 mesti ni mogoče zadovoljivo in smiselno pokriti celotne dejavnosti. Tako smo meritve opravili na različnih komponentah in sistemih CPP, nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 7.

- komandni prostor
- prenosniki
- plinski razdelilec in naftni razdelilci
- nizkotlačni in naftni separatorji
- črpalnica in kompresor
- rezervoarji in bazen za slojno vodo.



a | Prenosniki



b | Plinski razdelilec



c | Nizkotlačni separatorji



d | Črpalnica



e | Rezervoarji



f | Bazn za slojno vodo

Slika 7 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah Centralne plinske postaje v podjetju Petrol Geoterm.

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 8 in v tabeli 5. Najvišje hitrosti doz smo izmerili na zidu okrog rezervoarjev in v črpalnici. Povišane hitrosti doz so najverjetneje posledica uporabe opek z dodanim elektrofiltrskim pepelom. Na teh mestih se delavci stalno ne zadržujejo.

Tabela 5 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Petrol Geoterm (glej sliko 8)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
KOMANDNI PROSTOR		desno	61
okolica	56	notranjost	68
delovna mesta	52	NAFTNI RAZDELILCI	
PRENOSNIKI		vhod	57
okolica	54	sredina	61
A	55	zadaj	63
B	51	ČRPALNICA	
C (odmontiran)	63	sredina	80
C (notranjost)	49	črpalka	90
PLINSKI RAZDELILEC		stena vhod	100
okolica	55	stena nasproti vhoda	120
okolica	63	KOMPRESOR	
okolica	51	okolica	61
spredaj	65	sredina	64
zadaj	53	okolica proti rezervoarjem	52
METANOL		REZERVOARJI	
spredaj	45	zid levo	105
zadaj	41	2. rezervoar zgoraj	41
NIZKOTLAČNI SEPARATORJI		2. rezervoar spodaj	48
okolica	61	3. rezervoar zgoraj	44
A	52	4. rezervoar zgoraj	51
B	64	4. rezervoar spodaj	45
C	55	5. rezervoar zgoraj	53
NAFTNI SEPARATORJI		6. rezervoar spodaj	44
A	67	odtok med 1. in 4. rez.	57
B	78	odtok med 2. in 5. rez.	68
C	63	odtok med 3. in 6. rez.	88
BAZEN ZA SLOJNO VODO		zid desno (znotraj)	120
levo	56	zid desno (zunaj)	123

2.D | TKI Hrastnik

Tovarna, kjer poteka proizvodnja kemičnih izdelkov in čistilnih sredstev, se nahaja okrog 2 kilometra južno od Hrastnika, GPS koordinate: N46.132°, E15.092°. Tovarna leži neposredno ob potoku Boben.

Meritve smo opravili na mnogo več mestih kot predvideno, saj s samo 10 mesti ni mogoče zadovoljivo in smiselno pokriti celotne dejavnosti. Tako smo meritve opravili na različnih lokacijah proizvodnje in skladiščenja, nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 9.

- proizvodnja tekočih čistih in proizvodnja pralnih praškov
- proizvodnja aluminijevih, kalijevih in kalcijevih fosfatov
- skladišče surovin (več zgradb)
- skladišče izdelkov (K in Ca)
- skladišče soli
- elektroliza



a | Skladišče surovin (KCl)



