

ROTHASZTÓK ÉPÍTÉSE

A SZENNYVÍZTISZTÍTÁS NAGYMŰTÁRGYAI

Dr. Juhász Endre CSc.

Aki egy kicsit is járatos a szennyvíztisztítás szakterületében, annak feltétlen hozzátartozik ismeretéhez, hogy az iszapkezelés, - ezen belül a rothasztás - a folyadéktisztítás másodika, de egyáltalán nem másodrendű lépcsője. Speciális létesítményei eltérnek a nyitott medencés, nagyobb alapterületű műtárgyaitól. A rothasztók nem egyedülállóan képviselik az iszapkezelés fogalmát, ugyanis számos egyéb kiegészítő technológiai berendezés tartozik hozzá, ám e területnek az az „uralkodó” létesítménye, melynek kivitelezése sajátos igényeket támaszt az építők elé. E cikk csupán a látványos rothasztó reaktor” létrehozásával kíván foglalkozni.

A rothasztás rendkívül összetett feladat, ennek következtében építő és építészmérnök, gépész-, biokémikus-, energetikus és automatizáláskiemelő összetett munkája hozza létre, amit üzemeltetésre szakosodott műszaki gárda kell, hogy feladatát betöltse.

A hazai és az uniós követelményeknek is megfelelő szennyvíztisztító telepek működtetése egyre költségesebb.

A szennyvíz- és az iszapkezelés valamennyi művelete több-kevesebb energiát igényel. Számottevő energiatermelés csak a rothasztás (anaerob iszapstabilizálás) melléktermékéből, a biogázból lehetséges.

A biogáznak közel kétharmada metán, egyharmada széndioxid és kisebb mennyiségű hidrogént, kénhidrogént, oxigént és nitrogént is tartalmaz. 1 kg szervesanyag lebontásakor 750-1000 l gázhozamra lehet számítani. A rothasztóba betáplált szervesanyagra vonatkoztatva ez az érték 400-500 l/kg. Az átlagos összetételű biogáz fűtőértéke 6-6,4 kW/m³ a metántartalomtól függően.

A kisebb tisztítótelepeken a biogázt kazánokban elégetve tüzelőanyagként hasznosítják. A kazánokkal meleg vizet állítanak elő, s ezzel fűtik a rothasztókat és elégítik ki a telep egyéb hőigényét.

A nagyobb telepeken generátorral egybeépített gázmotorokkal villamosenergiát állítanak elő, a motorok hulladékhőjét pedig fűtési célokra használják fel. Az így előállított energiával a vásárolt energia mennyiségét csökkentik. Sok helyen a biogáztermelést az iszapoknak, magas szervesanyag tartalmú és zsírszerű anyagoknak együttes rothasztásával növelik. (Dél-Pest, Észak-Pest, Miskolc, Pécs stb.)

A rothasztás előnyei azonban nem csak energetikai jellegűek. Rothasztásnál az iszap szervesanyagának mintegy fele lebomlik, megszűnik a bűzös volta, mennyisége harmadával csökken. Az iszapban lévő kórokozók, féregpeték és patogének közel 90 %-a elpusztul és a maradék életképessége is gyengül.

A rothasztott iszap minősége tartósan állandó jellegű, ami a víztelenítést könnyebbé teszi, hogy a munkaszüneti napokra, vagy üzemzavar esetén a víztelenítést szüneteltessék. (Boda János írása)

A rothasztás célja az első lépcsőben végbe-
menő folyadékfázis tisztítása során keletkező
biomassza, vagy népszerű nevén szennyvízi-
szap oly módon történő kezelése, hogy azt
a továbbiak folyamán valamilyen formában és
céllal tárolja és előkezelésként annak haszno-
síthatóságához hozzájáruljon. Közismert, hogy
a szennyvíziszap energia alapanyag, mely meg-
testesülhet mind elektromos-, mind mezőgaz-
dasági „termelő energia” formájában. Nagy kár,
hogy a társadalmi előítélet ezzel az alapanyag-
gal kapcsolatban annyira negatív, annak ellené-
re, hogy lényegében minden tiltakozó egyed
az anyag előállításában „kistermelő”.

