



TSC 06.711 : 2001

MERITEV GOSTOTE IN VLAGE POSTOPEK Z IZOTOPSKIM MERILNIKOM

Uporaba: neobvezna

Pripravlil:

Tehnični odbor za pripravo tehničnih
specifikacij za javne ceste TO 06.

Soglasje ministra:

Soglasje ministra, pristojnega za promet, je bilo
izdano, dne 26.7.2001, pod št. 2641-6/2001/10-0403.

Soglasje ministra, pristojnega za graditev, je bilo
izdano, dne 8.6.2001, pod št. 343-9/98.

Ključne besede:

Gostota, izotopski merilnik, povratno sipanje, radioaktivni izotopi, vlaga.

Objava izdaje:

Sporočila - uradne objave, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, letnik XI, št. 10/2001.

Izdajatelj:

Tehnično specifikacijo za javne ceste je založila in izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste.

VSEBINA

1	Predmet tehnične specifikacije	3
1.1	Splošno	3
1.2	Omejitve	3
2	Referenčna dokumentacija	3
3	Pomen izrazov	4
4	Fizikalne osnove	4
4.1	Radioaktivni izotopi	4
4.2	Merjenje gostote	5
4.3	Merjenje vlage	5
5	Merna oprema	5
5.1	Izotopski merilnik	5
5.2	Pomožna oprema za pripravo za meritev	5
5.3	Oprema za umeritev	5
6	Umerjanje, standardiziranje in preveritev mernega sistema	6
6.1	Umerjanje	6
6.1.1	Splošno	6
6.1.2	Gostota	6
6.1.3	Vlaga	7
6.2	Standardiziranje izotopskega merilnika	7
6.2.1	Splošno	7
6.2.2	Postopek	7
6.2.3	Preveritev	8
6.3	Preveritev stabilnosti mernega sistema	8
7	Postopki določitve gostote in vlage	9
7.1	Merjenje	9
7.1.1	Določitev gostote z direktnim presevanjem	9
7.1.2	Določitev gostote in vlage s povratnim sipanjem	9
7.2	Izračun in predstavitev rezultatov	9
7.2.1	Suha gostota	9
7.2.2	Vsebnost vlage	10
7.3	Poročilo o meritvah	10
8	Varstvo pred sevanjem	10

1 Predmet tehnične specifikacije

1.1 Splošno

Tehnična specifikacija za ceste TSC 06.711 Meritev gostote in vlage, Postopek z izotopskim merilnikom, določa postopke za izvedbo in vrednotenje terenskih meritev gostote in vlage materiala.

V TSC 06.711 sta gostota in vlaga obravnavani skupaj, ker je večina izotopskih merilnikov opremljena za meritve obeh količin. TSC 06.711 je mogoče uporabljati tudi za izotopske merilnike, s katerimi se določa le gostoto.

Namen obravnavanih meritev je hitra in nedestruktivna določitev gostote in vlažnosti izvedenih zemeljskih in asfaltnih del (primerjalni testi, skladnostni testi), pa tudi raziskave in razvoj na omenjenem področju.

Opomba

Oprema, ki se uporablja pri obravnavanih vrstah meritev, vsebuje radioaktiven material, ki oddaja ionizirajoče sevanje, ki lahko škodi zdravju uporabnika, če niso upoštevani ustrezni varnostni ukrepi. Zato je pomembno, da se uporabnik opreme že pred začetkom meritve zaveda potencialne nevarnosti in upošteva vso razpoložljivo regulativo, ki se nanaša na varnostne ukrepe in postopke.

TSC vsebuje le osnovne informacije. Izvajalec mora pri uporabi izotopskega merilnika v celoti upoštevati navodila, ki jih v priložniku pogojuje proizvajalec opreme.

1.2 Omejitve

Postopek meritev z izotopskimi merilniki je primeren za preskuse večine materialov, ki se uporabljajo pri zemeljskih in asfaltnih delih, kjer površina baze izotopskega merilnika ustreza za zagotovitev reprezentativne prostornine/vzorca za preiskavo. Vseeno pa lahko na rezultate meritev tako z direktnim presevanjem kot povratnim sipanjem vpliva vrsta faktorjev.