b | Proizvodnja pralnih praškov



c | Proizvodnja kalcijevega klorida



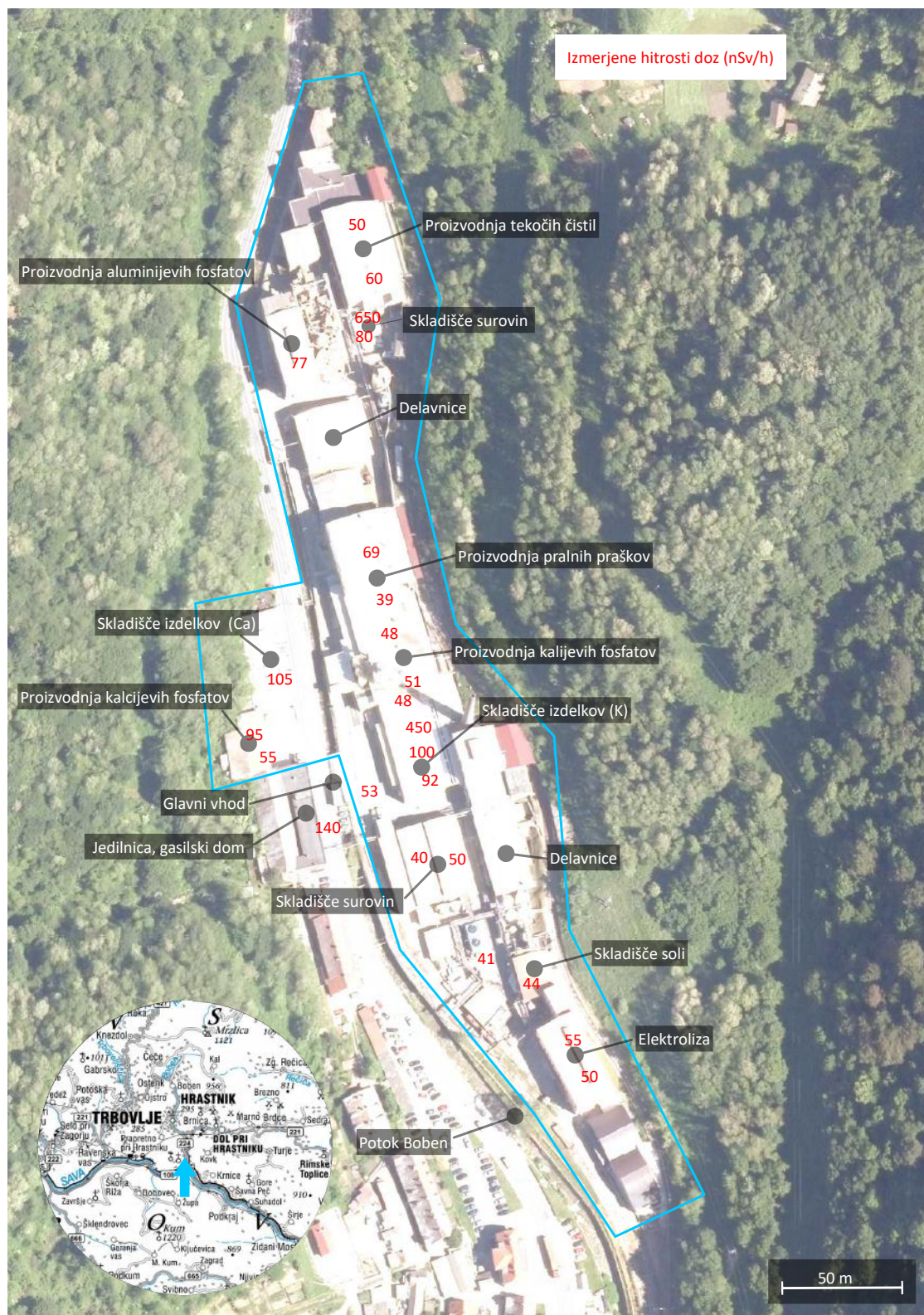
d | Skladišče izdelkov



e | Skladišče izdelkov

Slika 9 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju TKI Hrastnik.

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 10 in v tabeli 6. Najvišje hitrosti doz smo izmerili na surovinah in izdelkih, ki vsebujejo kalij (K-40), in sicer paleta kalijevega klorida v skladišču surovin in paleta kalijevega pirofosfata v skladišču izdelkov. Na teh mestih se delavci stalno ne zadržujejo, konservativno najverjetneje zadrževanje v bližini palet in rokovanje s temi surovinami oziroma izdelki ne presega pol ure dnevno.



Slika 10 | Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju TKI Hrastnik.

Tabela 6 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju TKI Hrastnik (glej sliko 10)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
PROIZVODNJA TEKOČIH ČISTIL		SKLADIŠČE SUROVIN (JUŽ.)	
sredina hale	60	paleta soda bikarbona	40
med stalažami	50	jeklenke klora	50
PROIZVODNJA ALUMINIJEVIH FOSFATOV		SKLADIŠČE SOLI	
sredina hale	77	vhod	44
SKLADIŠČE SUROVIN (SEV.)		dvorišče	41
sredina hale	50	ELEKTROLIZA	
paleta kalijev klorid	650	sredina hale	55
PROIZVODNJA PRALNIH PRAŠKOV		proizvodnja	50
skladišče izdelkov	69	GLAVNI VHOD	
skladišče surovin	39	dvorišče	53
polnilnica	48	jedilnica, gasilski dom	140
PROIZVODNJA KALIJEVIH FOSFATOV		PROIZVODNJA KALCIJEVIH FOSFATOV	
sredina hale	51	proizvodnja	55
prehod v skladišče	48	odpraševanje	95
SKLADIŠČE IZDELKOV (K)		SKLADIŠČE IZDELKOV (CA)	
paleta kalijev pirofosfat	450	paleta dikalcijev fosfat	105
paleta diamonijev fosfat	100		
paleta natrijev 3-polifosfat	92		

2.E | Agroruše

Tovarna se nahaja v industrijski coni slab kilometer severno od ruš in okrog 11 kilometrov zahodno od Maribora, GPS koordinate: N46.548°, E13.517°. Tovarna leži neposredno ob reki Dravi.

Meritve smo opravili na več mestih kot predvideno, saj s samo 10 mesti ni mogoče zadovoljivo in smiselno pokriti celotne dejavnosti. Ker je sezona proizvodnje gnojil ravno na koncu in začetku leta, v času meritev proizvodnja ni obratovala. Tako smo meritve opravili na različnih lokacijah skladiščenja in deloma proizvodnje, nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 11.

- skladišče gotovih izdelkov
- skladišče repro materiala
- proizvodnja in polnilnica
- skladišče polizdelkov, surovin in krmil
- skladišče gotovih izdelkov (zaloge)
- skladišče nevarnih snovi



a | Skladišče gotovih izdelkov



b | Skladišče repro materiala



c | Skladišče polizdelkov



d | Skladišče surovin



e | Skladišče gotovih izdelkov (zaloge)