E nagyméretű zárt építményeknél különösen
fontos, hogy az igen gyakori építészetileg is
tetszetős forma, és a szakmai szemponto-
kat alapvetően kielégítő funkció összesimul-
jon, azaz egyik se menjen a másik rovására.
Ahogy a templomtornyok, a víztornyok ki-
emelkednek egy-egy település látósíkjából,
ugyan úgy esztétikai térélményt nyújtanak
a települések szélén látható és kiemelkedő
különböző kreativitású rothasztó tornyok is.
Nem véletlen az ipar azon törekvése, hogy
e lenézett funkciót betöltő nagyméretű mű-
tárgyak külső megjelenése ne „monstrum”
jellegű legyen, hanem növelje akár közlőről,
akár távolról nézve a kellemesebb látványt.

A cikk azt a célt tűzte maga elé, hogy az ol-
vasó belekukkantson abba a munkába, ahogy
a külső forma, azaz a „kabát” hogyan jön létre
és szolgálja a nem látható belső reakciókine-
tikai folyamatokat.

Tervezők és építők hada igyekszik megfor-
málni a gazdasági-, technológiai-, kivitelezési
szempontoknak leginkább megfelelő opti-
mális alakot.

Mint minden, az idők folyamán, e műtár-
gyak is nagy fejlődésen mentek át akár épí-
tési anyag, akár kivitelezési technológia, akár
különösen a benne lejátszódó folyamatok és
azok automatizálása vonatkozásában.

A műtárgyban létrejövő biogáz mérgező és
robbanó anyag, a biztonság a későbbiekben
azzal foglalkozók számára már a megépítés,
próbaüzem során is fokozott figyelmet kö-
vetel.

Melyek azok az alapvető igények, amelye-
ket a tervezéstől a kivitelezésen túlmenően
az üzemeltetés folyamán is feltétlen figyelem-
be kell venni.

*A legfontosabb, egyben mérnök etikai kérdés,
hogy ne a beruházó fővállalkozónak „spórol-
jon” a tervező további megbízás elnyerése
érdekében, hanem terveiben az **üzemelte-
tés érdekeit szolgálja ki.** A munka előkészí-
tése, tervezése egy-másfél év, a kivitelezés
két-három év, s amit az első kettő különbö-
ző megfontolások mellett „összehozott”, azt
különböző képesítésű és szakterületű gárda
negyven-ötven éven keresztül, hóban-fagy-
ban- napsütésben, egészségügyi veszélyezte-
tések között, gyakran minőségi követelmények
változtatása mellett is kell, hogy üzemeltesse.*

A rothasztók formatervezésének szempontjai:

- a fajlagos felület/térfogat arány csökkentés,
(anyagtakarékoság)
- áramlási holtterek kiküszöbölése, sarkok és
szegletek elhagyása (hasznos térfogat, ke-
verési szempontok),
- kúpos fenék kialakítás, (üledék kérdések...)
- iszapfelszín minimalizálása (felszíni „bőrösö-
dés” egyszerűbb visszakeverése...)

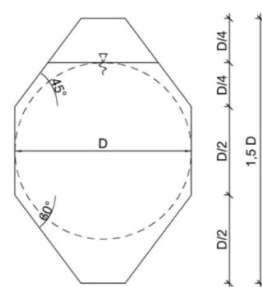
- helyi sajátosságok (rendelkezésre álló hely, talajviszonyok(alapozás), építési és biztonsági előírások, stb...

