

e-UT 09.02.11:2019/M1:202x

Jogszabályi véleményezésre2
2026. január 6.



RADIOMETRIÁS TÖMÖRSÉGMÉRÉS

(Az 1. sz. módosítással egységes szerkezetbe foglalva)



Jogs

Az e-UT 09.02.11.2019 számú
RADIOMETRIÁS TÖMÖRSÉGMÉRÉS
című ütiügyi műszaki előírás 1. sz. módosítását

az Ütiügyi Műszaki Szabályozási Bizottság a **xx/202x. (xx. xx.)** ÚB számú határozattal elfogadta.

Jelen dokumentum a módosításokkal egységes szerkezetbe foglalt ütiügyi műszaki előírás.

Az 1. sz. módosítással egységes szerkezetbe foglalt ütiügyi műszaki előírás **202x. xxx 15-én** lép hatályba, ezzel egyidejűleg az e-UT 09.02.11:2019 Radiometriás tömörségmérés ütiügyi műszaki előírás hatályát veszti.

A módosítás hatálybalépését megelőzően a közút építetője vagy kezelője által megkötött szerződések esetében a módosítás előtt hatályos változat **203x. xxxxx 15-ig** alkalmazható. Az alkalmazás feltétele a közút építetőjének vagy kezelőjének erre irányuló nyilatkozata, amit a vonatkozó dokumentumokban meg kell hivatkozni.

Az ütiügyi műszaki előírások kidolgozására, kiadására és közzétételére vonatkozó szabályokról szóló 16/2017. (V. 25.) NFM rendelet 7. § (1) bekezdésében kapott felhatalmazás alapján az **Ütiügyi Műszaki Szabályozási Bizottság a(z) 28/2019. (III. 6.) ÚB számú határozattal** a Koordináló szerv által előkészített

RADIOMETRIÁS TÖMÖRSÉGMÉRÉS című,
e-UT 09.02.11 számú

ütiügyi műszaki előírást elfogadta.

Ez az ütiügyi műszaki előírás **2019. április 15-én** lép hatályba azzal, hogy a hatálybalépést megelőzően megkezdett építési beruházások esetében a közút építetője a tárgyi ütiügyi műszaki előírás egészének vagy meghatározott rendelkezéseinek alkalmazását kérelmezheti, ha az építési beruházás körülményei – különösen annak jellege vagy a kivitelezés előrehaladottságának mértéke – ezt indokoltá teszik.

Az e-UT 09.02.11:2019 Radiometriás tömörségmérés című ütiügyi műszaki előírás hatálybalépésével egyidejűleg az

- e-UT 09.02.11:1998 Radiometriás tömörségmérés.
Földművek, kötőanyag nélküli alaprétegek, hidraulikus kötőanyagú útalapok térfogatsűrűségének és víztartalmának meghatározása

című ütiügyi műszaki előírás hatályát veszti.

Koordináló szerv: Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság

Tartalom

1. ALKALMAZÁS.....	4
2. SZAKKIFEJEZÉSEK ÉS MEGHATÁROZÁSUK	5
3. A MÉRÉS ELVE.....	8
3.1. A mérések általános fizikai alapjai	8
3.2. Mérési elvek	8
3.3. Mérőeszköz-típusok	9
4. A MÉRÉSHEZ SZÜKSÉGES ENGEDÉLYEK, ESZKÖZVIZSGÁLATOK	12
4.1. Hatósági engedélyek	12
4.2. Mérőeszközök hatósági vizsgálatai	12
4.3. Alkalmassági vizsgálat (saját ellenőrzés).....	13
4.4. Mérési bizonytalanság.....	14
4.5. Megengedett rendszeres hiba	14
5. HELYSZÍNI MÉRÉS VÉGREHAJTÁSA	15
5.1. A méréshez szükséges eszközök, tartozékok	15
5.2. A mérés helyének előkészítése	15
5.3. A mérőkészülék előkészítése	15
5.4. Mérés	16
6. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK DOKUMENTÁLÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE	18
6.1. A helyszíni mérési eredmények	18
6.2. A tömörségmérés eredményeinek meghatározása.....	18
6.3. Precizitás: ismételhetőség, reprodukálhatóság	19
MELLÉKLET	21
M1. Nedvességmérés	21
M2. Sűrűségmérés	21
M3. A talaj víztartalmának ellenőrzése a vizsgálat helyén	22
M4. Helyszíni mérés különleges körülmények között.....	22
M5. Egészségügyi előírások.....	23
A szövegben említett és kapcsolódó magyar nemzeti szabványok, útügyi műszaki előírások és jogszabályok	24

1. ALKALMAZÁS

A mély- és magasépítési, vízepítési létesítmények és a hozzájuk kapcsolódó mérnöki műtárgyak földműszerkezeteinek, valamint kötőanyag nélküli illetve hidraulikus kötőanyagú útszerkezeti rétegeinek építése során nagy jelentőségű a radiometriás sűrűségmérés alkalmazása.

A földműszerkezetek és burkolatalapok építése során a helyszínen végzett vizsgálat alapján – laboratóriumi előkészítés után – azonnal megadható a vizsgált szerkezeti réteg nedves és száraz térfogatsűrűsége és a beépítéshez szükséges optimális víztartalmától való eltérés mértéke. Aszfaltburkolati rétegek esetén azok sűrűségváltozásának mérésére alkalmas.

Az ipari méréseknél alkalmazott kis aktivitásúnak tekinthető sugárforrások által kibocsátott radioaktív sugárzás semmiféle visszamaradó hatást nem idéz elő, tehát az átsugárzott vagy reflexiós úton sugárzásnak kitett anyagok nem válnak radioaktívvá.

Az alábbi építési anyagok mérésére nem alkalmas az eljárás:

- $D_{\max} = 31,5$ milliméternél nagyobb szemnagyságú szemcsés rétegek esetén, kivéve az olyan, 31,5 milliméternél nagyobb szemnagyságú részeket is tartalmazó anyagokat, amelyek szemmoszlása az alábbi feltételeknek megfelel:
 - a névleges felső méreten (D) átesett rész: 85–100 tömeg%,
 - a névleges felső méretet (D) ellenőrző szitán, ($\sim 1,4D$) átesett rész: 90–100 tömeg%,
 - a névleges felső méretet (D) ellenőrző szitán ($\sim 2D$) átesett rész: 100 tömeg%,
 ahol a névleges felső szita mérete (D) 31,5 mm;
- ahol a szabványos mérési hely nem alakítható ki,
- fagyott talajok esetén,
- olyan anyagokon, melyeken a mért adatok átlaga a műszer kalibrálási határainak legfeljebb 20 százalékos kiterjesztésével adódó intervallumon kívül helyezkednek el.

Részben alkalmas az eljárás:

- hidraulikus kötőanyaggal kezelt, vagy stabilizált rétegeknél csak friss állapotban (a kötési idő letelte előtt) történő mérés esetén alkalmazható, legfeljebb 1 napos korig,
- a 10 centiméternél vékonyabb rétegeknél (lapszonda üzemmódban),
- BS, azaz „visszaszórás” üzemmódban az aszfaltburkolati rétegek sűrűségváltozásának mérésére alkalmas azzal a kikötéssel, hogy a forró és meleg rétegeken a lehető legkevesebb ideig tartózkodjon a műszer, védve azt a túlmelegedéstől,
- nedvességtartalom meghatározására, amennyiben az anyag nagy koncentrációban tartalmaz neutronokat elnyelő anyagokat (lásd: M1. melléklet)

Nem tárgya az előírásnak a nem nukleáris elven működő tömörségmérő eszközök.

Ez az előírás együtt értelmezendő, kezelendő az útépitési munkák útszerkezeti rétegeire, illetve elemeire vonatkozó egyéb útügyi műszaki előírásokban foglalt követelményekkel.

Az előírás az MSZ 15 320 számú szabványhoz kapcsolódik, annak változása esetén jelen előírás módosítása szükséges lehet.

Az útügyi műszaki előírás kidolgozása során figyelembe vettük a vonatkozó – jelen útügyi műszaki előírás végén megadott – jogszabályokat, előírásokat, ajánlást és szabványokat.