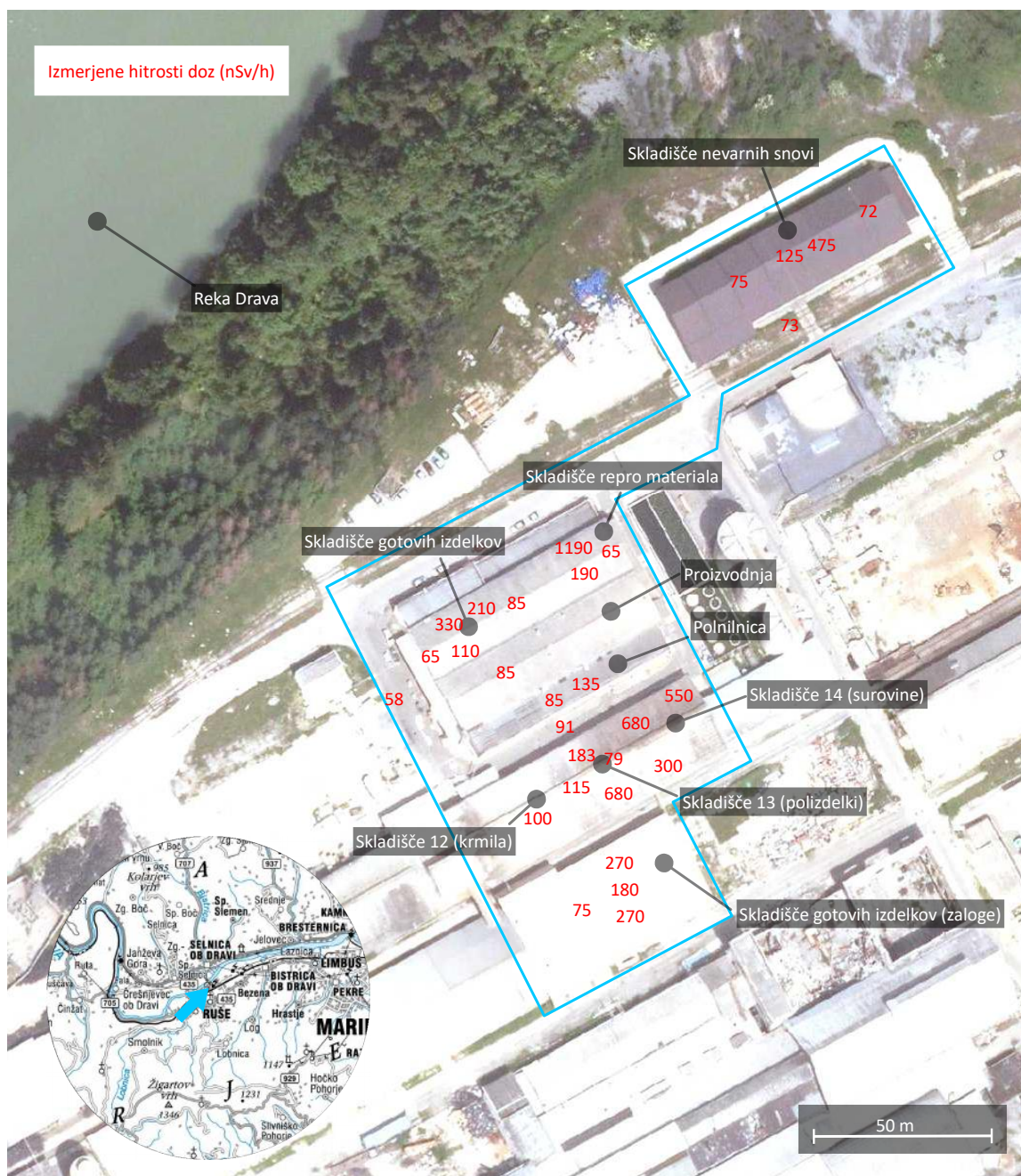


f | Skladišče nevarnih snovi

Slika 11 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju Agroruše.

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 12 in v tabeli 7. Najvišje hitrosti doz smo izmerili na surovinah, ki vsebujejo kalij (K-40), in sicer paleta kalijevega hidroksida v LMSAR-20170029 | 10.10.2017 | Marko Giacomelli

skladišču repro materiala, paleta kalijevega nitrata v skladišču polizdelkov in paleta kompleksnega gnojila 20% v skladišču surovin. Na teh mestih se delavci stalno ne zadržujejo, konservativno najverjetneje zadrževanje v bližini palet in rokovanje s temi surovinami oziroma izdelki ne presega pol ure dnevno v sezoni. V skladišču se delavec/skladiščnik sicer zadržuje okrog četrtno delovnega časa, kjer lahko ocenimo povprečno hitrost doz pri zadrževanju v skladišču na 100 nSv/h.



Slika 12 | Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Agroruše.

Tabela 7 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju Agroruše (glej sliko 12)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
SKLADIŠČE GOTOVIH IZDELKOV		SKLADIŠČE 13 (POLIZDELKI)	
vhod	58	vhod	115
med stalažami levo	110	sredina hale	79
paleta Cvetal - vrtnice	330	paleta kalijev nitrat	680
med stalažami desno	65	paleta nutricote total	183
paleta Cvetal - magnez. sulfat	85	SKLADIŠČE 14 (SUROVINE)	
paleta Cvetal - kivi	210	paleta kompleksno gnojilo 20% K ₂ O	680
SKLADIŠČE REPRO MATERIALA		paleta kalijev sulfat	550
hodnik	65	paleta superfosfat	300
paleta KOH	1190	SKLADIŠČE GOTOVIH IZDELKOV (ZALOGE)	
paleta KOH - 1m stran	190	med regali specialnih gnojil	180
PROIZVODNJA		specialno gnojilo za jagode	270
sredina hale	85	paleta Cvetal - vrtnice	270
POLNILNICA		med regali substratov	75
polnilni stroj	85	SKLADIŠČE NEVARNIH SNOVI	
rezervoar za tekoče gnojivo	135	vhod	73
izhod	91	2. prostor	75
SKLADIŠČE 12 (KRMILA)		3. prostor	125
ob vrečah	100	paleta kalijev nitrat	475
		4. prostor	72

2.F | Emo Frite

Tovarna se nahaja v industrijski coni CE-Vzhod slaba dva kilometra severovzhodno od Celja, GPS koordinate: N46.239°, E15.282°. Tovarna leži neposredno ob reki Hudinji in potoku Ložnica.

Družba Emo Frite ima prostore na dveh lokacijah, uprava družbe in laboratoriji se nahajajo na naslovu Bežigrajska cesta 2b, Celje, proizvodnja in skladišče pa na naslovu Bežigrajska cesta 18, Celje.

Meritve smo opravili na več mestih kot predvideno, saj s samo 10 mesti ni mogoče zadovoljivo in smiselno pokriti celotne dejavnosti. Tako smo meritve opravili na različnih lokacijah proizvodnje in skladiščenja, nekateri objekti merilnih mest so prikazani na sliki 13.

- upravska zgradba in laboratorij
- skladišče surovin in izdelkov
- talilne peči in sušilniki frit
- priprava mešanice za taljenje
- mlini za frito
- priročno skladišče
- čiščenje vode in silosi