A rothasztók építésével kapcsolatban az alaki tényezőkön túlmenően két alapvető követelményeknek kell megfelelni:

- szerkezeti szempontok: az esetenként több ezer tonnás építmény alapozása, a falazat szilárdság-állékonysága, víz és gázzáróság, hő tartás, a folyamatos keveréssel okozta kopás (erózió) és vegyi hatással szembeni ellenállás, stb,
- technológiai szempontok: holt terek minimalizálása, keverők, csővezetékek- mérő-ellenőrző érzékelő berendezések helyes beépítése és rögzítése, biztonságos teherviselése, robbanás biztonság, üledék egyszerű eltávolítási lehetősége (időszakos kitakarítás), mintavételi lehetőségek kialakítása, biztonsági szerelvények, továbbá külső technológiai elemek szakszerű és biztonságos becsatlakoztatása, ill. kivezetése.

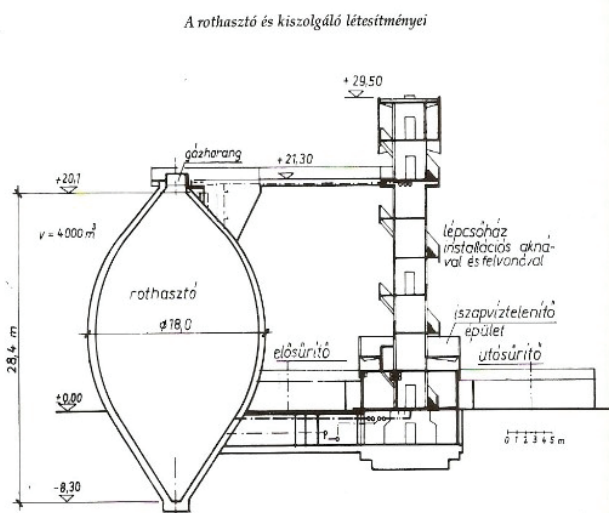
Az üzemeltetéshez számos egyéb kapcsolódó de különálló építmény (lépcsőház,

kezelőhíd, csőfolyosó stb..) is tartozik. Technológiai vonatkozásában meg kell említeni még a kazánházat a hőcserélőket, különböző feladatú szivattyúkat, „fázisválasztót”, ill. utósűrítőt, kigázosítót, a különböző recirkulációs- és gázzal kapcsolatos berendezéseket. Az előkészítő munka során meghatározandó a rothasztó(k) összes térfogat igénye, mely természetesen visszahat az építendő műtárgyak darabszámára. Mint minden – főleg zárt – technológiai létesítmény a forma meghatározásánál – amint az már fentebb is rögzítést nyert – irányadó egyben a hűlő felület csökkentése mellett a kivitelező gazdaságossági érdeke is, hogy a térfogat és a palást aránva kedvezőbb legyen (a gömb forma minél jobb megközelítése). Technológiai szempontokból ismételtlen kihangsúlyozandó, hogy ne legyenek kihasználatlan holt terek (pl. éles szögű falcsatlakozások),

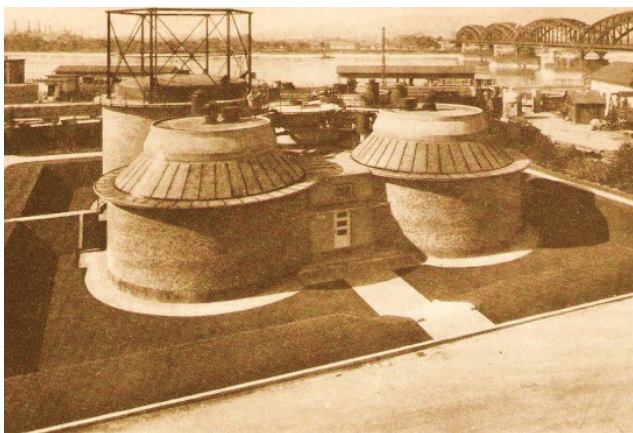


2. ábra a klasszikus forma kialakítása

a tárolt anyag (32-55 0C) hővesztesége minimális legyen (ez utólagos hőszigetelés felhordásával minimalizálható), a szubsztrátum folyamatos keverése a felületeket ne erodálja (különböző kopásálló anyag felhordásával biztosítható) stb. A klasszikus formánál a műtárgy átmérő és magasság aránya $D:1,5 D$ továbbá a „gáz légtér” magassága: $D/4$. Országoktól eltérően a kivitelezői felkészültség, felszerszámozottság, más területről átvett műszaki megoldások stb. az esztétikában is széles változatot produkálnak, melyet a felhasznált anyag (acél, acélbeton,) némiképp befolyásol, ám a falak szigetelésével való