Na meritve gostote in vlage lahko vpliva:

- heterogenost v kemični sestavi materiala, npr. naključna prisotnost kovinskih ionov v žlindri in pepelu

- neobičajna kemična sestava materiala; nekateri elementi, npr. kadmij, bor in klor, lahko vplivajo na rezultat določanja vlage zaradi velike verjetnosti absorpcije hitrih nevtronov; če vsebuje material elemente, ki vplivajo na rezultate meritev z izotopskim merilnikom in je delež teh elementov konstanten, je treba umeritveno krivuljo ustrezno prilagoditi,
- hrapava površinska struktura materiala, katere učinek je treba kar se da zmanjšati z zagotovitvijo najboljšega možnega stika med izotopskim merilnikom in površino zgoščene preskušane plasti; vpliv površinske strukture je znatno manjši pri postopku meritev z direktnim presevanjem,
- neobičajna mineraloška sestava materiala, npr. minerali, ki vsebujejo kemično vezano vodo (sadra), in zemljine z velikim deležem organskih primesi.

Na meritve gostote lahko vplivajo:

- plasti zgoščenega materiala z znatnimi vertikalnimi gradienti gostote, tako da stopnja zgoščenosti na vrhu prispeva malo k povprečni zgoščenosti plasti; preskus s povratnim sipanjem zaradi načina delovanja zajame v večji meri material blizu površine; postopek z direktnim presevanjem je zato primernejši, ker zaradi naraščanja občutljivosti z globino zmanjša omenjene efekte,
- naključne prisotnosti večjih vključkov, ki so popolnoma obdani z drobnejšimi delci, kar lahko rezultira v neobičajno visoki gostoti.

Na rezultate meritev vlage lahko vpliva poleg vodika v prosti vodi tudi vodik v kemično vezani vodi ter vodik v drugih sestavinah, npr. v organskih snoveh.

2 Referenčna dokumentacija

Tehnična specifikacija TSC 06.711 je zasnovana na naslednji referenčni tehnični regulativi:

- **ASTM D 2922**, Standard Test Methods for Density of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth)
- **ASTM D 3017**, Standard Test Methods for Moisture Content of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth)

- **ASTM Designation D 2950**, Standard Method for Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Methods
- **British Standard Methods for civil engineering purposes, Part 9**, In-situ tests, 2.5 Nuclear methods suitable for fine-, medium-, and coarse-grained soils
- **Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Strassenbau. TP BF–StB Teil B4.3**, Anwendung radiometrischer Verfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes von Boden, FGSV, Köln

V tehnično specifikacijo TSC 06.711 so z datiranimi in nedatiranimi referencami vključena določila drugih publikacij. Pri datiranih referencah morajo biti poznejša dopolnila ali spremembe upoštewane, če so vključene z dopolnilom ali revizijo. Pri nedatiranih referencah pa velja zadnja izdaja referenčne publikacije.

3 Pomen izrazov

V tej tehnični specifikaciji imajo uporabljeni strokovni izrazi naslednji pomen:

Aktivnost (activity, Aktivität) pomeni število jedrskih razpadov na časovno enoto v radioaktivnem vzorcu (Bq).

Comptonov efekt (Compton effect, Compton effekt) je elastično sipanje fotonov na prostem stacionarnem elektronu; del fotonove energije in gibalne količine se prenese na elektron, preostali del pa odnese sipani foton.

Ekvivalentna doza (equivalent dose, äquivalente Dose) je energija na enoto mase, ki se absorbira pri prehodu sevanja skozi snov, preračunana glede na relativno biološko učinkovitost (Sv).

Gostota (density, Dichte) pomeni maso materiala, vključno z vlago in votlinami, na enoto prostornine (kg/m^3 ali t/m^3).

Izotopi (isotope, Isotopen) so skupina kemičnih elementov z istim vrstnim številom in različno atomsko maso.

Izotopski merilnik (isotope gauge, Isotopensonde) je naprava za nedestruktivno merjenje gostote in vlage gradbenih materialov; v osnovi sestoji iz vira sevanja (gama žarki, hitri nevtroni) in detektorja.