a | Proizvodna hala



b | Talilne peči



c | Mlini za frito



d | Skladišče izdelkov in surovin



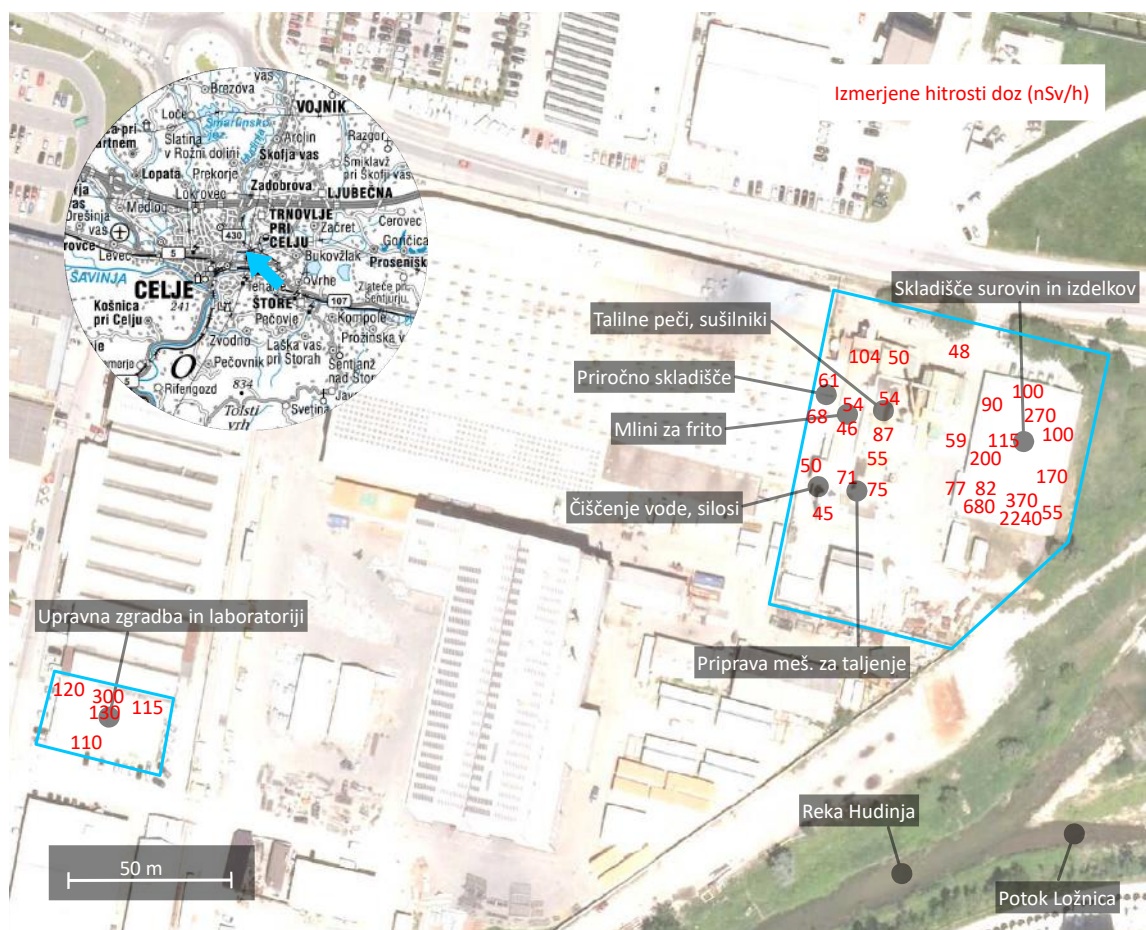
e | Paleta izdelkov v skladišču



f | Laboratorij

Slika 13 | Izvajanje meritev na različnih lokacijah v podjetju EMO Frite.

Točne lokacije in izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 14 in v tabeli 8. Najvišje hitrosti doz smo izmerili na surovinah, in sicer paleta cirkonija, ki vsebuje nuklide torijeve in uranove razpadne verige, ter paleta kalijevega karbonata, ki vsebuje K-40 v skladišču surovin in izdelkov. V skladišču se delavec/skladiščnik sicer zadržuje okrog četrtno delovnega časa, v neposredni bližini teh dveh palet pa zelo malo časa, najverjetneje manj kot uro mesečno. Sicer lahko ocenimo povprečno hitrost doz pri zadrževanju v skladišču na 110 nSv/h. Prav tako v proizvodnji frit delavci zaradi prašenja obvezno uporabljajo respiratorno zaščito, da preprečijo vdihavanje prahu.



Slika 14 | Skica merilnih mest hitrosti doz v podjetju Emo Frite.

Tabela 8 | Izmerjene hitrosti doz na različnih lokacijah v podjetju EMO Frite (glej sliko 14)

Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)	Merilno mesto	Hitr. doze (nSv/h)
UPRAVNA ZGRADBA IN LABORATORIJI		PROIZVODNJA	
vhod	110	dvorišče	48
keramični laboratorij	120	ročna sortirnica	50
emajlirski laboratorij - splošno	130	Talilne peči in sušilniki frite	
emajlirski laboratorij - vzorci	300	sušilnik, skladišče	104
analitski laboratorij	115	sušilnik	54
SKLADIŠČE SUROVIN IN IZDELKOV		talilne peči (delujoče)	87
dvorišče	59	talilne peči (nedelujoče)	55
vhod	77	Priprava mešanice za taljenje	
paleta kalijev karbonat	680	skladišče	75
paleta kalijev karbonat - 1 m	86	Mlini za frito	
paleta cirkonij	2240	sredina prostora	54
paleta cirkonij - 1 m	340	ob mlinu	46
paleta titanov dioksid	55	Čiščenje vode, silosi	
paleta frita (V rob)	170	silosi	45
transportna pot (V rob)	100	čistilna naprava	50
paleta frita (S rob)	270	Priročno skladišče	
stalaže (S rob)	100	vhod k mlinom	68
palete (S rob)	90	palete	61
paleta frita (Z rob)	200		
transportna pot (Z rob)	115		

3 | Vzorčenje in analiza vzorcev

3.A | Vzorčenje

Seznam planiranih meritev in vzorčenja različnih vzorcev je naveden v tabeli 1. V večini primerov smo plan izpolnili, v nekaterih primerih pa to preprosto ni bilo mogoče, zato smo poskušali vzorčiti najbolj smiselno podobne vzorce, ki služijo namenu sistematskega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja. Pregledna primerjava planiranih in dejansko vzetih vzorcev je prikazana v tabeli 9. Vzorce smo nato analizirali bodisi z metodo visoko ločljive spektrometrije gama (glej poglavje 3.B) bodisi so izpostavljeni radonski detektorji služili za določanje povprečnih koncentracij Rn-222 (glej poglavje 3.C). Nekateri vzorci za analizo z gama spektrometrijo so predstavljeni na sliki 15, lokacije radonskih detektorjev pa na sliki 16.

Tabela 9 | Seznam planiranih in dejanskih vzorcev za analizo

Planirani vzorci	Dejanski vzorci
Salonit Anhovo	
Pepel	Pepel
Surovina	Apnenčeva moka
Cement	Cement
Nafta Lendava	
Usedline na ceveh	Zemlja
Odpadne vode pri čiščenju	Zemlja
Petrol Geoterm	
Usedline na ceveh	Slojna voda
Odpadne vode pri čiščenju	Ostanki nafte
TKI Hrastnik	
Pred izlivom odpadnih voda	Potok Boben
Po izlivu odpadnih voda	Potok Boben
Surovina	Kalijev hidroksid
Izdelek	Kalijev tripolifosfat
	Fosforna kislina
Agroruše	
Surovina	Kalijev hidroksid
Izdelek	Cvetal
EMO Frite	
Prostori za mletje frit (2 zračna filtra)	Zrak - mletje frit
	Zrak - sušenje frit

Salonit Anhovo. V laboratoriju za analizo vzorcev so nam predali vzorce pepela, cementa in apnenčeve moke, torej kot planirano v tabeli 1. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 10.