1. ábra. A rothasztó kiegészítő műtárgyai



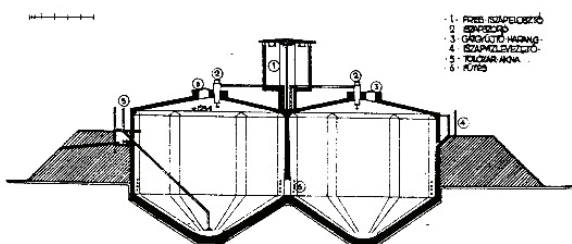
3. ábra. A ferencvárosi rácsszemét rothasztók

öltöztetés szép és érdekes megjelenést képes látványossá is tenni.

Történelmi visszatekintésként megemlíthető, hogy az első hazai rothasztó a Főváros Ferencváros-i átemelő telepén 1936-ban a rácsszemét számára acélkupola szerkezettel készült, azonban funkcióját nem töltötte be, hamarosan elbontásra került.

Ezt követően 1937-ben Pécs városa épített vasbeton szerkezetű rothasztókat, mely a telep többszöri „átköltöztetésével” feleslegessé vált, szanálásra került.

Az elmúlt időszak leggyakrabban alkalmazott szerkezeti típus a hagyományosnak számító hengeres törzs alsó felső kúpos résszel, az utófeszítéssel összefogott forgástest, valamint az olajtartályok alakjából átvett lapos fenekű hengeres felmenőfal, különböző



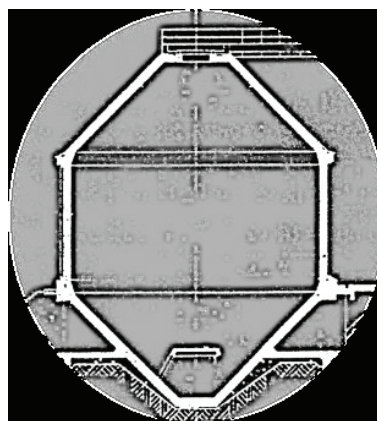
13. ábra. A pécsi szennyvíztisztító-berendezés rothasztótartályainak metszete.

4. ábra. A pécsi rothasztó metszete és földrézsűs hő szigetelése

anyagú lefedéssel. A műtárgyak anyaga az életciklus szem előtt tartásával beton vagy acél szerkezet. Az építőipar az illető ország nagyrészen technológiai felkészültségének függvényében a reaktor méreteihez is igazodva ezekhez alkalmazkodik.

A CSÚSZÓ ÉS KÚSZÓ ZSALUZÁS TÉRHÓDÍTÁSA...

A nagyműtárgyak építésekor valójában egyik legfontosabb kérdés a megfelelő zsaluzat megválasztása. Míg korábban a különböző anyagú kis- és nagytáblás megoldások dívottak, addig a 70-es évek elejétől különösen a kör alakú magasabb falú tartályok építésekhez, az egyszerűnek számító kevésbé élőmunka igényes, amellet jelentős fa zsaluzóanyag megtakarítással járó **csúszó zsaluzás** alkalmazása terjedt el. A klasszikusnak számí-



5. ábra A klasszikus forma metszete

tó rothasztó kialakításához - a hazai építőipar felkészültségéhez, tapasztaltságához igazodva - (lásd 3. ábrát) ez felelt meg akkoriban leginkább. Ennek alkalmazása során

a betont egy folyamatosan mozgó zsaluzatba táplálják, miközben a zsaluzat kis sebességgel függőlegesen emelkedik. Ez lehetővé teszi, hogy a szerkezet mozgása közben a beton megszilárduljon, a falazat biztonságosan megálljon. Az építmény típusától, valamint az eltérő időjárási viszonyoktól függően, a zsalu emelkedése naponta elérheti a 2-4 métert.