Povratno sipanje (reflexive radiation, Rückstrahlung) je sprememba smeri potovanja delcev/fotonov zaradi trkov z drugimi delci nazaj proti viru.

Radioaktivni izotopi (radioactive isotope, radioaktive Isotopen) so izotopi, katerih jedra so nestabilna; pri razpadanju oddajajo notranjo energijo v obliki emisije (α , β , γ žarki, hitri nevtroni).

Radioaktivnost (radioactivity, Radioaktivität) je lastnost nekaterih atomov, da njihova jedra spontano razpadejo; pri tem nastanejo nova jedra in sproščena energija.

Sonda (izotopska) (sound (isotope), Sonde (Isotopen-)) je gibljivi element izotopskega merilnika z virom ionizirajočega sevanja (gama žarki) v konici droga.

Suha gostota (dry density, Trockenraumdicthe) je masa suhega materiala na prostorninsko enoto (kg/m^3 ali t/m^3).

Vlaga (moisture, Feuchte) je masa vode v prostorninski enoti snovi (kg/m^3 ali t/m^3).

Vsebnost vlage (moisture content, Feuchtigkeitsgehalt) pomeni masni delež vode glede na masni delež suhe snovi (m.-%).

4 Fizikalne osnove

4.1 Radioaktivni izotopi

Radioaktivni izotopi, ki jih vsebuje izotopski merilnik, oddajajo sevanje, ki lahko prodira skozi trdno snov. Iz stopnje oslavitve oziroma spremembe energije sevanja je možno sklepati na lastnosti presevanega materiala. Izotopski merilnik običajno vsebuje vir za gama sevanje in kombinirani vir za sevanje hitrih nevtronov.

4.2 Merjenje gostote

Merjenje gostote je osnovano na spremembi poti gama žarkov od izvora do detektorja zaradi Comptonovega efekta. Merilo za gostoto predstavlja intenzivnost sipanja (glede na ustrezno umeritev), ki doseže detektor in je v direktni zvezi z gostoto elektronov presevanih snovi.

4.3 Merjenje vlage

Pri merjenju vlage je izkoriščena upočasnitev sevanja nevtronov iz vira hitrih nevtronov zaradi kolizije z (v principu) vodikovimi jedri. Intenzivnost sevanja, ki doseže detektor, je v direktni zvezi s stanjem prispelih modificiranih nevtronov in predstavlja merilo za količino vlage, prisotne v vplivnem območju. Predpostavlja se, da je voda edini vir vodika, ki je prisoten v presevanem materialu.

5 Merna oprema

5.1 Izotopski merilnik

Izotopski merilnik je merna naprava, ki sestoji iz *sonde, detektorjev, naprave za odčitavanje in vira električne energije*. Navedeni sestavni deli so vgrajeni v *ohišje*, ki mora biti trdno in odporno na vodo in prah.

Sonda v obliki droga je namenjena vtiskanju v tla. Drog mora biti označen z dolžinskimi intervali po 5 cm za preskuse do globine 30 cm. V sondo vgrajeni *vir* ionizirajočega sevanja mora biti zapečaten in ustrezno zaščiten za varno uporabo in shranjevanje.

Opomba

Sonda mora biti izvedena tako, da omogoča varno ročno vtiskanje do izbrane globine.

Če obstoji sum o poškodbi vira ali če je vir poškodovan oziroma se zdi poškodovan, mora biti oprema shranjena v zaboji za shranjevanje in o zadevi nemudoma obveščen proizvajalec ali pooblaščen predstavnik. Rokovanje in popravilo lahko prevzame le ustrezno opremljeno in pravilno šolano osebje.

Merni komplet mora vsebovati tudi navodila za uporabo, certifikat o umeritvi in zaboj za transport.