Nafta Lendava. Po programu meritev je bilo predvideno vzorčenje usedlin na ceveh in odpadne vode pri čiščenju/spiranju opreme. Zaradi razlogov, opisanih v poglavju 1.A, smo lahko vzorčili le na območju hčerinske družbe Eko Nafta d.o.o. Na tem področju praktično ni več nobene dejavnosti ali opreme, večinoma je le nekaj opuščenih stavb. Zato smo vzorčili zemljo na dveh mestih, kjer je nekoč stala rafinerija nafte. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 11.

Petrol Geoterm. Po programu meritev je bilo predvideno vzorčenje usedlin na ceveh in odpadne vode pri čiščenju/spiranju opreme, in sicer v CPP Petišovci. Kot so nam pojasnili predstavniki podjetja Petrol Geoterm, se cevi menjavajo zelo redko in praktično v zadnjih 10-15 letih ni bilo opravljenih tovrstnih del, prav tako so morebitne cevi že davno bile predane zbiralcem sekundarnih surovin. Zato smo se odločili za vzorčenje ostankov slojne vode, ki je



a | Laboratorijski vzorci TKI Hrastnik



b | Vzorčenje zemlje



c | Vzorčenje iz bazena za slojno vodo Petrol Geoterm



d | Zračna črpalka v okolici mlinov frit Emo frite

Slika 15 | Vzorčenje za določevanje koncentracij v različnih surovinah, izdelkih ali odpadnih snoveh

stranski produkt pri črpanju zemeljskega plina in nafte. V rezervoarjih CPP Petišovci se izvaja separacija nafte in slojne vode (naravni proces), nafta se uporabi, preostala voda pa prečrpa v bazen za slojno vodo, od tod pa naprej na čistilno napravo. Odvzet vzorec slojne vode smo v laboratoriji pustili nekaj dni, da sta se ponovno ločila voda in nafta, ter ločeno merili slojno vodo in ostanke nafte. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 12.

TKI Hrastnik. V laboratoriju za analizo vzorcev so nam predali vzorce kalijevega tripolifosfata, kalijevega hidroksida in fosforne kisline. Vzorčevalec podjetja nam je dostavil tudi dva vzorca vode iz potoka Boben, pred in po izlivu odpadnih voda. Vzorčili smo torej kot je bilo planirano v tabeli 1, na željo podjetja smo dodatno izmerili en vzorec. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 13.

Agroaruše. V skladišču izdelkov oziroma repro materiala so nam predali vzorca cvetala oziroma kalijevega hidroksida, torej kot planirano v tabeli 1. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 14.

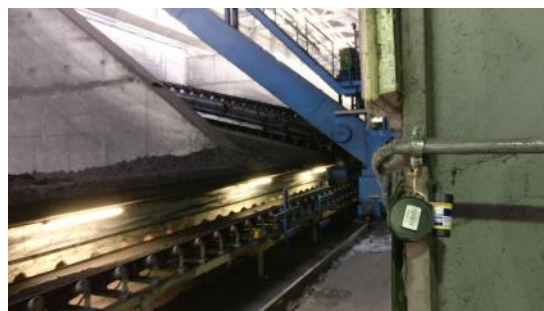
EMO Frite. Po programu v tabeli 1 sta bili predvidena dva vzorca zraka v prostorih, kjer se melje frite. Ker mletje frit poteka v dokaj majhnem prostoru, smo tja postavili eno zračno črpalko, ugotovili pa smo, da v sosednjem prostoru po sušenju frit poteka njihovo presipavanje,

in, ker prihaja do prašenja, smo drugo zračno črpalko raje postavili v ta prostor. Rezultati analize vzorcev so v tabeli 15.

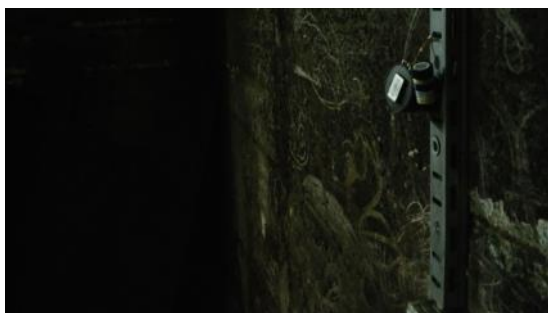
Radonski detektorji. Koncentracije radona smo merili z detektorji jedrskih sledi, kjer se te tipično postavi na zeleno mesto, kjer želimo izmeriti povprečno koncentracijo. Lokacije detektorjev so predstavljene na sliki 16, ki so skladne s programom meritev v tabeli 1, razen v primeru Nafta Lendava. Radonske detektorje je smiselno postavljati le v zaprte prostore, kjer pričakujemo zadrževanje delavcev.



a | Vagonsko zvrtačališče (Salonit Anhovo)



b | Hala surovin (Salonit Anhovo)



c | Mlilnica - klet (Salonit Anhovo)



d | Pisarna (Nafta Lendava)



e | Črpalnica (Petrol Geoterm)

Slika 16 | Izpostavljanje detektorjev jedrskih sledi za določanje koncentracij radona

V podjetju **Salonit Anhovo** smo tako detektorje postavili v kletni koridor vagonskega zvrtačališča (5 m širok, okvirno 50 m dolg prostor), in sicer ob transportni trak, kjer poteka pretovarjanje surovin, v halo surovin MC (hala dimenzij 150×25×10 m), kjer poteka priprava mešanice za izdelavo cement, in v kletno etažo mlilnice (prostor dimenzij 10×10 m, cca. 20 m pod zemljo), kjer poteka mletje vhodnih surovin. V podjetju **Nafta Lendava** se zaposleni zadržujejo le v pisarnah, zato smo detektor postavili tja, saj bi meritev v ostalih objektih bila brez pomena. Območje črpanja pa ni bilo dostopno, saj je podjetje, ki ima ta območja v lasti, [LMSAR-20170029](#) | 10.10.2017 | [Marko Giacomelli](#)

že v stečaju. Prav tako črpanje že nekaj let ne poteka več. V podjetju **Petrol Geoterm** smo detektor postavili v črpalnico, ki je zaprt prostor okvirnih dimenzij 5×5m, v njem pa obratujeta dve črpaliki. Rezultati analize izpostavljenih detektorjev so v tabeli 16.

