

Fosszilis energiahordozók vizsgálata

A fosszilis energiahordozók közül energia nyerésre a szeneket és a tüzelőolajokat kazánokban hőerőművekben, a dízel olajat (gázolajat) dízel motorban, a benzint szikragyújtásos motorban égetjük el.

A tüzelőanyagok vizsgálatait az alábbi csoportosításban nézzük:

- A felhasználás során lényeges tulajdonságok
- Az égéstermékek tartalmát befolyásoló tulajdonságok
- A környezetbe jutás esetén szükséges vizsgálatok

1. A felhasználás, tárolás, szállítás során a tüzelőanyag fontosabb tulajdonságait ismernünk kell.

1.1. A minta alapvető fizikai tulajdonságai: sűrűség, folyékony tüzelőanyagoknál szilárd szennyezés, viszkozitás, lobbanáspont (nyílt téri, zárt téri), gyulladáspont, zavarosodási pont, dermedéspont, hideg szűrhetőségi határhőmérséklet, gőznyomás, szín, Conradson szám, desztillációs görbe. Dízel olaj anilinpontja, cetánszáma.

1.1.1. A folyékony tüzelőanyagok megengedett sűrűség határait szabvány írja elő. A sűrűségből következtetéseket lehet levonni a termék kémiai összetételére vonatkozóan is. A sűrűség nem nagy hőmérséklet tartományban közel lineárisan változik a hőmérséklettel, ezért a mért sűrűség és a mérési hőmérséklet ismeretében ki lehet számítani a 20 °C-hoz tartozó sűrűséget:

$$d^{20} = d^t + k * (t - 20)$$

azaz a 20 °C-hoz tartozó sűrűséget megkapjuk, ha a t hőmérsékleten mért sűrűséghez hozzáadjuk az 1 °C-hoz tartozó sűrűség változásnak (k) és a mérési hőmérséklet 20 °C-tól való eltérésének (t-20) a szorzatát. A sűrűségtartománytól függő (k) sűrűséghelyesbítési tényező értékét táblázat tartalmazza. A mérést laboratóriumban legegyszerűbben areométerrel mérjük. A tiszta és száraz areométert felső végénél fogva óvatosan behelyezzük a mérendő folyadékot tartalmazó, megfelelő átmérőjű mérőhengerbe s megvárjuk, amíg a hőmérséklet a folyadék és az areométer között kiegyenlítődik, a műszer beáll. Leolvasáskor szemünk a meniszkusz szintjével legyen egyvonalban. Minden areométer csak bizonyos sűrűségi határok között használható. Ha a vizsgálandó anyag sűrűségének nagyságrendje előre nem tudható, akkor a legnagyobb sűrűség tartományt átfogó kereső areométerrel előzetes mérést végzünk, s ennek ismeretében választjuk ki a szűkebb sűrűségtartományra készült pontosabb műszert. Használható még sűrűségmérésre a Mohr-Westphal-féle hidrosztatikai mérleg vagy a piknométer is. Sorozatmérésekhez ipari körülmények között használatosak a rezonancia frekvencia mérésén alapuló automata sűrűségmérők. A rezonancia frekvenciát a viszkozitás is befolyásolja, de ezt a mai készülékek korrekcióba veszik. Pontosságuk eléri a $10^{-4} - 10^{-5}$ g/cm³-t.

1.1.2. A szilárd szennyezést szemrevételezéssel vagy szűréssel vizsgáljuk.

1.1.3. A folyékony tüzelőanyag felhasználhatóságát befolyásolja a viszkozitása, mely folyadékokban a belső folyadékrétegek egymáshoz képest való elcsúszásánál fellépő – súrlódás jellegű – mozgást gátló ellenállás. Newton törvénye szerint az F súrlódási erő az A súrlódó felületen