5.2 Pomožna oprema za pripravo za meritev

Pomožno opremo za pripravo za meritev sestavlja:

- *oprema za ravnanje površine na območju preskusa*, npr. zidarska lopatica, ravnilo in podobno,
- *oprema za izvedbo vrtine*: jeklen drog ali sveder, kladivo, vodilo za ohranjanje vertikalnosti pri vtiskovanju droga, (vodilo

lahko služi tudi kot izravnalna plošča) in ročka za izvlačenje zabitega droga; jekleni drog za zabijanje mora biti na enem koncu oblikovan v konico, na drugem koncu pa razširjen (za udarce s kladivom),

- *material za izravnavo neravne površine*: običajno se uporablja drobnozrnat material, pridobljen v območju meritve ali pa suh, droben kremenov pesek.

Opomba

Navedena oprema je primerna tudi za izvedbo vrtine v sveže stabilizirane materiale, medtem ko se v otrdele materiale lahko vrta po postopkih za vrtnanje v beton.

5.3 Oprema za umeritev

Za umeritev se uporabljajo naslednji referenčni materiali:

- material znane gostote, pripravljen v obliki bloka,
- material znane gostote, zgoščen v zabojih ali
- material na terenu, za katerega se gostoto določi po enem od standardiziranih postopkov (s kalibriranimi valji, z nadomeščanjem s peskom ali vodo).

Standardni merilni blok mora biti izdelan iz materiala, ustreznega za preveritev delovanja mernega sistema, kakor tudi za ponovljena določanja standardnega števila impulzov. Standardni blok mora biti opremljen z enako serijsko številko kot izotopski merilnik in se ga ne sme uporabiti v kombinaciji z drugimi izotopskimi merilniki.

Standardni blok je treba ohranjati čist in brez prilepljenih delcev, ki bi povzročili slab stik s sondo, kar bi lahko povzročilo napačno štetje standardnega števila impulzov.

Opomba

Prednost blokov je v njihovi trajnosti in s tem ponovljivosti umerjanj.

Bloki in zaboji morajo biti oblikovani v kvader s stranicami najmanj 310 mm x 360 mm x 560 mm oziroma tolikšnih dimenzij, da le-te ne vplivajo na rezultat merjenja.

6 Umerjanje, standardiziranje in preveritev mernega sistema

6.1 Umerjanje

6.1.1 Splošno

Pravilna umeritev izotopskega merilnika predstavlja osnovo za zanesljivo izvajanje meritev gostote in vlage. Umeritev povezuje merjeno vrednost (število impulzov, razmerje impulzov) in lastnost presevanega materiala (gostoto in vlago) ter je podana v obliki krivulje ali tabele, z natančno navedbo materialov, na katerih je bila izvedena. Izotopski merilniki praviloma omogočajo vnos umeritvenih krivulj v že vgrajeni mikroprocesor.

6.1.2 Gostota

6.1.2.1 Splošni pogoji

Umeritev je treba izvesti na osnovi štetja impulzov za vsakega od več različnih materialov znane gostote. Za umeritve morajo biti uporabljeni materiali v enakem območju gostote kot materiali, ki bodo kasneje preiskovani z izotopskim merilnikom. Končni rezultat umeritve je korelacijska zveza med razmerjem števila impulzov (glede na standardno število) in gostoto.

6.1.2.2 Tovarniška umeritev

Tovarniško umeritev mora izvesti proizvajalec v skladu z določili ustreznih predpisov.

Tovarniško umeritev je treba preveriti najmanj enkrat letno. Če rezultati preverjanja niso v skladu s predpisanimi pogoji, je treba izotopski merilnik ponovno umeriti.

Preverbo oziroma ponovno umeritev mora opraviti proizvajalec ali njegov pooblaščen predstavnik.

Opomba

Umeritev je treba preveriti in po potrebi ponoviti tudi po vsakem večjem popravilu izotopskega merilnika.

6.1.2.3 Preveritev umeritvene krivulje

Umeritveno krivuljo je treba preveriti pri novem merilniku, pa tudi v vsakem primeru suma v zanesljivost rezultatov rutinskih preskusov. V

ta namen se uporabi enega od pripravljenih referenčnih materialov, navedenih v točki 5.3. Uporaba umeritvenih blokov ali zabojev je zanesljivejša od terenskih volumetričnih postopkov.