3.B | Metoda visokoločljivostne spektrometrije gama

Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja smo uporabljali visoko ločljivostno spektrometrijo gama. Vzorce smo vzorčili, pripravili in merili v skladu z odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti gama v vzorcih iz življenjskega okolja [5–8]. Meritve z metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama ZVD izvaja po akreditirani metodi po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 (Slovenska akreditacija, priloga k listini LP-032). Za izvajanje meritev smo uporabljali polprevodniške detektorje iz čistega germanija, ki so vstavljeni v ščit iz železa ali svinca, s katerim zmanjšamo sevanje gama iz okolja. Za analizo izmerjenih spektrov smo uporabili programski paket Genie 2000, Canberra. V vzorcih smo določali naravne radionuklide iz uranove razpadne verige (U-238, Ra-226, Pb-210), torijeve razpadne verige (Ac-228, Th-228, Pb-212), K-40, kozmogeni Be-7 in umetni radionuklid Cs-137.

3.C | Metoda določevanja koncentracij radona z detektorji jedrskih sledi

Koncentracijo radona (Rn-222) skozi daljše časovno obdobje (najmanj 30 dni) smo določali z detektorji sledi podjetja Landauer Nordic, Švedska. Detektor sledi je plastična folija z dimenzijami 1.5×1 cm. Detektor je pritrjen na notranjo stran pokrova plastičnega okroglega ohišja, s premerom 5 cm in višino 3 cm. Radon, ki pride v t.i. radonsko komoro, v njej razpade, delci alfa, ki nastanejo pri razpadu, pa se zarijejo v folijo in v njej pustijo sledi. Število sledi na foliji je premo sorazmerno s koncentracijo radona v zraku. ZVD vzorčenje in analizo za določanje koncentracij radona izvaja z odobrenimi delovnimi postopki [9, 10], meritve pa po akreditirani metodi po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 (Slovenska akreditacija, priloga k listini LP-032).

3.D | Tabele z meritvami

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom $\pm$ je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom $<$ je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v tabelah od 10 do 15 se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material. Ekshalacija radona iz posode z vzorcem ni upoštevana.

V tabeli 16 so prikazane izmerjene koncentracije radona v različnih prostorih, ki predstavljajo povprečne koncentracije v intervalu izpostavljanja detektorjev jedrskih sledi. Število podano za znakom $\pm$ je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo.

3.E | Komentar rezultatov

Mejne vrednosti kontaminacije delovnega in bivalnega okolja so navedene v uredbi UV2 [11], koncentracije radionuklidov za nivoje izvzetja iz upravnega nadzora pa v uredbi UV1 [12].

Splošne vrednosti radioaktivnih snovi. Koncentracije radionuklidov v vseh izmerjenih vzorcih splošne rabe (glej tabele 13 in 14) ne presegajo vrednosti v tabeli 3 uredbe UV1 [12], kjer je mejna specifična aktivnost za K-40 100.000 Bq/kg, U-238+ 10.000 Bq/kg, Ra-226+ 10.000 Bq/kg in Th-232 1.000 Bq/kg. Najvišje izmerjene vrednosti koncentracije K-40 so bile okrog 13.000 Bq/kg.

Tabela 10 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Salonit Anhovo

Oznaka vzorca	RV1770717	RV1780717	RV1790717
Vzorec	cement	pepel	apnenčeva moka
Mesto vzorčenja	laboratorij	laboratorij	laboratorij
Datum vzorčenja	04.07.2017	04.07.2017	04.07.2017
Količina vzorca (kg)	0,065	0,050	0,055
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)		
U (Th-234)	35,7 ± 3,9	51,7 ± 5,7	9,7 ± 2,9
Ra-226	38,1 ± 0,7	54,6 ± 1,0	20,4 ± 1,0
Pb-210	21,8 ± 2,1	44,3 ± 3,0	14,2 ± 2,0
Th (Ra-228)	22,9 ± 0,8	48,7 ± 1,3	7,3 ± 0,9
Th-228	21,3 ± 0,9	47,9 ± 1,8	8,3 ± 1,1
K-40	260 ± 15	300 ± 10	174 ± 13

Tabela 11 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Eko Nafta

Oznaka vzorca	RV2680917	RV2710917
Vzorec	zemlja	zemlja
Mesto vzorčenja	bivša rafinerija (Lendava)	bivša rafinerija (Lendava)
Datum vzorčenja	06.09.2017	06.09.2017
Količina vzorca (kg)	0,142	0,156
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U (Th-234)	22,3 ± 4,1	14,4 ± 5,2
Ra-226	17,7 ± 0,4	17,9 ± 0,7
Pb-210	50,1 ± 4,1	39,8 ± 5,7
Th (Ra-228)	22,9 ± 0,7	25,4 ± 1,5
Th-228	19,7 ± 0,8	25,2 ± 1,8
K-40	303 ± 17	308 ± 21
Be-7	5,6 ± 0,8	
Cs-137	0,55 ± 0,08	1,17 ± 0,32

Tabela 12 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Petrol Geoterm

Oznaka vzorca	RV1820717	RV1830717
Vzorec	ostanki nafte	slojna voda
Mesto vzorčenja	bazen za slojno vodo (CPP Petišovci)	bazen za slojno vodo (CPP Petišovci)
Datum vzorčenja	06.07.2017	06.07.2017
Količina vzorca (kg)	0,056	0,183
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U (Th-234)	6,6 ± 1,6	
Ra-226	2,0 ± 0,2	0,3 ± 0,1
Pb-210		
Th (Ra-228)	3,2 ± 0,4	1,0 ± 0,3
Th-228	1,6 ± 0,4	0,8 ± 0,3
K-40		1,9 ± 1,3