2. SZAKKIFEJEZÉSEK ÉS MEGHATÁROZÁSUK

2.1. Alkalmassági vizsgálat

A mérőeszköz vizsgálata annak megállapítására, hogy alkalmas-e a mérőeszköz az adott mérési feladat végrehajtására, előre meghatározott hibahatáron belül.

2.2. Detektor

Radioaktív sugárzás intenzitását észlelő és azt elektromos jellé átalakító műszer.

2.3. Elektronikus egység

A mérőeszköznek a detektor tápfeszültségét előállító, valamint az elektronikus jeleket feldolgozó és kiértékelő része.

2.4. Ellenőrző érték

A hordozható saját etalonon nyert mérési adatok átlaga.

2.5. Ellenőrző mérés

Saját etalonon végzett mérés.

2.6. Felezési idő

Az az átlagos időtartam, amely alatt egy radioaktív anyagmintában található atomok fele radioaktív bomlással lebomlik.

2.7. Hatásmélység

Reflexiós mérések során a műszer érzékenységének, szerkezeti adottságának megfelelő előre meghatározott talajréteg, illetve kötőanyag nélküli, vagy hidraulikus kötőanyagú alapréteg vastagsága.

2.8. Hatástérfogat

Elsősorban az abszorpciós mérések vonatkozásában a műszer érzékenységének, szerkezeti adottságának megfelelő előre meghatározott talaj- illetve alapréteg-térfogat.

A mérőműszer és a vizsgált anyag sajátosságaitól függő azon talajtest térfogata, amelyen belüli anyagra érvényes a radiometriás mérés eredménye.

2.9. Háttérsugárzás

A természetes körülmények között, sugárforrás jelenléte nélkül, a radioizotópos mérőműszer detektorával mérhető radioaktív sugárzás.

2.10. Helyszíni mérés

A mérőhelyen végzett mérés.

2.11. Impulzus (vagy beütés)

A mérőműszer detektorába érkező radioaktív részecske által előidézett elektromos jel.

2.12. Impulzusarány

A mérendő mennyiségen, vagy a kalibráló etalonon mért impulzusok és a saját (ellenőrző) etalonon mért impulzusok hányadosa.

2.13. Kalibrációs görbe (vagy táblázat)

A térfogatsűrűség vagy a térfogat-víztartalom és az impulzusarány, illetve a mért érték grafikus (vagy táblázatos) összefüggése, amelyen az alkalmazandó mérési idő, a kalibráció érvénytartama és a kalibrálásánál kapott ellenőrzési érték fel van tüntetve.

2.14. Kalibrálás érvényességének tartama

Kalibrálás érvényességének tartama a jogszabály¹ szerint.

2.15. Lapszonda

Sík felületen alkalmazható, csak az eszköz sajátosságainak megfelelő hatástérfogaton belüli talajtömb térfogatsűrűségének mérésére használható radiometriás mérőműszer.

2.16. Mélyszonda

Béléscsővezetett furatban tetszőleges mérési mélységben elhelyezhető, az eszköz sajátosságainak megfelelő hatástérfogaton belüli talajtömb térfogatsűrűségének mérésére használható radiometriás mérőműszer.

2.17. Mérési adat

A mérőberendezés egyszeri alkalmazásával nyert számszerű érték.

2.18. Mérési élesség

Az adat vagy eredmény legkisebb értékes jegyének helyiértéke.

2.19. Mérési eredmény

A mérőhelyen nyert mérési adatok átlaga.

2.20. Mérési geometria

A radioizotópos műszerek különböző egységeinek (sugárforrás, árnyékolás, detektor stb.) egymáshoz és a mérendő anyagi közeghez viszonyított, előre meghatározott geometriai helyzete.

1) 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről és a végrehajtásáról rendelkező 127/1991. (X. 9.) kormányrendelet,
1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról,
2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról

2.21. Mérési idő

A mérési adat meghatározásának időtartama.

2.22. Mérőfurat

A mérőhelyen a mélyszonda alkalmazásához kialakított lyuk a talajban, amely spirál fúrófejjel, vagy magmintavevővel készül.

2.23. Mérőhely

A radioizotópos talajvizsgálat elvégzésére kijelölt és a vizsgálat követelményei szerint előkészített terület.

2.24. Mérőkészülék

Mérőberendezés a talajok nedves térfogatsűrűségének és/vagy térfogat-víztartalmának mérésére.

2.25. Radioizotóp

Olyan anyag, amely atomszerkezetét tekintve csupán atomtömegében különbözik valamely elemtől, és radioaktív sugárzást bocsát ki magából.

2.26. Saját etalon (ellenőrző mérőeszköz)

Az alkalmazott műszer üzemképességének megállapítására szolgáló próbatest.

2.27. Sugárforrás

Radioizotópot tartalmazó, radioaktív sugárzás szabályozott kibocsátására alkalmas eszköz.

2.28. Szonda

A mérőeszköz része, amely a sugárforrást, az árnyékolást, a sugárdetektort és esetenként az elektronikus részt is magában foglalja.

2.29. Térfogatsűrűség

A nedves térfogatsűrűség, száraz térfogatsűrűség, és a víztartalom fogalmát az MSZ 14 043-6 tartalmazza.

2.30. Térfogat-víztartalom

A talaj egységnyi térfogatában lévő víz tömegének és az illető térfogatnak a hányadosa.

2.31. Tűszonda

A talaj sík felszínére helyezett mérőműszer, amely gamma-abszorpciós módszerrel méri a talaj felső 10–30 centiméteres rétegének (a sugárforrás és a műszer detektora között elhelyezkedő talajtömbnek) a térfogatsűrűségét.

2.32. Tűszonda alkalmazásához kialakított lyuk

A mérőhelyen a tűszonda alkalmazásához kialakított, a felületre merőleges lyuk a talajban, amely tömör acéltűske beverésével és kihúzásával készül.

Az abszorpció, aktivitás, dózisteljesítmény, gammasugárzás, izotópok, sugáregészségügy, sugárvédelem, sugárzás (ionizáló), zárt sugárforrás fogalmakat az MSZ 14 345-1, az egyéb, méréssel kapcsolatos fogalmakat az MSZ 15 320 tartalmazza.

3. A MÉRÉS ELVE

3.1. A mérések általános fizikai alapjai

A radiometrikus térfogatsűrűség és nedvességmérési módszerek a radioaktív anyagoknak azt a tulajdonságát használják fel, ami szerint a radioaktív sugárzás gyengülése, vagy visszavert hányada a mérőrendszert körülvevő anyagmennyiség összetételétől és minőségétől függ.

A nedves térfogatsűrűséget gamma (pl.: Cs-137), a víztartalmat neutron (pl.: Am-241:Be) sugárforrással mérjük.

A mérések során a sugárforrásokból kilépő radioaktív sugárzás a sugárforrás és detektor közötti anyagban annak minőségétől függően elnyelődik, illetve szóródik. A mérés során a detektorhoz jutó sugárzást, az erősítő segítségével mérhető elektromos jelekké – impulzusokká – alakítják és ezt megszámlálják.

Megfelelően kiválasztott, különböző ismert sűrűségű és hidrogéntartalmú etalontömbökön mérőszorozattal határozható meg, hogy az adott sűrűségnek, illetve víztartalomnak mekkora impulzusszám felel meg.

A sűrűség/víztartalom és az impulzusszám összefüggések függvényei képezik a mérési alapadatokat.

3.2. Mérési elvek

A földműszerkezetek radioizotópos tömörségvizsgálatára alkalmazható minden olyan eljárás, amely gamma-reflexió, gamma-abszorpció, illetve neutronlassításos elven működik.

3.2.1. Gamma-reflexiós mérések

Olyan radioizotópos sűrűségmérési eljárás, amelynek során a sugárforrásból a talajba kisugárzott, majd onnan visszaverődő gamma-sugárzást, a sugárforrás közvetlen sugárzásától védett detektor észleli és a detektor által a mérési idő alatt összeszámlált impulzusok száma arányos a mérőműszer sajátosságai és helyzete által meghatározott térfogatú talajtest sűrűségével

Gamma-reflexiós méréssel a talaj nedves térfogatsűrűsége közvetlenül, száraz térfogatsűrűsége pedig a víztartalma ismeretében, közvetve határozható meg.