6.1.2.4 Prilagoditev umeritvene krivulje

Če so rezultati preverjanja gostote na blokih ali zabojih izven umeritvene krivulje, je treba nadomestiti umeritveno krivuljo z novo krivuljo, ki ustreza rezultatom preverjanja za dani material.

Pri preverjanju umeritvene krivulje s terenskimi volumetričnimi postopki (točka 5.3) je treba primerjati rezultate obeh vrst meritev gostote na najmanj 10 merilnih mestih.

Ukrepi so naslednji:

- če absolutna razlika v gostoti, ugotovljeni na posameznih mernih mestih na oba načina, ne presega 80 kg/m^3 in so razlike enkrat pozitivne, drugič pa negativne, sprememba umeritvene krivulje ni potrebna
- če je vsaka od vrednosti, ugotovljena z ustreznim alternativnim postopkom, višja od vrednosti, ugotovljene z izotopskim merilnikom in povprečna razlika presega 30 kg/m^3 , je treba pri vsaki naslednji določitvi gostote z izotopskim merilnikom prišteti povprečno razliko
- če je vsaka od vrednosti, ugotovljena z ustreznim alternativnim postopkom, nižja od vrednosti, ugotovljene z izotopskim merilnikom, in povprečna razlika presega 30 kg/m^3 , je treba pri vsaki naslednji določitvi gostote z izotopskim merilnikom odšteti povprečno razliko.

6.1.3 Vlaga

6.1.3.1 Splošni pogoji

Umeritev je treba izvršiti na osnovi štetja impulzov za vsakega od več različnih materialov z znano vlago. Za umeritve morajo biti uporabljeni materiali z enakim območjem vlage kot materiali, ki bodo kasneje preiskovani z izotopskim merilnikom. Končni rezultat umeritve je korelacijska zveza med razmerjem števila impulzov (glede na standardno število) in vlago.

Za umeritev je treba uporabiti enega od referenčnih materialov, navedenih v točki 5.3.

6.1.3.2 Tovarniška umeritev

Tovarniško umeritev mora izvesti proizvajalec v skladu z določili ustreznih predpisov.

Tovarniško umeritev je treba preveriti najmanj enkrat letno. Če rezultati preverjanja niso v skladu s pogoji, je treba izotopski merilnik ponovno umeriti.

Preverbo oziroma ponovno umeritev mora opraviti proizvajalec ali njegov pooblaščen predstavnik.

Opomba

Umeritev je treba preveriti in po potrebi ponoviti tudi po vsakem večjem popravilu izotopskega merilnika.

6.1.3.3 Preveritev umeritvene krivulje

Umeritev je praviloma treba preveriti pri novem merilniku. Umeritev pa je treba preveriti tudi v primeru preiskav takšnih materialov, ki se v kemični sestavi bistveno razlikujejo od materialov, na katerih je bila izvedena umeritev. Za preveritev je treba uporabiti enega od pripravljenih referenčnih materialov, navedenih v točki 5.3.

6.1.3.4 Prilagoditev umeritvene krivulje

Ukrepi za prilagoditev umeritvene krivulje so naslednji:

- če rezultati preverjanja vlage v materialu v zabojih niso razporejeni naključno nad in pod umeritveno krivuljo, je treba nadomestiti umeritveno krivuljo z novo krivuljo, ki ustreza rezultatom preverjanja za dani material

- če so rezultati preverjanja vlage materiala v zabojih porazporejeni naključno nad in pod umeritveno krivuljo in povprečna razlika ne presega 8 kg vode na m³ materiala glede na meritve z izotopskim merilnikom, potem prilagoditev ni potrebna

- če vsaka vrednost vlage, določena na klasičen način, presega vlago, določeno z izotopskim merilnikom, je treba pri vsaki naslednji meritvi z izotopskim merilnikom prišteti povprečno razliko

- če je vsaka vrednost vlage, določena na klasičen način, manjša od vlage, določene z izotopskim merilnikom, je treba pri vsaki naslednji meritvi z izotopskim merilnikom odšteti povprečno razliko.

6.2 Standardiziranje izotopskega merilnika

6.2.1 Splošno

Standardiziranje izotopskega merilnika pomeni določitev standardnega števila impulzov na standardnem bloku.