$$F = \eta * \frac{dv}{dx} * A$$
 ahol $\frac{dv}{dx}$ a sebesség gradiens, azaz a súrlódó felületek sebességkülönbségének és távolságának a hányadosa (pontosabban ennek határértéke), η (éta) pedig a folyadék belső súrlódási együtthatója, azaz (dinamikai) viszkozitása. Mértékegysége a Pa·s (Pascal-szekundum), de a gyakorlatban legtöbbször az ezredrészét, a mPa·s-t használják. A 20 °C hőmérsékletű víz viszkozitása közelítően 1 mPa·s. Régebbi, ma már nem ajánlott, de ennek ellenére használt mértékegység a poise (P). 1 cP (centipoise) = 1 mPa·s. A folyadékok viszkozitása a hőmérséklet emelkedésével csökken, míg a nyomás növelésével nő. A viszkozitás mérése a fenti alaptörvényből levezethető egyenletek alapján működő készülékek segítségével történik. Ennek alapján működik a Höppler-féle és általában minden esősúlyos viszkoziméter. A Höppler-féle viszkoziméterben a vizsgálandó olajat üvegcsőben helyezik el és ebben különböző súlyú golyókat ejtenek le. Méri a golyónak a két bekarcolt jel közötti leesési idejét, amiből a viszkozitás kiszámolható. Szintén használatosak dinamikai viszkozitás mérésére a rotációs viszkoziméterek, melyekben a folyadékba helyezett forgó alkatrészekre ható fékező erőt mérik. (Többnyire egy álló és egy forgó koncentrikus henger, melyek között a távolság olyan kicsi, hogy közöttük a folyadék áramlása laminárisnak tekinthető). A dinamikai viszkozitásnak (η) és az egyazon hőmérsékleten mért sűrűségnek a hányadosát kinematikai viszkozitásnak (ν , nú) nevezzük. Mértékegysége m²/s. Praktikus okokból milliomod részét, a mm²/s-t is használjuk, melynek szintén régebbi neve a cSt (centistokes). Egy folyadék dinamikai viszkozitásának számértéke mPa·s-ban kifejezve a kinematikai viszkozitásának mm²/s-beni nagyságrendjébe esik. Mérésére elterjedt módszer a módosított Ostwald-féle kapillár viszkoziméter. A mérés során a szabványos készülékben adott mennyiségű folyadékot az adott kapillárison folytatunk át és mérjük az átfolyási időt, mely arányos a kinematikai viszkozitással. Így az átfolyási időt megszorozva egy megfelelően választott arányossági tényezővel, megkaphatjuk a viszkozitást. Az arányossági tényező neve műszerállandó, melynek értékét ismert viszkozitású folyadék átfolyásához szükséges időből számolják vissza (kalibrálás).

- 1.1.4. A lobbanáspont a folyékony tüzelőanyagok jellemzője. Az a 101.3 kPa (~1 bar) légköri nyomásra átszámított legalacsonyabb hőmérséklet °C-ban, melyen a vizsgálati minta gőzeiből, előírt vizsgálati körülmények között a szabványos készülékben annyi gőz keletkezik, hogy a körülötte lévő levegővel elegyedve láng közelítésére az anyag egész felületére kiterjedően ellobban. Azt a hőmérsékletet, melyen a minta meggyullad, gyulladáspontnak nevezzük. A méréshez használt szabványos készülék kialakításától függően nyílt téri és zárt téri lobbanáspontot különböztetünk meg. Leggyakoribb a Marcusson ill. Cleveland szerinti nyitott tégelyes módszer, és a Pensky-Martens szerinti zárt tégelyes módszer alkalmazása. A módszer elnevezése a mintatartó tégely elhelyezésére utal. A laborgyakorlaton Pensky-Martens készülékkel mérünk. A mérést teljes részleteiben ismertető szabvány a laboratóriumban megtekinthető. A készülékben a vizsgálati mintát lassan, állandó sebességgel, folyamatos keverés mellett melegítjük egy fedéllel lezárt tégelyben. Szabályos hőmérséklet intervallumokban a tégelybe gyújtólángot vezetünk egy nyíláson keresztül, a keverés egyidejű megszakításával. A minta felszíne feletti gőzök ellobbanásakor mért hőmérséklet a lobbanáspont.

A gyújtóláng közelítése pillanatában a készülék automatikusan nyílik és az észlelést ezúton teszi lehetővé. A zártterű készülékben mért lobbanáspont rendszerint alacsonyabb, mint a nyílttéri lobbanáspont, hiszen zárt térben a minta gőzei hamarabb érik el a fellobbanáshoz szükséges koncentrációt. A mért értéket normál légköri nyomásra számítjuk át: Korrigált lobbanáspont = észlelt lobbanáspont + $0.25(101.3-p)$ ahol p a vizsgálatkor a laborban fennálló légköri nyomás kPa-ban. Lényegében ugyanezek az elveken működnek a gyors sorozatméréseket lehetővé tevő automatizált készülékek is. A hőmérséklet beállítását, mérését, a gyújtást elektronika vezérli ugyanúgy, mint a lobbanáspont érzékelését (ionizációt érzékelő gyűrűvel). Hitelesítéshez és jogilag bizonyító erejű méréshez az eredeti kézi mérést kell elvégezni.