Gamma-reflexiós mérőeszköz a radioizotópos lapszonda és mélyszonda.

3.2.2. Neutronlassításos mérések

Neutronlassításos mérés során a gyors neutronokat kibocsátó sugárforrásból a talaj hidrogéntartalmával (térfogat-víztartalmával) arányosan lassulnak le a neutronok és jutnak el a sugárforrás közelében elhelyezett lassú neutrontetektorhoz.

Neutronlassításos méréssel közvetlenül a térfogat-víztartalom, a nedves térfogatsűrűség ismeretében pedig a száraz térfogatsűrűség, illetve a víztartalom határozható meg.

Neutronlassításos mérőeszköz a radioizotópos térfogatvíztartalom-mérő lapszonda.

3.2.3. Gamma-abszorpciós mérések

Olyan radioizotópos sűrűségmérési eljárás, amelynek során a talajba bocsátott sugárforrásból kiinduló, majd a talajon áthaladó gamma-sugárzást a talajfelszínen, vagy a sugárforrással párhuzamos mérőcsőben elhelyezett detektor észleli és a detektor által a mérési idő alatt összeszámlált impulzusok száma arányos a mérőműszer sajátosságai és helyzete által meghatározott térfogatú talajtest sűrűségével.

Gamma-abszorpciós mérés során a gamma-sugárzás a sugárforráshoz képest rögzített elhelyezésű detektorba a talajon keresztül – egy része abban elnyelődve – jut el, amelynek intenzitása a talaj térfogatsűrűségének növekedésével csökken.

Gamma-abszorpciós méréssel a talaj nedves térfogatsűrűsége közvetlen összefüggés szerint, száraz térfogatsűrűsége pedig a víztartalma ismeretében, közvetve határozható meg.

Gamma-abszorpciós mérőeszköz a radioizotópos tűszonda és párhuzamszonda.

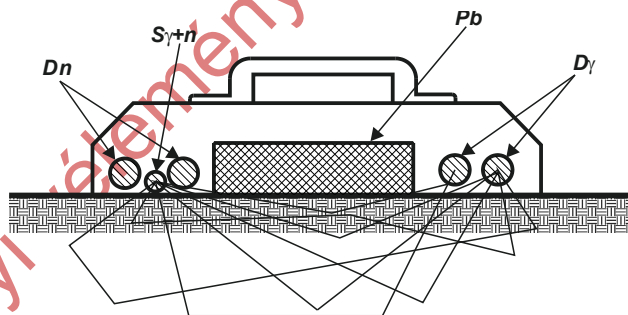
3.3. Mérőeszköz-típusok

A radiometriás tömörségmérő készülékeknek a detektor és a sugárforrás geometriai elhelyezése különböző mérési módokat biztosít. Mérések végezhetők a felszínen (lapszonda üzemmód), felszínközeli (tűszonda), felszín alatti (mélyszonda) mérőeszköz típusokkal.

3.3.1. Lapszonda

Méréskor a talaj felszínére kell helyezni a sugárforrást és ettől adott távolságban szintén a felszínen a detektort és a sugárvédelmet, valamint a detektor árnyékolását biztosító ólom és műanyag védőréteget.

A lapszonda elvi kialakítása (1. ábra) megegyezik a nedves térfogatsűrűség méréseknél és térfogatvíztartalom-méréseknél, azonban a sugárforrások és a detektortípusok a mérési módnak megfelelő kialakításúak.

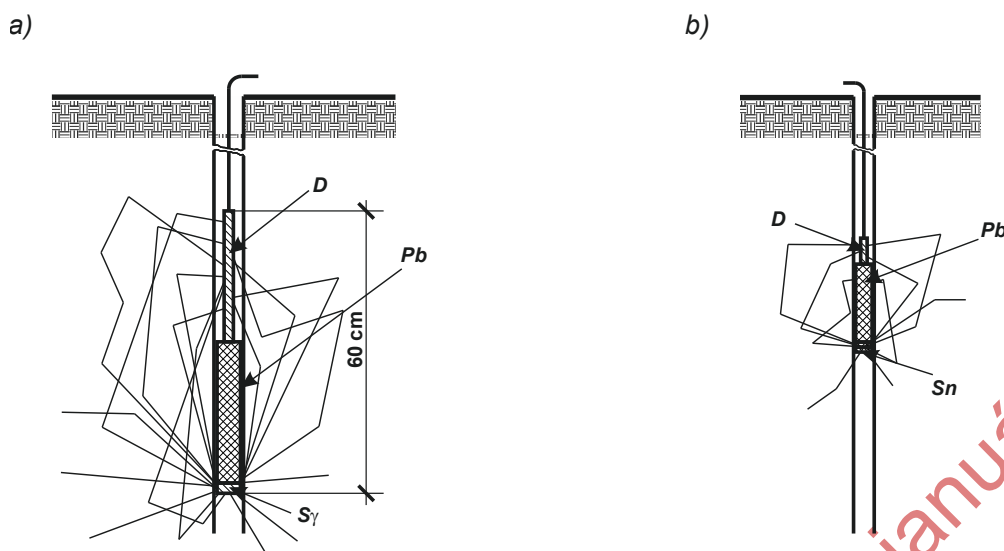


1. ábra – Lapszonda; $S_{\gamma+n}$ – Gamma- és neutronsugár-forrás, D_n – Lassúneutron-detektor, D_{γ} – Gammasugár-detektor, Pb – Ólomárnyékolás

3.3.2. Mélyszonda

A talaj térfogatsűrűséget, vagy a térfogat-víztartalmat mérő mélyszonda (2. ábra) mérési geometriájában hasonló (egy függőleges mérőfuratba bocsátható közös tengelyen alul a sugárforrás és felette a közvetlen sugárzás elleni árnyékolás, majd a detektor helyezkedik el), de természetesen sugárforrásában és detektorában különböző felépítésű.

A mélyszonda tartozéka egy olyan védőtartó, amely a talajból kiemelt sugárforrás előírt sugárvédelmét biztosítja.



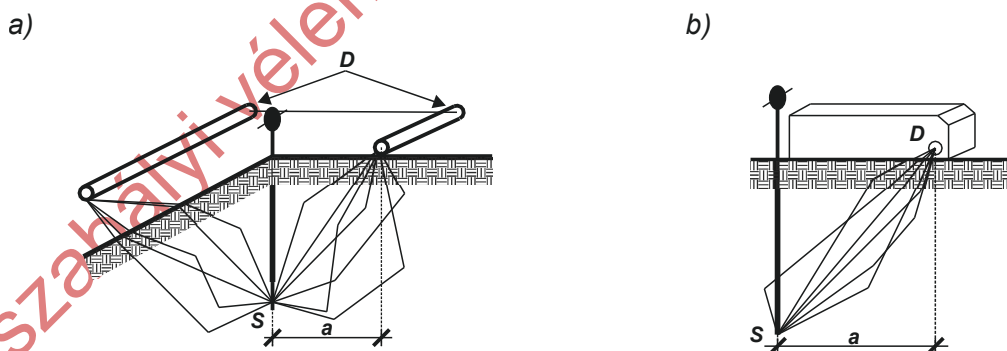
2. ábra – Mélyszonda; a) Sűrűségmérés, b) Nedvességmérés; D – Detektor, Pb – Ólomárnyékolás, Sn – Neutronsugár-forrás, S_{γ} – Gammasugár-forrás

3.3.3. Térfogatsűrűség-mérő tűszonda

A radioizotópos talajtérfogatsűrűség-mérő tűszonda fő részei:

- a talajba bocsátható sugárforrás,
- a gamma-sugárzást érzékelő detektor (detektorok)
- a szükséges mérési geometriát rögzítő mechanikai szerkezet az előírt sugárvédelmet biztosító árnyékolással.