E technológia általában $5^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ között működtethető, azonban speciális védőkörnyezet biztosításával ez a hőmérséklet-tartomány növelhető. A betonozás szakaszossága, a bedolgozás hiányosságai miatt a beton tömörsége – főleg folyadékot tározó medencék esetében – gyakran nem volt megfelelő (víz-zárósági problémák stb.), ráadásul a zsaluzás felfelé mozgásakor a felület meglazult.

Az ipar emiatt áttért az ún. **kúszó zsaluzat** alkalmazására, amelynél ezeket a jelenségeket ki lehetett küszöbölni. A változás abban rejlik, hogy míg a csúszó zsalu felfelé mozgatásához az emelő szerkezet a „friss” betonra támaszkodik, addig a kúszó eljárásnál a zsaluzat emeléséhez külön állványzatot és mozgatót építenek be. Az eljárás alkalmas a gázkupola rész betonszerkezetének kialakítására is. A kúszózsaluzás mai technológiai színvonala biztosítja a betonszakaszoknál pl. a fugaszalagok alkalmazását, melyek segítségével a vízzáró- és gáztömör falazat elérhető. Mint az a 3. ábrából is kitűnik, a kupolák által létrejövő vízszintes gyűrűerőt a függőleges fal megerősítésére gerenda -esetleg rejtett gerenda – beépítésével biztosítják.

Városaink rothasztói a - hazai szűkebb építőipari kapacitáshoz igazodva - a Mélyépterv dr. Tóth László szabadalma alapján $D=12,0$ m átmérővel, zömében csúszó zsalus, utó-feszítéses eljárással, változó magasságban



6. ábra. Győri $2 \times 3\,750\text{ m}^3$ -es rothasztók



7. ábra. Az É-Bp szvt. kúszó zsaluzással épült rothasztói ($2 \times 12\,000\text{ m}^3$)



8. ábra. Kecskemét-i rothasztó együttes

épültek. Nagyvárosaink rothasztói, melyek térfogata már több ezer m^3 -t meghaladja, nagyobb átmérővel már kúszó zsaluzással készültek, melyek állékonyságát utó-feszítés biztosítja.

A múlt század utolsó harmadában épült rothasztóink, követve a klasszikus formát, már nem zsalutáblával, hanem az újabb eljárással épültek. Egyik jellegzetes példa erre a Kecskeméten épült 3 db. műtárgy közül az utóbb épített nagyobb ($2 \times 1\,000 + 2\,460\text{ m}^3$) anaerob reaktor amelyik már csúszó zsaluzással valósult meg.

A kúszó zsalus építési technológia kisebb élőmunkaigény mellett, rövidebb idő alatt, - mint fentebb már szerepelt - kedvezőbb minőség produkálható. A zsaluzat anyagtakarékos,

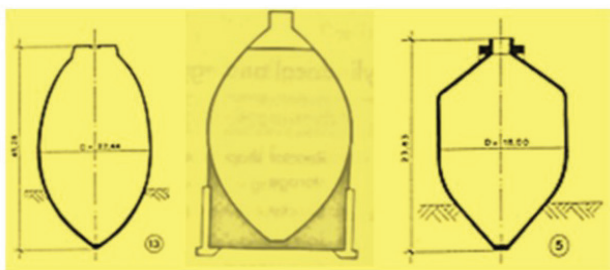


9. ábra

ui. többször is felhasználható. Így épültek hazánkban pl. az É-Bp. szvt. acélbeton rothasztói, Zalaegerszegen $2 \times 2 \text{ 280 m}^3$ vagy Bp-Központi telepen ($3 \times 6 \text{ 056 m}^3$) a technológiailag is igényesebb reaktorok.