Tabela 13 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju TKI Hrastnik

Oznaka vzorca	RV1630617	RV1620617
Vzorec	voda	voda
Mesto vzorčenja	Potok Boben (nad tovarno)	Potok Boben (pod tovarno)
Datum vzorčenja	23.06.2017	23.06.2017
Količina vzorca (l)	3,0	3,0
Izotop	Specifična aktivnost (mBq/m ³)	
U (Th-234)	1,3 ± 1,0	1,1 ± 0,4
Ra-226		< 0,3
Pb-210	2,2 ± 1,2	
Th (Ra-228)		
Th-228	0,6 ± 0,2	< 0,6
K-40		
Oznaka vzorca	RV1610617	RV1580617
Vzorec	kalijev tripolifosfat	kalijev hidroksid 50
Mesto vzorčenja	laboratorij	laboratorij
Datum vzorčenja	23.06.2017	23.06.2017
Količina vzorca (kg)	0,047	0,269
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U (Th-234)	22,2 ± 7,8	
Ra-226	5,2 ± 0,6	< 1,2
Pb-210	13,8 ± 8,5	< 6,7
Th (Ra-228)		
Th-228		< 1,9
K-40	12.900 ± 700	9690 ± 420
Oznaka vzorca	RV1590617	
Vzorec	fosforna kislina	
Mesto vzorčenja		
Datum vzorčenja	23.06.2017	
Količina vzorca (kg)	0,333	
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U (Th-234)	8,3 ± 1,8	
Ra-226		
Pb-210	1,1 ± 0,7	
Th (Ra-228)	0,4 ± 0,2	
Th-228		
K-40		

Gradbeni materiali. Koncentracije radionuklidov v vzorcih, ki predstavljajo gradbeni material (Salonit Anhovo; glej tabelo 10), ne presegajo omejitev iz 32. člena uredbe UV2 [11], kjer so mejne specifične aktivnosti za K-40 3.000 Bq/kg, Ra-226 300 Bq/kg in Th-232 200 Bq/kg. Prav tako je izpolnjen spodnji pogoj za zmes radionuklidov:

$$\frac{C_T}{200} + \frac{C_R}{300} + \frac{C_K}{3000} < 1 \quad (1)$$

Najvišje izmerjene vrednosti koncentracij radionuklidov v vzorcih so bile okrog 50 Bq/kg za radionuklide uranove in torijeve razpadne verige ter do 300 Bq/kg za K-40.

Tabela 14 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju Agroruše

Oznaka vzorca	RV1800717	RV1810717
Vzorec	cvetal	kalijev hidroksid
Mesto vzorčenja	skladišče	skladišče
Datum vzorčenja	05.07.2017	05.07.2017
Količina vzorca (kg)	0,066	0,050
Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U (Th-234)	224 ± 23	3,9 ± 2,5
Ra-226	306 ± 46	0,8 ± 0,3
Pb-210	262 ± 12	
Th (Ra-228)	4,9 ± 0,7	
Th-228	3,8 ± 0,7	
K-40	3.130 ± 70	11.400 ± 600

Tabela 15 | Izmerjene koncentracije radionuklidov v odvzetih vzorcih v podjetju EMO Frite

Oznaka vzorca	RV2190817	RV2200817
Vzorec	zračni filter	zračni filter
Mesto vzorčenja	mlin frit	sušilnik frit
Datum vzorčenja	03.08.2017	03.08.2017
Količina vzorca (m ³)	4,9	10,1
Izotop	Specifična aktivnost (mBq/m ³)	
U (Th-234)		8,6 ± 4,3
Ra-226	9,5 ± 3,1	16 ± 2
Pb-210		
Th (Ra-228)		3,7 ± 1,0
Th-228	5,8 ± 6,3	6,9 ± 0,8
K-40	97 ± 4	
Be-7		10,6 ± 2,4

Tabela 16 | Izmerjene koncentracije radona v različnih organizacijah

Podjetje	trajaje	Koncentracija
Lokacija	meritve	Rn-222 (Bq/m ³)
Salonit Anhovo		
mlin surovin, 3. etaža klet	04.07.–05.09.2017	59 ± 8
hala surovin MC, bunker 8	04.07.–05.09.2017	24 ± 4
vagonsko zvrčališče, trak pod železnico	04.07.–05.09.2017	21 ± 4
Eko Nafta		
pisarna Bencinski servis	22.08.–25.09.2017	89 ± 11
Petrol Geoterm		
črpalnica CPP Petišovci	06.07.–05.09.2017	25 ± 6

Zrak v delovnem okolju. Koncentracije radionuklidov na vzorčevalnih filterih prečrpanega zraka v delovnem okolju (glej tabelo 15) ne presegajo vrednosti v tabeli 4 uredbe UV2 [11], kjer je izpeljana koncentracija za U-238 1.100 mBq/m³, Ra-226 2.600 mBq/m³ in Th-232 200 mBq/m³. Najvišje izmerjene vrednosti koncentracij radionuklidov v vzorcih so bile 8–16 mBq/m³.

Pitna voda. Koncentracije radionuklidov v vzorcih vode (glej tabeli 12 in 13) ne presegajo vrednosti za pitno vodo v tabeli 4 uredbe UV2 [11], kjer je izpeljana koncentracija za U-238 3.000 Bq/m^3 , Ra-226 480 Bq/m^3 , Pb-210 190 mBq/m^3 in Th-232 580 Bq/m^3 . Najvišje izmerjene vrednosti koncentracij radionuklidov v vzorcih so bile velikostnega reda nekaj Bq/m^3 .

Radon. Izmerjene koncentracije radona Rn-222 v delovnem okolju ne presegajo 1000 Bq/m^3 , kar je po uredbi UV2 [11] mejna koncentracija za delovno okolje za delavce, ki niso razvrščeni kot sevanju izpostavljeni. Vse koncentracije radona so hkrati tudi nižje od 300 Bq/m^3 v evropske direktive BSS [3], ki bo v kratkem sprejeta tudi v Sloveniji kot mejna vrednost za povprečno celoletno koncentracijo radona v delovnem in bivalnem okolju [13]. Najvišje izmerjene vrednosti koncentracij radona na različnih lokacijah so bile okrog 90 Bq/m^3 .