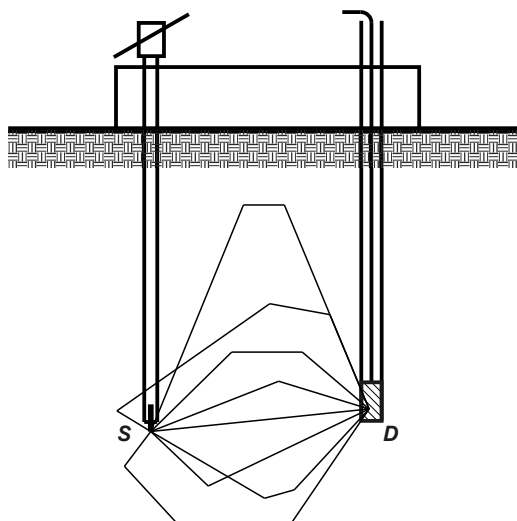
A tűszonda aszimmetrikus és szimmetrikus kivitelének vázlatát a 3. ábra tünteti fel.



3. ábra – Tűszonda; a) Szimmetrikus, b) Aszimmetrikus; D – Detektor, S – Sugárforrás

3.3.4. Párhuzamszonda

A párhuzamszonda olyan radioizotópos talajtérfogatsűrűség-, illetve víztartalommérő készüléktípus, ahol a talajba egymáshoz képest párhuzamosan, azonos mélységbe bocsátható a sugárforrás és a detektor. A mérési geometriát villaszerű mechanikai szerkezet biztosítja. A párhuzamszonda tartozéka olyan árnyékolás, amely a talajból kiemelt sugárforrás előírt sugárvédelmét szolgálja. (4. ábra)



4. ábra – Párhuzamszonda; D – Detektor, S – Sugárforrás

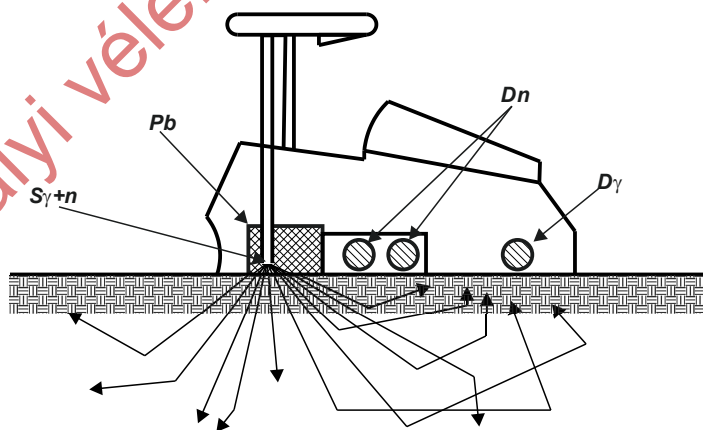
3.3.5. Korszerű talajtömörtség-mérő készülékek

Ezekben a készülékekben együtt van elhelyezve a (pl.: a gamma és a neutron) sugárforrás, a két detektor, az elektronika és a működtetést, adattárolást szolgáló mini számítógép. (5. ábra)

A kombinált készülékek a 3.3.1. és a 3.3.2. pontban leírt mérőeszköz-típusokat egy készülékben egyesítik. Lehetővé teszik lapszonda és tűszonda (a felszín alatt 5–30 cm között, több választható mélységben) állásban a nedves térfogatsűrűség és a térfogat-víztartalom mérését.

A készülékek praktikusán használhatók, a helyszínen azonnal adatszolgáltatásra alkalmasak.

A műszer által használt szoftver a vizsgált területen mért gamma-sugárzási eredmény és a referenciamérés eredménye alapján automatikusan kiszámítja és megjeleníti az anyag nedves sűrűségét (WD).



5. ábra – Talajtömörtség-mérő készülék; $S_{\gamma+n}$ – Gamma- és neutronsugár-forrás, D_n – Lassúneutron-detektor, D_{γ} – Gammasugár-detektor, Pb – Ólomárnyékolás

4. A MÉRÉSHEZ SZÜKSÉGES ENGEDÉLYEK, ESZKÖZVIZSGÁLATOK

4.1. Hatósági engedélyek

A radioizotópos térfogatsűrűség- és víztartalommérő berendezés ionizált sugárzást bocsát ki, (sugárveszélyes), ezért csak az érvényes sugáregészségügyi előírások betartása mellett üzemeltethető.

A radioaktív anyagok, ionizáló sugárzást létrehozó berendezések sugárvédelmi felügyeletét az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) végzi, az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény szerint.

Az egészségügyi előírásokat az *M5. melléklet* ismerteti.

4.2. Mérőeszközök hatósági vizsgálatai

4.2.1. Típusvizsgálat

A radioizotópos térfogatsűrűség és -víztartalom mérésére szolgáló mérőkészülékek sokféle típusa ismeretes. Egyes típusok használatának engedélyezéséhez a vonatkozó jogszabály² előírása alapján az üzemeltetőnek külön-külön metrológiai és sugárvédelmi típusvizsgálatot kell elvégeztetnie az erre hatósági joggal rendelkező intézménnyel. A radioaktív anyagok közúti szállítását az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) engedélyezi. Az OAH honlapján folyamatosan közzéteszi a forgalombahozatali engedéllyel rendelkező, radioaktív anyagot tartalmazó ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések listáját, melyek a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet szerint minősített termékek.

4.2.2. Kalibrálás

Radioizotópos tömörségmérésre csak érvényes kalibrációjú műszer használható. Kalibrálást az erre a célra akkreditált kalibráló laboratórium végezhet. Ennek hiányában kalibrálást végezhet még olyan laboratórium, szervezet, vagy személy, aki rendelkezik saját kalibrálási eljárással, megfelelő etalonnal és szaktudással, illetve a műszer kezeléséhez szükséges engedélyekkel.

A mérőkészülék által kapott mérési jellemző – az impulzus-, vagy beütésszám – és az ismert térfogatsűrűség és víztartalom közötti függvény megállapítása kalibrációval történik. Ezt minden mérőkészüléken külön-külön legalább évenként, illetve szükség szerint (javítás, alkatrészcsere stb. után) el kell végezni, vagy végeztetni.

A mindenkor érvényes kalibrálási bizonyítványt a műszer dokumentációjához kell csatolni, amelynek azonosító számát a vizsgálati jegyzőkönyvben meg kell adni.

4.2.2.1. Kalibrációs etalonok

A kalibráláshoz olyan etalonokat kell használni, amelyek mérete, kialakítása megfelelő, anyagi összetételükben hasonló tulajdonságúak a mérendő anyaghoz, térfogatsűrűségük $\rho = 1,3\text{--}2,8 \text{ g/cm}^3$ közötti, radioizotópos mérés szempontjából homogénnek minősülnek.

Az etalonok térfogatsűrűségének és víztartalmának a nemzetközi, ill. az országos etalonokból levezethetőnek kell lenniük. Meg kell határozni az etalon testek mérési állandóit, és a virtuális sűrűség-nedvesség értéket számítással kell igazolni. A kalibrálások elvégzéséhez legalább három különböző sűrűségű etalon szükséges.

2) 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról, 2022. évi LXXI. törvény az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény és egyes kapcsolódó törvények módosításáról, 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről, 487/2015. (XII. 30.) kormányrendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

A kalibrálás alkalmával legalább három, a terepi méréstartományt lehetőleg teljes egészében lefedő mérési pontot kell felvenni. A kalibrálási egyenletek a kalibrálási eljárás keretében előfordult értékhatárok között, illetve a kalibrálási határok legfeljebb 20 százalékos kiterjesztésével adódó intervallumon belül érvényesek.

Az eljárás során felhasznált, illetve keletkező valamennyi alap- és származtatott adatot jegyzőkönyvben kell rögzíteni. Az összehasonlító mérések során keletkező valamennyi alap- és származtatott adatot külön jegyzőkönyvben kell rögzíteni, amelyet mindaddig meg kell őrizni, amíg az adott laboratórium az összehasonlító mérések elvégzéséhez szükséges etalonanyagot használja.

4.2.2.2. A kalibrálás gyakorisága

Kalibrálni kell a radioizotópos mérőműszert:

- legalább évenként, illetve
- a sugárzóanyag cseréjét követően és
- javítást követően akkor, ha a mérési hiba legalább egy kalibrálási ponton, legalább háromszor végrehajtott ellenőrző mérést követően bármely méréskor nagyobb a 4.3. pont szerintinél.