ÉPÍTÉS FORGÁSTESTES ELJÁRÁSSAL

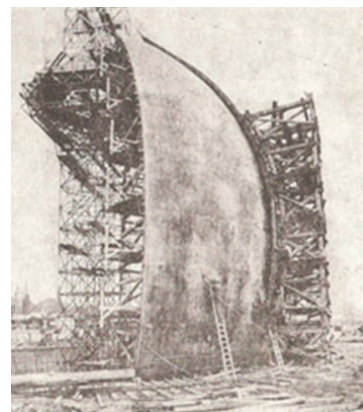
A "tehetősebb" és technikailag fejlettebb országok kifejlesztettek olyan építési eljárást, mely egyrészt a kivitelezés szempontjából anyag és élő munkamegtakarítást eredményez, másrészt a hosszútávú üzemeltetés számára kedvezőbb feltételeket biztosít. Természetes, hogy az életciklus tervezés során – bár a cél közös (minőségi munka), az építők és az üzemeltetők egyéni érdekeltsége eltérő – mind két fél számára optimális egyensúlyt igyekeznek létrehozni. A forgástestés építési



10. ábra. Körforgásos rothasztó formák (Dywidag típusok)

mód főleg nagyobb térfogatú reaktor igényeknél került előtérbe. (Nagyobb ország, nagyobb város, nagyobb lakosság, stb.)

A nagyobb térfogat igény mellett inkább a forgástest alakú (különböző körte-, tojásformák) látványos reaktorokat alkalmaznak. Ezek egyrészt igen kedvező hidraulikai tulajdonsággal rendelkeznek, másrészt mivel mindegyik oly formát ölt, hogy abba megközelítőleg egy gömb



11. ábra. Körforgásos rothasztó formák (Dywidag típusok)



12. ábra. Forgástestes rothasztó

rajzolható, ez által a térfogat és a felület (értse felhasznált betonanyag) aránya, mint már leírtuk, kedvezőbben alakul.

A forgástest formát egy központi vezéroszlopra szerelt 1/12- 1/16 körszegmens méretű „pajzs” alakú zsaluzat körbe forgatásával

érik el, majd a végén külső utófeszítéssel „stabilizálják”.

Külön megemlíthető az egyebek mellett nagyobb méretű ivóvíz tározók vagy rothasztókra specializálódott német Dywidag cég, mely szerte a világban épít látványosnak számító külső utófeszítéssel kialakított rothasztókat. A külső feszítési rendszer nem csak olcsóbb, de gyakorlatiasabb is. Ez biztosítja a szerkezet tervezőket arról, hogy abban az esetben, ha pl. előregyártott elemekkel építkeznek, a szerkezet élettartama alatt ellenőrizhetik és módosíthatják a feszültségeket. A külső feszítési rendszerek fejlődése megengedi a feszítő erők beállításán és a terhelésekhez való alkalmazásán túl, akár a pászmák cseréjét is, ha időben szükségessé válik. Ez az a pont amitől sok szerkezet tervező idegenkedik is, mert a későbbiekben megjelenő korrózió veszélyezteti a folyadéktározó állékony-ságát.

Magyarországon a forgástest építéstechnológiai kialakítására nem volt kivitelezői vállalkozás, ezért az előzőkhöz hasonló hidraulikai adottság elérésére a VÍZITERV



13. ábra. Forgástesthez hasonló rothasztó kialakítás magyarosítva Kaposváron ($2 \times 1\,000\text{ m}^3$)

(Juhász E.) szabadalmat dolgozott ki, mely két csonka gúla egymással szembeállításából állt (l. 11. ábra.). Igen kedvező hidraulikai tulajdonságai ellenére a '70-es évek elején az inséges anyagellátásra hivatkozva – a zsaluzat nagy fa igénye miatt – az építőipar kedvezőtlenül fogadta, így nem tudott meghonosodni. (Hasonlók épültek a jelenleg szanálásra ítélt siófoki telepen)