Na rezultate meritev (število impulzov) vpliva dolgoročno staranje radioaktivnega vira, elektronskih komponent in detektorjev, pa tudi možno geografsko pogojeno variranje radiacijskega ozadja. Za izključitev omenjenih vplivov so izotopski merilniki umerjeni na razmerje izmerjenih impulzov za vsak radioaktivni vir glede na standardno število impulzov, izkazano na referenčnem bloku.

Opomba

Redno spremljanje standardnega števila impulzov je potrebno tudi za sprotno kontrolo delovanja merilnega dela izotopskega merilnika.

6.2.2 Postopek

Standardiziranje izotopskega merilnika se izvede na referenčnem merilnem bloku za vsako vrsto meritve na začetku in koncu vsakega dne uporabe. Ta postopek je treba izvesti tudi po največ osmih urah nepretrgane uporabe. Postopek je treba izvesti tudi pri vsaki ponovni vključitvi merilnika.

Z vključitvijo izotopskega merilnika je zagotovljeno ogrevanje, ki pa mora biti v skladu z navodili proizvajalca. Postopek ogrevanja praviloma ne sme trajati manj kot 15 minut.

Če je predvidena uporaba izotopskega merilnika nepretrgoma ali v enem dnevu s presledki, ga ni treba izklaplјati.

Merilnik mora biti pri meritvi lociran najmanj 7 m proč od drugih izotopskih merilnikov in najmanj 1,5 m proč od kakršnegakoli višjega objekta, ki lahko vpliva na meritev.

Kadar se uporablja merilnik v ozkem ukopu ali v oddaljenosti manj kot 1,5 m od nekega objekta, je treba upoštevati učinek odbitega sevanja tako, da se določi standardno število impulzov na isti lokaciji, kjer bo kasneje izvršena meritev.

Standardni merilni blok je treba vedno namestiti najmanj 1,5 m proč od katerekoli višje ovire. Za vsako vrsto meritve (gostote in vlage) je treba izvesti vsaj štiri zaporedne enominutne meritve in izračunati srednjo vrednost.

Opomba

Sprejemljiva je tudi ena štiriminutna meritev, če merilnik to omogoča.

6.2.3 Preveritev

Rezultate vsakega standardiziranja je treba opremiti z datumi in vrednosti shraniti za oceno pravilnosti delovanja izotopskega merilnika.

Preveriti je treba, če je srednja vrednost odčitkov znotraj mej, ki jih določa naslednja enačba:

$$N_s = N_0 \pm 2.0(N_0/p_c)^{0.5}$$

v kateri pomeni:

- N_s - povprečje trenutnega umerjanja na standardu
- N_0 - povprečje štirih vrednosti N_s pred uporabo
- p_c - vrednost umeritvenega faktorja za detektor impulzov pred prikazom na zaslonu.

Opomba

Proizvajalec mora v tehnični doku-mentaciji navesti vrednost p_c . Če ta faktor ni vgrajen v merilnik, potem velja vrednost $p_c = 1$.

V primeru, da je vrednost N_s , iz vrednotena po gornji enačbi, znotraj dovoljenih mej, se lahko uporablja vrednost N_s za dnevno uporabo merilnika.

Če je vrednost N_s izven predpisanih mej, je treba postopek za določitev povprečne vrednosti impulzov najmanj dvakrat ponoviti: če so vse tri ali dve od treh vrednosti izven sprejemljivih mej, se izotopskega merilnika ne sme uporabljati, dokler napaka ni odpravljena.

Če so pri standardiziranju na koncu delovnega dne vrednosti N_s izven območja dovoljenih, so vsi rezultati tega dne neveljavni.

6.3 Preveritev stabilnosti mernega sistema

Izvesti je treba standardiziranje izotopskega merilnika, kot je opisano v točki 6.2.2, s tem da se posebej za vsako vrsto merjenja (za gostoto in vlago) opravi najmanj 16 ponovljenih enominutnih meritev na referenčnem bloku. Med postopkom merilnika ni dovoljeno premikati.

Ločeno je treba beležiti vsako meritev za vsako vrsto vira sevanja ter datum meritve.