A kalibrálások közötti időszakban figyelembe kell venni a radioaktív anyag (M5. mellékletben leírt) felezési idejét.

4.3. Alkalmassági vizsgálat (saját ellenőrzés)

Ha gyanú merül fel a műszer alkalmasságával kapcsolatban, akkor saját ellenőrzés keretében az alábbiakat kell elvégezni:

Működőképesség ellenőrzése:

- általános ellenőrzés szemrevételezéssel (nem sérült, törött, illetve minden egység megvan stb.),
- a gamma- illetve neutronsugárzás-intenzitás esetén teljesül-e az előírt érték (műszerként a standard mérési funkcióval),
- detektorok ellenőrzése során rövid idejű, 30 s méréssel legalább húsz vizsgálat végzése után a mért értékből kell számítani a korrigált szórást:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\bar{x} - x_i]^2}{n - 1}}$$

ahol „x” a mérések átlaga, „n” a mérések száma.

Amennyiben $0,75 \leq \frac{S}{\bar{x}} \leq 1,25$ teljesül, a detektor megfelelő;

- mérési pontosság ellenőrzése.

Az ellenőrzéshez legalább egy homogén sűrűségű etalon készítenőd („házi etalon”). Az etalonnál alkalmazott anyag névleges szemcseátmérője nem haladhatja meg a 10 millimétert. Az etalont geometriailag úgy kell kiképezni, hogy minden irányban biztosítható legyen a 60 centiméteres faltávolság.

A mérések során 10 méteren belül sugárforrás, 1,5 méteren belül mozgatható tárgy (egyéb készülék, tömb stb.) nem lehet.

Tárolásnál biztosítani kell, hogy a „házi etalon” sűrűsége és víztartalma ne változzon (fedett, egyenletes hőmérsékletű helyiségben kell tárolni).

Amennyiben a mért értékek terjedelme a mérési bizonytalanság kétszeresét meghaladja, szakszervizhez kell fordulni.

A házi etalon használatát és a mérési eljárást írásban rögzíteni kell („házi szabályzat”). Az üzemi mérés idejével végrehajtott ellenőrző mérések adatait folyamatosan fel kell jegyezni.

4.4. Mérési bizonytalanság

A radiometriás térfogatsűrűség és víztartalom mérése esetén a mérési bizonytalanság megengedett értékei a következők:

- Térfogatsűrűség mérésénél az üzemmódokban:
 - a nedves térfogatsűrűség mérésének 1,96-os szorzóval megnövelt standard bizonytalansága legfeljebb $0,05 \text{ g/cm}^3$ (tűszonda üzemmódban);
 - lapszonda üzemmódban a terepen az eltérés:
 - irányított γ sugárforrásnál (BS backscatter): $0,2 \text{ g/cm}^3$,
 - pontszerű γ sugárforrásnál (AS) a felvételi bizonytalanság miatt: legfeljebb $0,2 \text{ g/cm}^3$;
- víztartalom mérésénél az 1,96-os szorzóval megnövelt standard bizonytalanság értéke nem lehet nagyobb, mint a mért érték 5 százaléka. A szórások átlagából a vizsgálati eredmények mérési bizonytalanságát három párhuzamos vizsgálati értékből számolt szórás $\sqrt{3}$ -mal való osztásával kapjuk meg.

A mérések standard bizonytalanságát a kalibrálás során kell meghatározni.

4.5. Megengedett rendszeres hiba

A rendszeres hibát korrekcióba kell venni, amivel a mérési hiba csökken.

Térfogatsűrűség mérésénél a megengedett rendszeres hiba tűszonda üzemmódban: $0,07 \text{ g/cm}^3$, lapszonda üzemmódban $0,2 \text{ g/cm}^3$.

Víztartalom mérésénél a laboratóriumi vizsgálattal (pl. MSZ 14 043-6) meghatározott víztartalom és a helyszínen mért összetartozó értékek különbsége a mérési hiba.

További információk az M1. mellékletben.

5. HELYSZÍNI MÉRÉS VÉGREHAJTÁSA

5.1. A méréshez szükséges eszközök, tartozékok

5.1.1. A radioizotópos mérőkészülék

A radioizotópos térfogatsűrűség és térfogat-víztartalom mérésére szolgáló mérőegység (továbbiakban mérőkészülék) általában a szondából – sugárforrás(ok)ból, munkatartóból, detektor(ok)ból – és az elektronikus egységből áll. A jelenlegi mérési gyakorlatban használt modern mérőkészülékekben a részegységeket egybeépítették.

A mérőkészülék rendeltetésszerű működésének ellenőrzésére szolgáló ellenőrző próbatest – mely általában műanyagból készül – a korszerű készülék tartozéka, amely a standard és ellenőrző mérések elvégzésére szolgál. Bármely olyan próbatest használható ellenőrzésre, amelynek térfogatsűrűsége időben nem változik.

A mérőkészülék tárolása, szállítása csak a hozzá tartozó tárolóládában történhet.

5.2. A mérés helyének előkészítése

A mérés helyét gondosan elő kell készíteni. Az előkészített felület sík, a valóságos tömörségnek megfelelően egyenletes legyen. A felületre a mérőkészüléknek minimális hézaggal kell felfeküdnie. A pontatlan felfekvés következtében a készülék és a talajfelszín között kialakuló légrés a mérés pontosságát kedvezőtlenül befolyásolja, meghamisítja. Az előkészített felületnek akkorának kell lennie, hogy a mérőkészülék tengelye körül akadálytalanul körbeforgatható legyen.

Kötött talaj esetében a mérési felületet „lemetszéssel” célszerű elkészíteni.

Ha a talaj, illetve stabilizáció felülete laza, vagy kiszáradt, egyenetlen, repedezett, akkor kézi szerszámokkal (csákánnyal, lapáttal) a szükséges és lehetséges mértékig ezt az anyagot el kell távolítani és a mérés helyét ki kell alakítani.

Amennyiben a jó felfekvés más módon nem biztosítható, a felületen lévő egyenetlenséget finom homokkal, vagy a vizsgált talajból kiszitált 2 milliméternél kisebb szemű talajfrakciókkal kell előkészíteni.

Tűszonda és mélyszonda alkalmazása esetén a felület előkészítése után megfelelő méretű függőleges fúrt lyukat vagy furatot kell készíteni előverő tűskével, illetve talajfúróval. A furat átmérője akkora legyen, hogy a szondarúd akadálytalanul mozoghasson és feleljen meg a kalibrációnál alkalmazott méretnek.

A mélyszonda használatához a fúrt lyukat béléscsővezni kell, de figyelemmel kell lenni arra, hogy a mérőeszköz béléscsővel vagy a nélkül volt kalibrálva.

5.3. A mérőkészülék előkészítése

A mérőkészüléket a kezelési utasításnak (gépkönyv) megfelelően össze kell állítani, majd a standard (STD) mérést a gépkönyv előírása szerint kell elvégezni.

A standard méréseket naponta egyszer elég elvégezni, ha a mérések azonos munkaterületen (legfeljebb 20 km belül) vannak.

A kalibrációs összefüggések használhatósága céljából a standard (STD) értéket is mérni kell a kezelési utasításban (gépkönyvben) leírtak szerint.

5.4. Mérés

5.4.1. Mérés általános esetben

5.4.1.1. A mérési mélység beállítása

A mérőhely és a mérőberendezés előkészítése után a szondát a mérőhelyre helyezzük, és/vagy a megkívánt mélységbe leeresztjük, ellenőrizzük a mérési módnak megfelelő mérési geometria teljesülését. (Figyelem! A mélységi érték beállításához a réteghatárok ismerete szükséges. Különböző anyagú rétegek a mérési pontosságot kedvezőtlenül befolyásolják.)

A visszaszórás (BS) sűrűségmérési üzemmódban a mérési mélység nem függ az anyag sűrűségétől. Visszaszórás üzemmódban a sűrűségi mérés eredményének 85 százaléka az anyag felső 2,5 inches (64 milliméteres) rétegéből származik, míg a fennmaradó 15 százalékot a 64 mm és 100 mm közötti réteg szolgáltatja.