NÉHÁNY MUTATÓS MEGOLDÁS A VILÁGBAN MEGÉPÍTETT FORMÁKBÓL



14. ábra. Hangzhou (Kína) $3 \times 10\,900\text{ m}^3$



15. ábra. Japán $3 \times 12\,000\text{ m}^3$



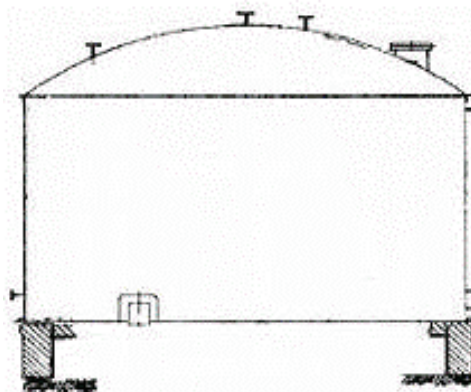
16. ábra. Gömb alakú rothasztó Németország



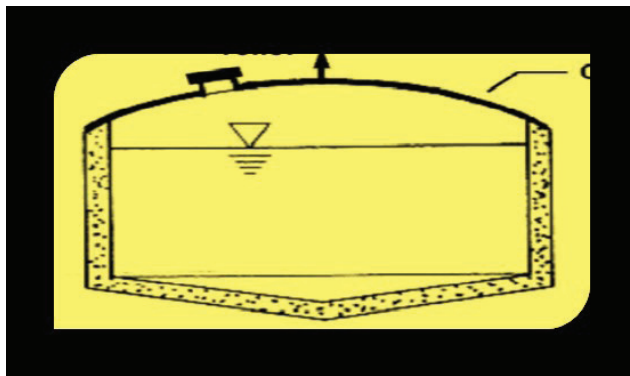
17. ábra. Dortmund(Németország)

LAPOSFENEKŰ ROTHASZTÓK

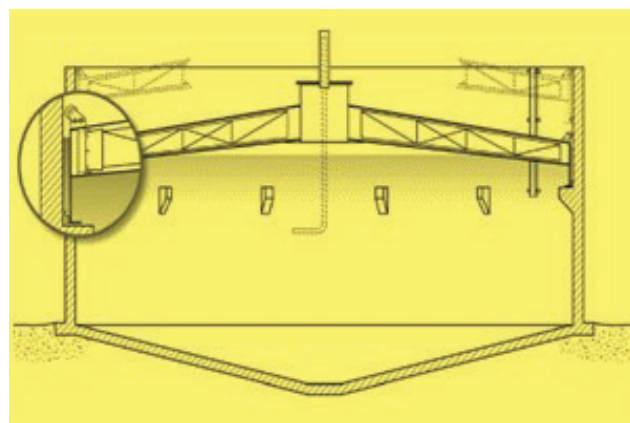
A lapos- vagy közel laposfenekű alacsony falú rothasztók az olajiparból ismert tartályok példáján kezdtek elterjedni. Az „angolszász” típus néven megismert formát számos ország különböző iparága favorizálta folyékony anyagok tárolására. Előnye az acélszerkezetű reaktor viszonylag gyors megépíthetősége. Itthon kezdetben a biogáz erőművek területén kezdték