1.1.5. Zavarosodási pont, dermedéspont:

Az ásványolaj termékek zavarosodási pontja az a hőmérséklet, amelyre a mintát megszabott körülmények között lehűtve, a paraffin vagy más szilárd anyag tartalom kikristályosodása vagy az oldatból történő kiválása megkezdődik, a termék zavarossá válik. Dermedéspont az a hőmérséklet, amelyen a vizsgált termék megszabott körülmények között a nehézségi erő hatása alatt már nem folyik. A meghatározást 180 mm magas és 40 mm átmérőjű lapos fenekű kémcsőben végezzük. A mintát vízmentesen (!) a vizsgálati kémcsőbe jelig (kb. 45mm) töltjük, majd hőmérővel ellátott parafa dugóval lezárjuk. A kémcsövet a minta dermedéspontjánál 10 °C-al magasabb, de legalább 50 °C hőmérsékletre melegítjük és tíz percen át ezen a hőmérsékleten tartjuk az esetleges paraffin kristály góccok megszüntetése céljából, majd szabványban leírt sebességgel és körülmények között hűtjük, s mérjük a homályosodás ill. zavarosodás kezdetéhez tartozó hőmérsékletet. Dermedéspont mérésekor a kémcsövet rövid időre kiemeljük a hűtő közegből és óvatosan megdöntve megállapítjuk, hogy a folyadék felszíne elmozdul-e (a hőmérőnél dudorodás látható-e). A dermedéspont az a hőmérséklet, amelyen a kémcsövet 10 másodpercen át vízszintesen tartva a folyadék felszíne nem mozdul el.

A sorozatmérésekre alkalmas automatizált készülékekben elektronika szabályozza a hőmérsékletet, szenzor érzékeli a dermedéspontot (pl. légnyomás mérésére visszavezetve) és a zavarosodási pontot (foto elektronikai úton)

1.1.6. Hidegszűrhetőségi határhőmérséklet:

Fokozatosan hűtött mintát egy szabványos szűrőn szivattyúznak át. A mintából (gázolaj) kiváló paraffinok a szűrőt fokozatosan eltömik. Amely hőmérséklet elérésekor az átszivattyúzott mennyiség egy megadott szintre csökken, elértük a hideg szűrhetőségi határhőmérsékletet. Értékéből az üzemeltetés legalacsonyabb hőmérsékletére tudunk következtetéseket levonni. Mérése hagyományos módszerrel, vagy automatizált készülékben történik. Az automatizált készülékekben érzékelőként újabban foto elektronikai megoldást is alkalmaznak.

1.1.7. Gőznyomás mérése Reid szerint:

A benzin gőznyomásán a Reid készülékben a telített benzingőzöknek 38 °C-on mért nyomását értjük. Mértékegysége kPa. A készülék két hengeres fém kamrából (alul a kisebb benzinkamra, fölötte a nagyobb levegőkamra) és manométerből áll. Méretei szabványban rögzítettek. Az eredmény kiszámításához a levegőkamrában lévő levegő és a telített vízgőz

nyomásának változása miatt korrekcióra van szükség. A korrekciót táblázat felhasználásával számoljuk, illetve az automatizált készülékek ezt korrekcióba veszik. Az automatizált készülékek a nyomást félvezető alapú nyomásérzékelővel mérik.

1.1.8. Szín:

A szín folyamatos mérésével a termék minőségében bekövetkező változás könnyen észrevehető. Mérése koloriméterekkel egyszerű, jól automatizálható.

1.1.9. Conradson

szám:

Conradson számon azt a tömegszázalékban kifejezett kokszmennyiséget értjük, amely az ásványolajtermék szabványos készülékben való elégetésekor keletkezik. A szabványos készülék egy házzal ellátott, kettős fém tégely, amelybe a mintát tartalmazó porcelán tégelyt helyezünk. Gázégővel alulról hevítve a gőzök meggyújthatók, majd tovább hevítve a kokszt marad a tégely alján. A hőmérsékletet és a műveleti időket szabvány rögzíti.