A nedvességmérés mélysége a mérőműszer geometriai felépítésétől és az anyag nedvességtartalmától függ. A nedvesség mérése során a műszerhez legközelebbi rétegben elhelyezkedő anyag erősen súlyozódik. Példaképpen elmondható, hogy ha egy műszer 0 és 640 kg/m^3 közötti tartományban alkalmas nedvességmérésre, akkor a mérés mélysége egy 160 kg/m^3 nedvességtartalmú talajban körülbelül 9 inch (230 mm) lesz.

5.4.1.2. A mérési idő beállítása

Mérés előtt be kell állítani az alkalmazandó mérési időt, amely arányos a megbízhatósággal és nem lehet kisebb, mint az alkalmassági vizsgálat során alkalmazott minimális mérési idő (30 másodperc, 1, 2, 4 perc). Az ajánlott mérési idő 1 perc. Minél hosszabb a vizsgálati idő, annál pontosabb lesz az eredmény. BS, azaz „visszaszórás” üzemmódban az aszfaltburkolati rétegek sűrűségváltozásának mérésére alkalmas azzal a kikötéssel, hogy a forró és 80°C -nál melegebb rétegeken a lehető legkevesebb ideig tartózkodjon a műszer, védve azt a túlmelegedéstől.

5.4.1.3. Mérés, átforgatás

Lapszondával mérőhelyenként négy-négy, tűszondával három-három mérést kell végezni úgy, hogy a szondát közben függőleges tengelye körül lapszondával $0-90-180-270$ fokkal, tűszondával $0-120-240$ fokkal, kell elforgatni. A mérési ponton mért értékeket a készülék kijelzőjéről le kell olvasni és a mérési kísérő adatokkal (szelvény, mért réteg stb.) együtt a 6.1. pont szerint rögzíteni kell.

5.4.1.4. Talajazonosítás, mintavétel

A radiometriás mérőkészülékkel a helyszínen meghatározott nedves talaj térfogatsűrűség- és víztartalom-értékeken kívül, a tömörségi fok kiszámításához fontos a precízen meghatározott, a mérés helyére vonatkozó talaj legnagyobb száraz térfogatsűrűsége (melyet a laboratóriumi viszonyítási testsűrűség-vizsgálattal kell meghatározni).

Viszonyítási testsűrűség céljára talajok esetén az MSZ 14 043-7 A talajok tömöríthetőségének és tömörségének vizsgálata című vizsgálati szabványt alkalmazzuk. Viszonyítási testsűrűség céljára kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek esetén az MSZ EN 13 286-2 szabványt alkalmazzuk.

A laboratóriumi tömörítési vizsgálatához a mérési hely(ek)re jellemző mintá(ka)t kell venni.

Általános esetben, amikor egy munkaterületen több mérés történik, minden mérési pontban a talajt ellenőrizni kell, amely a mérési hely talajának megbontásából és szemrevételezéséből áll. Az anyag megváltozása esetén a mintavételt és a talajazonosító vizsgálatokat el kell végezni.

Laboratóriumi tömörítési vizsgálat céljára a munkaterületről olyan mennyiségű talajmintát kell venni, amennyi a talaj legnagyobb száraz térfogatsűrűségét a mérések pontosságának megfelelően biztosítja.

5.4.1.5. A talaj víztartalmának meghatározása ellenőrző vizsgálattal

Mérési pontonként ajánlott zavart talajminta vétele a laboratóriumi víztartalom-vizsgálathoz (MSZ 14 043-6, MSZ EN 13 286-1, vagy MSZ EN ISO 17 892-1).

Nagyobb tömegű mérés esetén célszerű az adott talajokra vonatkozó víztartalom-korrektúra megállapítását elvégezni. (lásd: M3. melléklet)

5.4.1.6. Aszfaltrétegek sűrűségmérése

Az aszfaltrétegek építése során a hengerjáratok beállítása céljából végezhetünk sűrűségméréseket az izotópos készülékkel. A mérések során nem használunk viszonyítási testsűrűséget, hanem a sűrűség változása kerül követésre tájékoztató jelleggel.

5.4.2. Helyszíni mérés különleges körülmények között

5.4.2.1. Munkaárkok, gödrök, nagytömegű függőleges építmények (hídpillérek) mellett földvisszatöltések tömörségének megállapítása

A lapszondák mérési eredményeit a falhatás jelentősen befolyásolja. Ilyen esetben a mérést a következőképpen lehet elvégezni:

- a falhatás távolságának meghatározása vizsgálattal (lásd: M4.1. pont),
- az előírt faltávolság betartásával.

Egyszerűbb esetben a vizsgálat az előírt faltávolság alkalmazásával akkor végezhető el, ha a

- a sugárforrás lapszonda, tűszonda üzemmódú és a faltávolság nagyobb mint 60 cm,
- a mérőhely előkészítése után a mérőkészülék legalább két helyzetbe átfordítható.

5.4.2.2. Rézsútömörség megállapítása

A rézsútömörség meghatározásához választható módszerek a következők:

- a túltöltéssel épített földműszerkezet esetén mérés előírt rétegeken a tényleges rézsú vonalában a visszametszés előtt,
- kész töltés/bevágás rézsú esetén mérés a bemetszett kutatógödörben (részletesen lásd: M4. melléklet).

6. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK DOKUMENTÁLÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE

6.1. A helyszíni mérési eredmények

A helyszíni mérési eredmények rögzítése a laboratórium akkreditálásában meghatározott módon történik, mely lehet papíralapú és elektronikusan rögzített is. Az adatokból a 6.2.3. pont szerinti vizsgálati jegyzőkönyv elkészíthető legyen.

6.2. A tömörségmérés eredményeinek meghatározása

6.2.1. A tömörségi fok meghatározása

Radiometriás módszerrel mért és esetleges korrekciókkal módosított ρ_n és w értékekből meg kell határozni a ρ_d száraz térfogatsűrűség értékét.

A nedves térfogatsűrűség- és víztartalom-értékek a radiometriás mérések közvetlen eredményei. Ezeket, ha a mérőkészülék csak impulzusszámot tud kijelezni, akkor kalibrációs táblázatokból lehet meghatározni, az újabb típusú készülékek már közvetlenül megadják a száraz térfogatsűrűséget és a víztartalmat.

A számítás módja:

- térfogat-víztartalom (w_t) esetén:

$$\rho_d, \text{g/cm}^3 = \rho_n - w_t$$

- tömegszázalékban megadott víztartalom ($w, \%$) esetén:

$$\rho_d, \text{g/cm}^3 = \frac{\rho_n}{1 + \frac{w}{100}}$$

ahol:

$$w, \% = \frac{w_t}{\rho_n - w_t} \cdot 100$$

A tömörségi fokot ki kell számítani az alábbi képlet szerint, ahol a ρ_d értéke a helyszínen egy mérőhelyen végzett függőleges tengely körüli elforgatással három(négy) rész mérési eredmény átlaga:

$$Tr\rho, \% = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}} \cdot 100$$

A $\rho_{d \max}$ (a viszonyítási testsűrűség) értékét az 5.4.1.4. pontban megadott módon kell meghatározni.

6.2.2. A vizsgálati eredmények megadása

A ρ_n és a ρ_d értékeket három tizedes élességgel, a w értékeit egy tizedes élességgel kell megadni.

A Tr_ρ értékét két tizedes élességgel kell kiszámítani, de a vizsgálati jegyzőkönyvben egész számban kell megadni. (pl.: $93,50 = 94\%$, $93,49 = 93\%$)

6.2.3. Vizsgálati jegyzőkönyv

A vizsgálati jegyzőkönyvnek legalább az alábbi adatokat kell tartalmaznia:

- a vizsgálat helyét (út, utca név, km-szelvény, vagy egyéb hosszirányú távolságazonosítás, keresztirányú azonosítás – úttengelytől, rézsűéltől, árokfaltól stb. –, magassági meghatározás – terepszint +, pályaszint – stb.),
- a vizsgált réteg azonosítását,
- a mérési mélységet (lapszonda, tűszonda stb.),
- a dátumot,
- az időjárási körülményeket,
- a vizsgáló személy nevét,
- a mérés eredményeit,
- a tömörségi fok meghatározásához szükséges viszonyítási sűrűség azonosítóját,
- az ellenőrző víztartalom céljából vett talajminták azonosítóját (15,0 százalékos víztartalom felett kötelező),
- hidraulikus kötőanyagú réteg mérése esetén annak korát,
- a nedves térfogatsűrűség ρ_n értékét három tizedesre megadva,
- a száraz térfogatsűrűség ρ_d értékét három tizedesre megadva,
- a víztartalom (w) értékét egy tizedesre megadva,
- a tömörségi fok (Tr_ρ) egész számra megadva, a kerekítés szabályainak megfelelően,
- jelen előírástól való bármilyen eltérést.