18. ábra. Laposfenekű rothasztó metszete

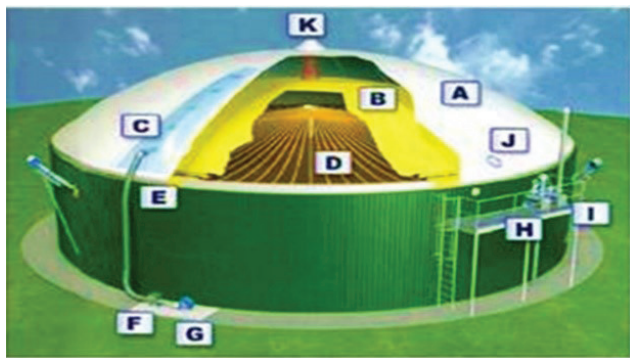


19. ábra. Az angolszász rothasztó típus metszete



20. ábra. A gázharanggal történő lefedés metszete

rothasztóként üzemeltetni s előbb utóbb megjelentek a szennyvíztisztítás területén is. Számos előnnyel járó tulajdonsága mellett (pl: gyors megvalósítás, alacsonyabb létesítési költség stb.), számolni kell a holtterek miatti hasznos térfogat csökkenéssel, a biogáz



A: külső membrán B: belső membrán C: légbefúvó rendszer
D: hevederek, E: lehorgonyzó sin F: visszacsapó szelep,
G: kompresszor H: vákuum szelep, I: túlnyomás szelep,
J: kémlelő, K: ultrahangos szintmérő

21. ábra. A membrán lefedés részletei

keverés nagyobb energia felhasználásával, stb...) E típusú rothasztók lefedését korábban „úszó gázharanggal való összedolgozásával oldották meg, mely bonyolultabb kivittel és nehezkesebb üzemeltetéssel járt. Ugyan csak problémás volt a hatékony keverés biztosítása is. A fémszerkezetű lefedés korróziója és azok karbantartását szolgáló hozzáférés és üzem kiesés is hozzá járult a kezdeti különálló „gazométerek” megjelenéséhez ill. alkalmazásához. A jóminőségű, műanyagok megjelenésével a gáztárolás a kétrétegű membránlemez bevezetésével megoldódott és például is szolgált a reaktorok membrános lefedéséhez. A 19. sz. ábrából tanulmányozható a lefedés kialakítás és a „megfeszítés” technológiája, valamint az ahhoz szükséges technikai elemek.

A konvencionálisnak tekintendő acélbeton rothasztók lefedése a beszűkülő csonkakúp zárásaként teherbíró sík lemez zárja le. Valójában szerelvény és szerelő platóként is működik, ugyanis itt helyezhetők el – elsősorban a gázzal történő manipuláció számára szükséges technológiai elemek. Példaként szolgálhat a BP-Központi telep műtárgyainak

látvány képe. E masszív szerkezeti elemhez kapcsolódik a nagyobb műtárgyakat kiszolgáló, általában felvonóval kiegészített lépcsőházból kivezető kezelő híd.



22. ábra. Fűtött anaerob rothasztó kezelőplatója BP-központi telep

Igen fontos tartozék – főleg a magas rothasztók esetében – a műtárgy oldalába beépített jól megközelíthető szerelő nyílás elhelyezése, mely az üzemeltetés, karbantartás szempontjából elengedhetetlen.



23. ábra. Oldalfalba beépítendő karbantartó nyílás

A fűtött anaerob rothasztók jelentős és elmaradhatatlan eleme a külső hőszigetelés, melyet különböző anyagú védő burkolattal látnak el egyben „öltöztetik” az egyébként unalmas egyhangú felületet. A szigetelés felrakása főleg utófeszített szerkezetek esetében azért is gondos munkát kíván, mert



24. ábra. Szigetelés felhordása acél reaktorra

a pászmák esetleges "lepuhulása" miatti ismételt feszítése vagy cseréje esetén mind a bontás, mind a visszahelyezés "körülmé-nyes" feladat. Az egyébként sivárnak tűnő egyszínű vagy szürke hatalmasnak felületet igen gyakran – építész fantáziától függően – színes mintázattal látják el, ezzel is fokozva a szemlélő" tér élményét".

A cikknek ugyan nem feladata az egyes típusok összehasonlító értékelése ám egy találónak minősülő összehasonlító, reklámjellegű ábra jellemzi a szakmailag elfogadott autóiparhoz hasonló egybevetést.



25. ábra. autóipar és szennyvízes szakma összehasonlítása