Izračunati je treba standardni odklon (SD) in aritmetično sredino za vsak niz ponovljenih meritev.

Preveriti je treba, ali je količnik stabilnosti, izražen kot standardni odklon, deljen s kvadratnim korenom aritmetične sredine, v območju, kot ga je določil proizvajalec. Upoštevati je treba umeritveni faktor v zapisu.

Če je katera od obeh vrednosti izven območja, ki ga je določil proizvajalec, ali če to nakazuje trend zaporednih preverjanj, merilnika ni mogoče uporabljati, dokler napaka ni odpravljena.

Opomba

Preskus stabilnosti za vsako vrsto meritev je treba izvesti najmanj enkrat mesečno, če je merilnik v uporabi vsak dan, sicer pa enkrat na tri mesece. Če trend zaporednih preverjanj nakazuje napako, se izotopskega merilnika ne sme uporabljati.

7 Postopki določitve gostote in vlage

7.1 Merjenje

7.1.1 Določitev gostote z direktnim presevanjem

Izotopski merilnik mora biti standardiziran po postopkih, ki so opisani v točki 6.2.

S površine izbranega mernega mesta je treba odstraniti drugačen material. Merna površina mora biti povsem ravna.

Z uporabo vodila je treba izvrtati ali vtisniti vrtino do ustrezne globine. Vrtina mora biti praviloma večja od globine, do katere bo določena prostorninska masa. Potrebna globina vrtine mora biti – glede na izbrano globino merjenja - navedena v navodilih proizvajalca. Na mernem mestu je treba označiti površino naleganja merilnika.

Po postavitvi merilnika na merno mesto je treba preveriti, če je stik med dnom instrumenta in merno površino ustrezen.

Morebitne neravnine je treba zapolniti s suhim drobnim kremenovim peskom ali drobnejšimi delci materiala, ki ga preiskujemo. Dodani material ne sme biti vgrajen v samostojni plasti.

Drog – izotopsko sondo je treba vstaviti do izbrane globine in premakniti instrument tako, da na strani detektorja tesno nalega na površino vrtine.

V skladu z navodili proizvajalca je treba izmeriti gostoto (in če je potrebno tudi vlago). Čas merjenja za vsako vrsto meritve ne sme biti krajši od 1 minute.

Za zagotovitev večje natančnosti je treba izotopski merilnik obrniti za 180° okoli vertikalne osi droga, izvesti naslednjo meritev in določiti povprečje obeh rezultatov. Druga možnost iz vrednotenja je ponavljanje meritev v vedno večjem prostoru na sosednjih lokacijah in izračun srednje vrednosti rezultatov.

Pomični drog - sondo je nato treba vrniti v ohišje v položaj »varno«.

Odčitati in zabeležiti je treba izmerjene vrednosti za dano merno mesto in na osnovi umeritvenih krivulj določiti gostoto.

Opomba

Izotopski merilniki so praviloma so opremljeni z mikroprocesorji, ki omogočajo shranjevanje umeritev, ki jih je določil uporabnik, preračun gostote in vlage na osnovi umeritev, korekcije rezultatov ter shranjevanje izmerjenih vrednosti.

7.1.2 Določitev gostote in vlage s povratnim sipanjem

Izotopski merilnik mora biti standardiziran po postopkih, ki so opisani v točki 6.2. Po navodilih proizvajalca je treba izmeriti gostoto in vlago, oboje v času najmanj 1 minute. Za doseganje večje natančnosti je treba izotopski merilnik obrniti za 180° okoli vertikale, izvesti naslednjo meritev in določiti povprečje obeh rezultatov. Druga možnost je ponavljanje meritev v vedno večjem prostoru na sosednjih lokacijah in izračun srednje vrednosti rezultatov.

Pomični drog – izotopsko sondo je nato treba vrniti v ohišje v položaj »varno«.

Odčitati in zabeležiti je treba izmerjene vrednosti za dano merno mesto in na osnovi umeritvenih krivulj določiti gostoto in vlago.

Opomba

Dodatno meritev vlage z izotopskimi merilniki, ki to omogočajo, se lahko izvede istočasno z meritvijo gostote pri obeh načinih določanja le-te.