6.3. Precizitás: ismételhetőség, reprodukálhatóság

A pontosság vagy megismételhetőség az ugyanazon a területen, ugyanakkora vizsgálati idő alatt egymást követő sűrűségmérések variációjának jellemzője. A pontosság egy olyan egyenlet

$$P = \sqrt{\frac{\text{beütésszám}}{\text{meredekség}}}$$

alapján kerül kiszámításra, amely egy adott időszak alatt felvett mérési eredmények számán és egy adott műszer által egy adott mélységben mért vizsgált anyag térfogatán alapszik. Egy tipikus műszer pontossága egyperces mérésnél a gyárban való összeszerelés pillanatában visszaszórás üzemmódban körülbelül 8 kg/m^3 , abszorpciónál pedig $0,5 \text{ cm}$ mélységben 4 kg/m^3 . A műszer élettartama alatt (körülbelül 20 év) a pontosságban bekövetkező csökkenés elhanyagolható mértékű.

A felületi egyenetlenségből eredő hiba kiváltó oka a közvetlenül a készülék alatti levegős térben a sugárforrásból a detektorok felé történő fotonáramlás. Visszaszórási mélységnél sokkal nagyobb a felületi érdességből eredő hiba, mint az abszorpciós méréseknél. A felületi hibák kiszámításának

általános menete, hogy a technikus előbb közvetlenül egy mészkőblokkra helyezett műszerrel végez mérést, majd ugyanazon tömb felett 1,3 milliméteres rést hagyva (100% levegős hézag) újból elvégzi a mérést. Az érintkező és a megemelt mérés eredménye közötti különbség eredményezi a műszer érdes felületen (például nyitott szemszerkezetű vagy kötőzúzalékos aszfalton) való használatakor várható hibát.

A mérési hiba csökkenthető, ha az ilyen durva felületeket portlandcementtel, cementporral, finom homokkal, vagy a vizsgált talajból kizitált 2 milliméternél kisebb szemű talajfrakciókkal egyengetjük el.

Nedvesség: a nedvességméréshez használt forrás felezési ideje 432 év, és a nedvességmérés pontosságának csökkenése a műszer élettartamára vetítve elhanyagolható.

Jogszabályi véleményezésre 2026. január 6.

MELLÉKLET

M1. Nedvességmérés

A korszerű műszerekben a nedvesség méréséért egy gyors neutronokat kibocsátó Amerícium-241:Berillium (Am-241:Be) forrás és egy Hélium-3 (He-3) cső felel. A neutronok mérése minden esetben visszaszórásos üzemmódban történik. Mind az Am-241: Be, mind a He-3 cső a mérőműszer aljában van rögzítve.

Az Am-241:Be forrás által kibocsátott energia átlagos mértéke 4,5 MeV, energiaspektruma 0–10 MeV között van. A nedvességmérési folyamat során a forrásból kilépő gyors neutronok kölcsönhatásba lépnek a vízben található hidrogének atommagjaival és termalizálódnak, vagyis lelassulnak. A He-3 cső ezeket a termikus, vagy lassú neutronokat számlálja. Nagyobb víztartalom mellett arányosan nagyobb lesz a He-3 cső által detektált lassú neutronok száma.

A nedvességméréshez használt forrás felezési ideje pl. Am-241/Be esetében 432 év, így a nedvességmérés pontosságának csökkenése a műszer élettartamára vetítve elhanyagolható.

A neutronalapú nedvességmérésben két alapfeltételezéssel kell élni:

- egyrészt feltételezzük, hogy a forrás és az anyag közötti kölcsönhatások teljessége betudható a víz formájában megtalálható hidrogénatomokkal való interakciónak;
- a másik alapfeltételezés, hogy az anyagban nem található olyan elem, amely elnyelné a neutronokat. Az építőiparban használt talajfajtákban időnként található bór, a vízparti jellegű talajokban klór, vagy a lerakódásokban vas-oxid is, amely egyes esetekben elég nagy koncentrációban van jelen ahhoz, hogy befolyásolja a mért eredményeket. Emellett az agyagos talajokban található kötött hidrogéntartalomban mutatózó változások is jelentős hibákat okozhatnak a műszeres nedvességmérési eredményekben, így ezeket javasolt laboratóriumi víztartalom-mérésekkel is meghatározni.

A nedvességmérés mélysége a mérőműszer geometriai felépítésétől és az anyag nedvességtartalmától függ. A nedvesség mérése során a műszerhez legközelebbi rétegben elhelyezkedő anyag erősen súlyozódik. Példaképpen elmondható, hogy ha egy műszer 0-40 PCF (0 és 640 kg/m³) közötti tartományban alkalmas nedvességmérésre, akkor a mérés mélysége egy 10 PCF (160 kg/m³) nedvességtartalmú talajban körülbelül 9 inch (230 mm) lesz.

M2. Sűrűségmérés

A műszerekben a sűrűségmérést általában cézium-137 (Cs-137) radioaktív izotóp felhasználásával két Geiger-Müller (GM) számláló végzi. Sűrűségmérés általában kétféleképpen történik: visszaszórás (backscatter, röviden BS) vagy abszorpció alapján. Visszaszórás üzemmódban a forrás és az érzékelő egy síkban helyezkedik el. Abszorpciós üzemmódnál a forrásrudat egy megadott (50–300 mm közötti) mélységben bevezetik az anyagba fúrt lyukba.

A Cs-137 izotóp maximális energiája 0,662 MeV. A forrásból kilépő fotonok áthatolnak a vizsgált anyagon, majd visszaszóródnak a GM-érzékelőre, vagy a Compton-szóródás és a fotoelektromos abszorpció hatására elnyelődnek az anyagban. A vizsgált sűrűségi tartományban a GM-számlálók által mért fotonszám fordítottan arányos az anyag sűrűségével. Így például egy adott mérőműszer egy 110 PCF (vagyis 1760 kg/m³) sűrűségű anyagban 1500-as beütésszámot ad, míg ugyanez a műszer egy 160 PCF (2560 kg/m³) sűrűségű anyagban 700-at; így látható, minél magasabb a beütésszám, annál kisebb a sűrűség.

A Cs-137 felezési ideje 30 év, sugárzásának intenzitása évente 2,2 százalékkal csökken. A mérési arányszám (count ratio) a forrás természetes bomlásának hatását hivatott kiegyensúlyozni. Ezért kiemelten fontos, hogy a felhasználó rendszeresen vegyen fel pontos referenciamérést. Ez garantálja, hogy a beütésszámban érzékelhető bomlást a referenciamérés eredményeiben jelentkező bomlás kiegyenlítsse.

Példa: a kalibráció után hat hónappal a Cs-137 forrás 1,1 százalékos bomlott (a beütésszám 1,1 százalékkal csökken). Ez az 1,1 százalékos változás a mért eredményekben és a referenciamérésekben is megmutatkozik. Ennek a két eredménynek az arányos hányadosa semlegesíti az 1,1 százalékos bomlásnak a mért eredményekre való hatását, ezáltal normalizálja a beütésszámot, függetlenül attól, mennyi idő telt el a kalibrálás óta. Ha a kalkuláció nem tartalmaz mérési arányszámot, az hibás mérési eredményekhez vezet, hiszen nem veszi figyelembe a forrás bomlását.

M3. A talaj víztartalmának ellenőrzése a vizsgálat helyén

A radiometriás víztartalom-mérések során előfordul, hogy a valóságos víztartalomtól eltérőt – magasabbat – mér a készülék.