1.1.10. Dízel

olaj

anilinpontja,

cetánszáma:

Az anilinpont az egyes szénhidrogének jellemző állandója. Az anilinpont meghatározásának alapja, hogy különböző homológ sorokba tartozó szénhidrogének poláros oldószerben nem egyenlő mértékben oldódnak. Szénhidrogén párlatot anilinnel összehozva két külön fázis figyelhető meg. Ezt a folyadékrendszert a fázisok teljes elegyedéséig felmelegítve megállapíthatjuk azt a hőmérsékletet, amelyen a szénhidrogének és az anilin teljesen oldódnak egymásban. Ezt a hőmérsékletet nevezzük anilinpontnak. A vizsgálat során 1 ml szárított anilint és 1 ml ásványolajterméket mérünk ampullába, majd leforrasztjuk és gumigyűrűvel hőmérőre erősítjük. Az ampullát fürdőben hűtjük, majd a zavarosodáshoz tartozó hőmérsékletet leolvassuk. A mérés automatizálása a zavarosodási pont méréséhez hasonlóan oldható meg. Az anilinpontból számolható az un. dízel index, mely a dízel motorokban használatos gázolaj gyulladási hajlamának egyik számszerűsítése.

Szintén a gyulladási hajlam jellemzésére szolgál a gázolaj cetánszáma. A vizsgált gázolaj cetánszáma egyenlő a vizsgált motorban vele azonos égési tulajdonságokat mutató normál-cetánból (cetánszáma=100) és alfa-metil-naftalinból (cetánszáma=0) készült elegyben lévő cetántartalom térfogatszázalékban kifejezett értékével. Pontos meghatározása drága vizsgálati motorokban történik, de gyakorlati felhasználásra kielégítő pontosságú eredményt szolgáltat a 20 °C-on mért sűrűségből és az átlagforrpontról nomogram segítségével megállapított cetánszám.

1.1.11. Lepárlási próba során felvett desztillációs görbe:

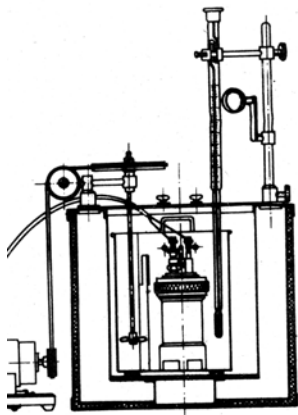
A meghatározás célja annak megállapítása, hogy a vizsgálandó minta milyen hőmérséklet határok között desztillálható le, s milyen a különböző forrpontról párlatok megoszlása. A használható készülékek pontos adatai szabványokban definiáltak. A desztilláció során 100 ml mintából mérjük a kezdő forrpontról (első csepp lecseppenésének a hőmérséklete), az 5, 10, 20, 80, 90, 95 % átdesztillálásának hőfokait, és a végforrpontról (legmagasabb desztillációs hőmérséklet). Lemérjük a desztillációs maradékot, az átdesztillált mennyiséget, kiszámítjuk a veszteséget. Átlagforrpontról kiszámításához az 5, 15, .. 85, 95 % forrpontról átlagát számítjuk ki (=numerikus integrálás trapéz módszerrel). A próba jól automatizálható, a szabványos készülékek mellett sorozatmérésekre automatikus desztilláló készülékek kaphatók. A

meniszkusz mérésére alkalmazott módszer pl. a fotoelektronikus érzékelés pulzáló motorral.

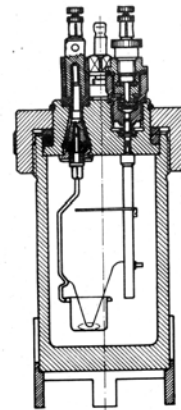
1.2. Az égéshő és fűtőérték:

Égéshő az a hőmennyiség, amely a minta tömegegységének tökéletes elégetésekor felszabadul, ha a minta hőmérséklete az elégetés előtt, valamint az égéstermékek hőmérséklete az elégetés után egyaránt $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ és a minta C-tartalma széndioxid, S-tartalma kéndioxid alakjában van jelen az égéstermékben, továbbá a minta eredeti nedvességtartalma és az égés során keletkező víz egyaránt cseppfolyós halmazállapotú. Az energetikai gyakorlatban az égés után a minta eredeti nedvességtartalma és az elégetés során keletkező víz nem cseppfolyós, hanem gőz halmazállapotban van jelen a füstgázban. Ezért definiálták a fűtőérték fogalmát. A fűtőérték annyiban különbözik az égéshőtől, hogy az eredeti és a keletkezett víz gőz halmazállapotú, tehát nem tartalmazza víz kondenzáció hőjét, tehát az égéshőnél kisebb.