Kjer je ločeno zahtevan podatek o vlagi v obliki mase vode na enoto prostornine, je treba upoštevati dana navodila za določitev.

Izotopski merilniki so praviloma opremljeni z mikroprocesorji, ki omogočajo shranjevanje umeritev, ki jih je določil uporabnik, preračun gostote ter vlage na osnovi umeritev, korekcije rezultatov ter shranjevanje izmerjenih vrednosti.

7.2 Izračun in predstavitev rezultatov

7.2.1 Suha gostota

Suho gostoto ρ_d (v kg/m^3) je treba iz vrednotiti po naslednjih enačbah:

- na osnovi meritev vlage z izotopskim merilnikom:

$$\rho_d = \rho - W$$

kjer pomeni:

ρ - gostota materiala (v kg/m^3), določena z izotopskim merilnikom

W - vlaga (v kg/m^3), to je masa vode na prostorninsko enoto materiala, določena z izotopskim merilnikom

- pri laboratorijskem določanju vlage:

$$\rho_d = 100\rho / (100+w)$$

kjer pomeni:

ρ - gostota materiala (v kg/m^3), določena z izotopskim merilnikom

w - delež vlage v materialu (v m.-%)

7.2.2 Vsebnost vlage

Vsebnost vlage v materialu w (v m.-%) se lahko izračuna po naslednji enačbi:

$$w = 100 W / (\rho - W)$$

kjer pomeni:

W - vlaga (v kg/m^3), to je masa vode na prostorninsko enoto materiala, določena z izotopskim merilnikom

ρ - gostota materiala (v kg/m^3), določena z izotopskim merilnikom

7.3 Poročilo o meritvah

Poročilo o meritvah z izotopskim merilnikom mora vsebovati izjavo, da so bile meritve izvedene v skladu s to tehnično specifikacijo, in naslednje podatke oziroma rezultate:

- uporabljeni postopek za pridobitev rezultatov
- »in situ« gostoto in/ali suho gostoto materiala (kg/m^3)
- delež vlage (če je bila določena) (m.-%)
- lokacijo in zaporedno številko meritve
- časovni presledek med koncem zgoščevanja in časom meritve
- opis materiala.

8 Varstvo pred sevanjem

Sevanje radioaktivnih izotopov lahko pri nestrokovnem ravnanju z izotopskim merilnikom neugodno vpliva na zdravje ljudi in živali ter vodi do različnih poškodb. Za zanesljivo preprečitev poškodb je treba upoštevati zakonska določila, ki urejajo ravnanje z radioaktivnimi materiali in njihov transport.

V Republiki Sloveniji regulirajo uporabo naprav z izotopi naslednji dokumenti:

- Zakon o prevozu nevarnega blaga (Ur. l. RS št. 79/99)
- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in o posebnih varnostnih ukrepih pri uporabi jedrske energije (Ur. l. SFRJ 62/84)
- Pravilnik o dajanju v promet in uporabi radioaktivnih snovi, katerih aktivnosti presega določeno mejo, rentgenskih in drugih aparatov, ki proizvajajo ionizirajoča sevanja ter o ukrepih za varstvo pred sevanjem teh virov (Ur. l. SFRJ 40/86)
- Pravilnik o strokovni izobrazbi, zdravstvenih pogojih in zdravstvenih pregledih oseb, ki smejo delati z viri ionizirajočih sevanj (Ur. l. SFRJ 40/86)
- Pravilnik o mejah, ki jih ne sme presegati sevanje, kateremu so izpostavljeni prebivalstvo in tisti, ki delajo z viri ionizirajočih sevanj, o merjenju stopnje izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem oseb, ki delajo z viri teh sevanj in o preskušanju kontaminacije delovnega okolja (Ur. l. SFRJ 31/86)
- Pravilnik o načinu vodenja evidence o virih ionizirajočih sevanj in obsevanosti prebivalstva in tistih, ki so pri delu izpostavljeni ionizirajočemu sevanju (Ur. l. SFRJ 40/86).

Ljubljana, 26.7.2001