A valóságos értéktől való eltérés adódhat a kalibráció jellegéből, (a kalibrációs tömbök anyagi összetétele más, mint a vizsgált talajé), a talaj változó víztartalmától, (a víztartalom a mérés hatástér-fogatában is különbözhet) és a felületi egyenetlenségek miatti felfekvési hibákból.

A mérések hibái víztartalmi korrekció alkalmazásával csökkenthetők.

$$K [\%] = \frac{W_{\text{labor}} - W_{\text{műszer}}}{W_{\text{műszer}} + 100} \cdot 100$$

A víztartalmi korrekciós tényező megállapítására a vizsgált talajfajta a mérőkészülékkel négy vagy több helyen kell mérést elvégezni, majd minden mérési helyről legalább 150 g tömegű zavart talaj-mintát kell venni.

A talajmintákat a (MSZ 14 043-6, MSZ EN 13 286-1, vagy MSZ EN ISO 17 892-1 szerinti) víztartalom-meghatározás céljából laboratóriumba kell szállítani ügyelve arra, hogy azok szállítás közben ne veszítsenek víztartalmukból.

A korrekciós tényező a következőképpen számítható: A végleges K érték a négy vagy több talaj-minta mérési átlaga. A K értékkel módosítani kell a megvizsgált talajra vonatkozó műszerrel mért víztartalom értékét, és új száraz térfogatsűrűséget kell számolni. A korrekciót akkor kell alkalmazni, ha a két víztartalom értéke 1 százaléknál nagyobb mértékben tér el egymástól.

M4. Helyszíni mérés különleges körülmények között

Munkaárkok, gödrök, nagytömegű függőleges építmények (pl. hídpillérek) melletti földvisszatöltések tömörségének megállapítása.

M4.1. Falhatás távolságának megállapítása

A lapszondák mérési eredményeit a falhatás jelentősen befolyásolja. A leggyakrabban használt tömörségmérő készülékekben a víztartalom mérése lapszonda üzemmódban történik, a falhatás következtében megnövekszik a reflexió, a készülék a valóságnál magasabb impulzusszámot detektál, így a víztartalom értéke is nagyobb.

A faltól egy adott távolság után már megszűnik a falhatás. A falhatás távolsága meghatározható minden tömörségmérő készüléknél:

Készítsen vízszintes helyen egy szabályos mérési helyet ott, ahol eredetileg nincs függőleges fal (árok oldal). Állítsa mérőhelyzetbe a tömörségmérő készüléket. Építsen tömör téglából, betonkockából, árokburkoló lapból stb., 1 m hosszú, 60–80 cm magas ideiglenes falat közel (5–10 cm) a készülék sugárforrás legközelebbi oldalához, végezzen így egy szabályos mérést. Addig folytassa a fal távolságának növelését a készüléktől, míg a mérési értékek nem mutatnak egy azonoshoz közeli átlagértéket. Határozza meg ezek alapján azt a távolságot, amelytől kezdve a mérési értékek már azonosnak tekinthetők.

A készülék mind a négy oldala mellett elvégezve az előbbi méréssorozatot, megállapítható a falhatások elkerülésére szolgáló legkedvezőbb mérési helyzet.

M4.2. Kombinált mérési módszerekkel üzemelő készülékeknél

Tűszondás nedves térfogatsűrűség és lapszondás víztartalom mérés – a mérés helyéről vett talajminta víztartalmi korrekciós eljárásra is alkalmazható.

M4.3. Rézsútömörség mérése

A rézsú talajának tömörségmérésénél a ferde mérési felület okoz mérési nehézségeket. A mérések biztonságosan a következőképpen végezhetők el:

- új töltésrézsú esetén a rézsú talaja egyszerűen úgy tömöríthető, ha a töltést a tervezettnél szélesebbre építik, miközben rétegesen tömörítik, ezáltal a későbbi rézsúfelület is tömörödik. A koronaszintig megépített a töltést később a kívánt rézsúsíkra visszanyesik;
- a rézsútalaj tömörségét ekkor töltésépítés közben a leendő rézsúsík vonalában a mérési tervben meghatározott szinteken kell az 5.4.1. szerinti mérési módszerrel meghatározni;
- a már kész töltés- és bevágási rézsúk talajának tömörségmérése az esetleges humuszréteg eltávolítása után a rézsúban létesített kutatógödörben történik. A kutatógödör mértékének meghatározása és a mérés során figyelembe kell venni a függőleges felületek okozta falhatást. A mérések ezután az 5.4.1. és az 5.4.2. pontok szerint történjenek.

M5. Egészségügyi előírások

Radioizotópos tömörségmérők alkalmazási feltételei:

- A radiometriás tömörségmérés sugárveszélyes tevékenység, ezért csak az érvényes sugár-egészségügyi előírások betartásával üzemeltethetők az ilyen készülékek.
- A jelenleg hatályban lévő 487/2015. (XII. 30.) kormányrendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről rendelkezik.
- Az izotópos mérőműszerben használt források négyféle sugárzásból tevődnek össze: alfa-részecske, béta-részecske, fotonok (gamma-sugárzás) és neutronok. A hordozható nedvesség- és sűrűségmérő műszerek általában cézium-137-et és amerícium-241/Be-t használnak, és ezek mind a négyféle ionizáló sugárzást produkálják. Az alfa- és béta-sugárzást a készülékek rozsdamentes acél sugárforrástartója elnyeli. Csak a neutron- és gamma-sugárzás jelent foglalkozási sugárterhelést.
- A radioaktív anyagok egy fontos jellemzője, hogy aktivitásuk idővel csökken. Egy radioaktív anyag felezési ideje ($T_{1/2}$) az az idő, amely ahhoz kell, hogy az atomok fele bármely adott tömegben elbomoljon. A cézium-137 a sűrűség, az amerícium-241/Be a nedvességtartalom mérésére szolgál. A Cs-137 felezési ideje 30 év, az Am-241/Be felezési ideje 432 év.
- A zártágvizsgálatot a műszerhez adott engedély írja elő, így, hacsak az engedély máshogy nem rendelkezik, tizenkét havonta legalább egyszer kell elvégezni a gépkönyvben leírtak szerint.

A szövegben említett és kapcsolódó magyar nemzeti szabványok, útügyi műszaki előírások és jogszabályok

Szabvány és útügyi műszaki előírás alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy jelent-e meg módosítása, helyesbítése, nincs-e visszavonva, vagy műszaki tartalmú jogszabály hivatkozik-e rá.

(Ellenőrzés időpontja a Magyar Szabványügyi Testület, a Nemzeti Jogszabálytár és a MAÚT Reader alapján: 2025. november)

MSZ 62-2:2017	Ionizáló sugárzás elleni védelem. 2. rész: A foton- és elektronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-3: 2017	–. 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-4:2017	–. 4. rész: Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris elektrongyorsítók alkalmazásakor
MSZ EN 13 286-1:2022	Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 1. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom vizsgálati módszerei. Bevezetés, általános követelmények és mintavétel (angol nyelvű)
MSZ EN 13 286-2:2011	–. 2. rész: A laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és a víztartalom meghatározási módszerei. Proctor-tömörítés
MSZ 14 043-6:1980	Talajmechanikai vizsgálatok. A talajt alkotó fázisok térfogat- és tömegarányai
MSZ 14 043-7:1981	–. A talajok tömöríthetőségének és tömörségének vizsgálata
MSZ 14 345-1:1983	<i>Nukleáris terminológia. Általános fogalmak</i> (visszavonva: 2021.5.1.)
MSZ 15 320:2004	Földművek tömörségének meghatározása radioizotópos módszerrel
MSZ EN ISO 17 892-1:2015/A1:2022	Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 1. rész: A víztartalom meghatározása 1. módosítás (angol nyelvű)

e-UT 06.02.11:2022 Közutak létesítésének általános geotechnikai szabályai

1991. évi XLV. törvény a mérésügyről

1995. évi XXVIII. törvény a nemzeti szabványosításról

1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról

2022. évi LXXI. törvény az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény és egyes kapcsolódó törvények módosításáról

127/1991. (X. 9.) kormányrendelet a mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról

487/2015. (XII. 30.) kormányrendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (visszavonva: 2022.5.27.)

16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról

2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

Jogszabályi véleményezésre 2026. január 6.