Az égéshő meghatározása kaloriméterekben történik. A Berthelot-Mahler kaloriméter külső edénye egy vékony falú nikkelezett tartály, mely a sugárzó hő visszatartására tükörfényesre van polírozva. A környezettel való hőcsere megnehezítése céljából kettősfalú, vízzel töltött köpeny veszi körül. A kaloriméter edény (1. ábra) szolgál annak a vízmennyiségnek a befogadására, amely átveszi a benne elhelyezett kaloriméter bombától a minta elégetése során fejlődő hőt. A vizet keverni kell. Az edényben helyezük el a kaloriméter bombát (2. ábra), ami a berendezés legfontosabb része. Ötvözött acélból készült, vastagfalú, kb. 300 ml-es hengeres edény. Fedele kézzel zárható és nyitható. A minta és 10 ml víz behelyezése, s a fedél lezárása után 3 Mpa nyomású oxigénnel töltjük. A jó tömítést a nyomás hatására záródó gumigyűrű biztosítja. A bomba fedelébe szerelt szigetelt elektród vége kör alakban meg van hajlítva, ez tartja a mintát tartalmazó égető edénykét. Másik elektródként a töltőszelep szolgál.



1. ábra
Berthelot-Mahler kaloriméter



2. ábra
kaloriméter bomba

A töltőszelep bevezető csöve és a szigetelt elektród között vékony, 0.15 mm-es vasdrótot feszítünk ki. A gyújtást a két elektródra kapcsolt árammal végezzük. Az áram hatására a drót felizzik, elég és meggyújtja a dróra hurkolt vékony

pamutszálat, amelynek vége a mintával (a szénnel) érintkezik. A mintát a pamutszál gyűjtja meg. A vizsgálat elő- fő- és utókisérletből áll. Az előkísérlet alatt percenként 0.002 fokra pontosan kell leolvasni a kaloriméter víz hőmérsékletét, hatszor. Ekkor következik a gyűjtés és a főkísérlet. Továbbra is percenként olvassuk le a hőmérsékletet, amíg az emelkedés meg nem szűnik. Az ezt követő utókísérletben még további 5 percig olvassuk le percenként a hőmérsékleteket. A kapott idő-hőmérséklet S alakú görbéből megkapható az égés során bekövetkezett hőmérséklet emelkedés, s a kaloriméter hőkapacitásának felhasználásával az égéshő kiszámítható. A környezet hőközlésének korrekciójára több módszer is ismeretes. A kaloriméter hőkapacitását (az a hőmennyiség, ami a kaloriméter hőmérsékletét 1 °C-al megemeli) ismert égéshőjű anyag elégetésével kell kimérni. A bombában lévő víz szulfáttartalmának (bombakén) meghatározásával (pl. báriumos lecsapás) a minta kéntartalmára lehet következtetni, de ez nem a teljes kéntartalom, mert pl. a szulfátok nem égnek el a bombában.

- 1.3. Az összetétel: C, H tartalom, víztartalom: Meghatározása pl. égetésen ill. szárításon alapuló eljárásokkal történik. Részletesen nem ismertetjük. Sorozatmérésre automatizált műszerek használhatók.
- 1.4. A szénlánc szerkezete szerinti összetétel: Számos módszer áll rendelkezésre, a tájékoztató jellegű mérésektől a komoly műszeres mérésekig. Részletesen nem ismertetjük.
- 1.5. Kémiai tulajdonságok: oxidáló, korrodáló hatás: A mintában lévő korrozív vegyületek (pl. kénhidrogén) meghatározása szintén számos módszerrel lehetséges. A jelenlétet rézlemez vagy ezüstlemez próbával is megállapíthatjuk. Mérhetjük a savasságot titrálással, mg KOH/100 ml egységben.
2. Az égés égéstermékek tartalmát befolyásoló tulajdonságok
 - 2.1. Kéntartalom: Környezetvédelmi szempontból nagyon fontos. A tüzelőanyag kéntartalma kéndioxid esetleg kéntrioxid formájában a füstgázzal a környezetbe kerül és savas kémhatása miatt azt jelentősen károsítja. Nagyrészt a kénnek tulajdonítják a savas esők kialakulását. Ezért a tüzelőanyag kéntartalmát ismerni és lehetőség szerint csökkenteni kell. A kéntartalom mérése számos hagyományos és műszeres analitikai módszer áll rendelkezésre. A mintát magas hőmérsékleten (1000 °C fölött) elégetve az összes kéntartalom átalakul kéndioxiddá, ami mérhető. Mérése pl. elektrokémiai cellában is megoldható. Az elektródreakció által szolgáltatott áramerősség arányos a minta eredeti kéntartalmával. Manapság az XRF (röntgen fluorescens spektrométer) alapú készülékek használata terjed. A mérés elve, hogy a mintát röntgensugárzásnak teszik ki és mérik a minta által kibocsátott röntgensugárzás hullámhosszát vagy energiáját. Ha a kéntartalom a füstgázba került, számos módszer ismert a megkötésére. Az alapprobléma persze nem oldódik meg: a semleges kémhatású ként az ember savas kémhatású vegyületté oxidálta. Megkötése lúggal lehetséges, de ennek előállítása során a természetben valahol közvetve sav is keletkezik. Ha ez szén-sav, (mész-szel való megkötés felhasználható gipsz alakjában) akkor a problémát a légkör széndioxid tartalmának növelésére konvertáltuk, ami persze jelenleg sokkal kisebb probléma. A tökéletes megoldás az lenne, ha a kén-t visszaalakítanánk semleges kémhatású