4 | Ocene doz zaradi NORM

Salonit Anhovo. Pri redni proizvodnji se delavci na mestih s povišanimi hitrostmi doz stalno ne zadržujejo, zato so doze tam zanemarljive. Med 2-tedenskim remontom klinkerske peči se delavci zadržujejo na področjih s povišanimi hitrostmi doz okrog 200 nSv/h, kar je približno 150 nSv/h nad lokalnim naravnim ozadjem. Pri 8-urnem delovniku tako posamezni delavec prejme dozo okrog 25 μ Sv.

Nafta Lendava. Pri redni proizvodnji se delavci na mestih s povišanimi hitrostmi doz stalno ne zadržujejo, zato so doze tam zanemarljive.

Petrol Geoterm. Pri redni proizvodnji nismo odkrili mest s povišanimi hitrostmi doz. Delavci se večinoma zadržujejo v komandnem prostoru, zato so doze tam zanemarljive.

TKI Hrastnik. Pri redni proizvodnji se delavci na mestih s povišanimi hitrostmi doz stalno ne zadržujejo, zato so doze tam zanemarljive.

Agrooruše. Ker proizvodnja ni obratovala, težko ocenimo prejete doze, vendar okvirne meritve kažejo, da ni povišanih hitrosti doz, zato so doze praktično zanemarljive. V skladišču surovin in izdelkov se delavci/skladiščniki zadržujejo na področjih z rahlo povišanimi hitrostmi, kjer povprečno hitrost doze lahko ocenimo na okrog 100 nSv/h, kar je približno 40 nSv/h nad lokalnim naravnim ozadjem. Pri 8-urnem delovniku tako posamezni delavec v 250 delovnih dneh prejme letno dozo okrog 16 μ Sv, kjer upoštevamo, da se v skladišču ne zadržuje več kot petino delovnega časa.

EMO Frite. Pri redni proizvodnji nismo odkrili mest s povišanimi hitrostmi doz. Prav tako so izmerjene koncentracije radionuklidov bistveno pod dovoljenimi, dodatno pa delavci ves čas nosijo respiratorno zaščito, ki preprečuje vdihavanje prahu. V skladišču surovin in izdelkov se delavci/skladiščniki zadržujejo na področjih z rahlo povišanimi hitrostmi, kjer povprečno hitrost doze lahko ocenimo na okrog 110 nSv/h, kar je približno 40 nSv/h nad lokalnim naravnim ozadjem. Pri 8-urnem delovniku tako posamezni delavec v 250 delovnih dneh prejme letno dozo okrog 20 μ Sv, kjer upoštevamo, da se v skladišču ne zadržuje več kot četrtno delovnega časa.

Radon. Izmerjene koncentracije radona so zelo nizke in primerljive z naravnim ozadjem, prav tako se na teh mestih (izjema je hala surovin v Salonit Anhovo) delavci stalno ne zadržujemo. Zato ocenjujemo, da je prispevek k izpostavljenosti zanemarljiv.

5 | Zaključki

Izmerjene vrednosti hitrosti doz zunanjega sevanja gama v delovnem okolju in proizvodnem procesu v izbranih organizacijah za sistematski nadzor za leto 2017 so na nekaterih "vročih" mestih bile na nivoju nekajkratnika naravnega ozadja ali za velikostni red večje. Večinoma višje hitrosti doz povzročajo surovine in izdelki z višjo vsebnostjo kalija in posledično izotopa K-40 (kalijeve soli) ter vsebnostjo radionuklidov uranove in torijeve razpadne verige (cirkonij, pepel).

Prispevek materialov s povišano vsebnostjo NORM k dozi zaposlenih je zanemarljiv, saj grobo ocenjene doze realno ne presegajo nekaj 10 μSv .

V pričujoči nalogi smo izvajali meritve specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v vhodnih surovinah in izdelkih, v zraku, zemlji ter vodi oziroma tekočih izpustih. Vse izmerjene vrednosti niso presegle dovoljenih koncentracij v slovenski zakonodaji [11, 12]. Vpliv zaradi povišane naravne radioaktivnosti je zanemarljiv.

Izmerjene koncentracije radona so bile v vseh merjenih objektih tako v delovnem okolju kot v procesu proizvodnje po pričakovanju daleč nižje od zakonsko dovoljene povprečne celoletne vrednosti 1000 Bq/m³. Najvišja koncentracija radona je bila pisarni podjetja EKO Nafta v Lendavi, in sicer $89 \pm 11 \text{ Bq/m}^3$.

6 | Reference

- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 102, 2004, 60/2011, 74/2015, 2015.
- [2] Vlada RS. Uredba o programu sistematičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja ter ozaveščanja prebivalstva o pomenu ukrepov zmanjšanja navzočnosti naravnih virov sevanj. Ur. list RS, št. 19/2016, 2016.
- [3] Evropski svet. Direktiva sveta 2013/59/Euratom z dne 5. decembra 2013 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja in o razveljavitvi direktiv 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom in 2003/122/Euratom. Off. Journal EU L13, 2014, 2014.
- [4] ZVD. Merjenje doze in hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja. DP-LDOZ-4.01, 2015.
- [5] ZVD. Sistem evidentiranja vzorcev za gamaspektrometrične in radiokemijske meritve ter spremljanje vzorcev. DP-LMSAR-01, 2014.
- [6] ZVD. Vzorčenje, pakiranje in pošiljanje vzorcev iz biosfere, hrane in drugih bioloških vzorcev. DP-LMSAR-02, 2014.
- [7] ZVD. Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemijsko analizo. DP-LMSAR-03, 2014.
- [8] ZVD. Izračun aktivnosti in napaka meritve. DP-LMSAR-07, 2014.
- [9] ZVD. Določevanje koncentracije radona z detektorji sledi. DP-LMSAR-3.03, 2014.
- [10] ZVD. Merjenje koncentracij radona ($Rn222$) v zraku z jedkanjem detektorjev jedrskih sledi. DP-LMSAR-3.04, 2017.
- [11] Vlada RS. Uredba o sevalnih dejavnostih. Ur. list RS št. 08/2017, 2004.
- [12] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih. Ur. list RS št. 49/2004, 2004.
- [13] Vlada RS. Uredba o nacionalnem radonskem programu – osnutek za javno obravnavo (<http://www.ursjv.gov.si/si/info/novica/article/4597/5980/>). spletna stran URSJV - predpisi v pripravi 4.10.2017, 2017.