elemi kénné. Bár van ilyen módszer (NaOH-s megkötés), de a kenet itt is felhasználásra értékesítik, ami azt jelenti, hogy valahol oxidálódva a környezet savasságát növeli.

2.2. Fém tartalom:

Mérése a legújabb XRF készülékekkel gyors, kényelmes de ma még drága. Kapható revolver méretű és alakú kézi műszer, ami a nátriumtól az uránig képes az elem analízisre. Roncsolás mentesen működik és az eredményt gyorsan digitális formában szolgáltatja (~10MFt !). Az égéstermékbe került nehézfém tartalom környezetre ártalmas, ezért mérni és csökkenteni kell. A módszerek széles skálán mozognak, s az adott elemtől függenek.

A Hg illékonyága miatt a füstgázba kerül. A környezet higanyterhelésének (világszinten évente néhány ezer tonna) zömét a széntüzelésű erőműveknek tulajdonítják. Az élővizekbe kerülve a nagyon veszélyes metilhigannyá alakul és az élő szervezetekbe beépül. A környezetbe jutás pl. a környék kagylóhéjainak elemzésével hosszú idő eltelte után is bizonyítható vagy cáfolható. A kémény füstjében a higany tartalom csökkentésére pl. amalgámképződésen alapuló kutatások is folynak

Az egyéb fémek megítélése változó. Vannak a szervezetbe beépülő (májba, vesébe), kétségkívül mérgező fémek. Ezek közé tartozik pl. az ólom, kadmium, króm, nikkell. Változó a megítélése pl. a cinknek és az alumíniumnak, ezüstnek, aranyak. A cink szükséges az élő szervezet számára, a magyar közép-alföldi földek enyhén cinkhiányosak. Kapható olyan, magas cinktartalmú gyógyhatású készítmény, aminek rák megelőző tulajdonságot tulajdonítanak. Az alumíniumot általában nem tartják károsnak, de újabban egyes kutatók rák kockázat növelő tulajdonsággal ruházták fel. Az ezüstöt manapság egyes orvosok rák megelőző és általános fertőtlenítő hatása miatt kedvezőnek tartják. Az aranyak is tulajdonítanak pl. a gyógyíthatatlan ízületi gyulladás kezelésében szerepet. Mindezek ellenére inkább legyünk óvatosak és lehetőleg minél kevesebb károsnak (is) tartott anyagnak a környezetbe jutása érdekében tevékenykedjünk. Az urán a szénekben gyakran előfordul. A dunántúli szének egy része magas urántartalmú, ennek ellenére salakját régebben építkezéseknél felhasználták. Az urán legveszélyesebb szálló por alakban, mert belélegezve a szervezetbe beépül és alfa sugárzásával nagyban növeli a rák és a születési rendellenességek kockázatát. Ugyanakkor az urán nagy sűrűsége és keménysége miatt páncéltörő fegyverek külső borítására is alkalmas. Az alkalmazását tiltó ENSZ felszólítást nem minden állam tartja be. Így került a közelmúltban térségünkben is jelentős mennyiségű urán a környezetbe, komoly hányada szálló por alakjában. Ehhez képest az erőművi szennyezések nem jelentősek.

3. A környezetbe jutás esetén szükséges vizsgálatok: talaj és vízvizsgálatok. A talajba került szennyező olaj mérésére a talajból kiszívott levegő és a víz elemzése ad lehetőséget, pl. gázkromatográfiás módszerrel. A szennyezés korára is lehet következtetni az összetételből: a poliaromás és hosszú szénláncú szénhidrogének magasabb aránya régebbi szennyeződésre utal, mert ezek a komponensek bomlanak le lassabban biológiai úton.