

---

## 4.2 Gépészeti berendezések

A 19. század első évtizedei képezték az utolsó olyan időszakot, amikor a hajók üzemeltetéséhez szükséges valamennyi feladatot emberi erővel, manuálisan hajtottak végre, bár szinte az idők kezdete óta a hajók fel voltak szerelve olyan egyszerű gépekkel és berendezésekkel, amelyek elvein a gépkorszak sem sokat változtatott.

A hajók *gépészeti berendezéseinek* feladata, hogy a hajó biztonságos haladásához és működéséhez, a személyzet kényelméhez és a rakomány biztonságához illetve minél jobb állapotban való megtartásához, valamint a rakomány kezeléséhez és a kikötés végrehajtásához szükséges energiát szolgáltatassa és az egyes műveleteket elvégezze. A hajók konstrukciójának, építési módjának, szerkezeti anyagainak és felügyeleti szemléletének fejlődése az utóbbi fél évszázad során azt is eredményezte, hogy a hajónak, mint anyagi terméknek az értéke exponenciálisan megnőtt, ami magával hozta valamennyi berendezési egységére vonatkozóan a követelmények szigorúbbá válását, ezzel szinte kötelezővé tette, hogy csak a legjobbat építsék be minden termékből, amelynek üzembiztonsága megkérdőjelezhetetlen.

A vitorlás korszakban a hajó fenékszivattyúja ugyanolyan kézi szivattyú volt, mint amilyeneket a vízbetöréssel fenyegetett szénbányákban használtak, a kötélzet kezelésére felszerelt bakok és csigák szintén az építésben és bányászatban kifejlesztett egységek voltak. A gépek sem sokban különböztek az őskorban az általánosan használt stabil gőzgépektől, legfeljebb a víz bőségebb jelenléte tette szükségtelemmé a kondenzátorokat a belvízi hajókon. Még később is, amikor már elkülönültek a hajózásban célszerűbben használható készülékek, az új utakat keresők mindig a más területen már bevált egységeket szerezték be és használták fel a hajókon. A vasúti motorkocsikhoz (Jendrassik György tervei szerint) gyártott dízelmotorok hajtottak számos magyar vontatót a Dunán, még a hetvenes években is üzemben voltak ezek a hajók. A Csepel Autógyár négy- és hathengeres dízelmotorja szolgált segédgépként a MAHART és a FOKA több folyami hajóján, sőt, a duna-tengeri hajókon is.

A hajózási berendezések gyártását jelenleg már olyan specializált multinacionális vagy világméretű vevőkörrel rendelkező nemzeti cégek végzik, amelyek a sóálló személyi felszerelésektől a nukleáris főüzemig mindent képesek (akár egyéni igénynek megfelelő kivitelben) szállítani.

A hajók gépészeti berendezéseit a következő csoportosításban érdemes tárgyalni.

1. Fedélzet alatt elhelyezett berendezések, mint
  - a) főgépek
  - b) segédgépek
  - c) elektromos berendezések
  - d) segédüzemi berendezések.
2. Rendszerek (csővezetékek)
3. Fedélzeti berendezések

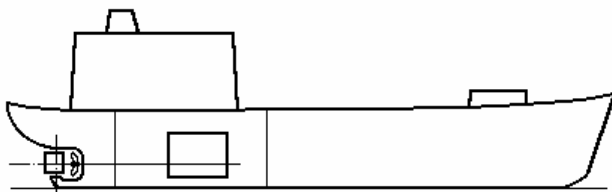
### 4.2.1 Fedélzet alatt elhelyezett berendezések

A hajók vitorlás időszakában a berendezések túlnyomó többsége a fedélzet felett helyezkedett el, a fedélzet alatt a szivattyúkat és a kormányberendezést telepítették. A gépkorszak a propulziót az árbocokról leköltöztette először a fedélzet szintjére (lapátkerék), majd végképp determinálta annak vízszint alatti helyét a hajócsavar alakjában. A hajócsavar (néhány különleges meghajtási módtól eltekintve) a főgép helyét a hajótestben határozza meg. A jelenleg épített hajóknál a berendezések szinte mindegyik egysége a fedélzet alatt van elhelyezve, kivéve azokat, amelyek működését más követelmények szabályozzák, mint a rakodó-berendezések, a rakterek zárószervezeteinek működtető elemei, a kikötő- és horgonygépek, stb. A fedélzet alatti elhelyezést alapján három érv támogatja: rendelkezésre álló tér, külső környezet elleni védettség és minél alacsonyabb súlyponthelyzet.

A *fedélzet alatti gépi berendezések* számára a szokásos hajótípusoknál elkülönítenek egy vagy több olyan teret, amely mellső és hátsó vízmentes válaszfalal van elválasztva a hajótest többi részétől, és helyzetét úgy határozzák meg, hogy egyrészt a hajó (vízszintes vagy teherhajók ballasztmenetében a hajócsavarnak megfelelő merülést biztosító) úszási helyzetét döntően kedvezően befolyásolja, másrészt, például áruszállító hajóknál, a lehető legjobb kihasználást biztosítja a rakterek számára.

A gépterek elhelyezését tekintve két fő típust különböztetünk meg.

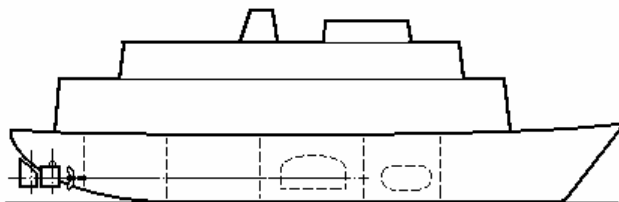
1. *Hátul elhelyezett vagy más szóval far-géptér.* A géptér hátsó vízmentes válaszfala a *hátsó kollíziós válaszfal*, amely mögött a hajótest hátsó végéig a *farkamra* helyezkedik el. A farkamra ad helyet rendszerint a kormánygép azon egységeinek, amelyek a hajótestben helyezhetők el.



4.2.1.1 ábra Fargépteres áruszállító hajó oldalképe

A mellső vízmentes válaszfal rendszerint egy testtank (kofferdam) hátsó válaszfala. A géptér

méretétől függően esetleg magát a gépteret meg kell osztani még egy vízmentes válaszfalal, hogy a lékesedési követelményeket ki lehessen elégíteni.



4.2.1.2 ábra Középső gépteres személyszállító hajó oldalképe

Ezen azonban elhelyezhető olyan vízmentes ajtó, amely távolról zárható lékesedés

esetén.

2. *Középső géptér.* A gépek mérete és súlya miatt az első géphajóknál ez volt az általános megoldás. Ma már csak azoknál a hajóknál szokásos, amelyek rakomány nem befolyásolja jelentősen a hajó merülését és úszási helyzetét, mint személyhajók, kompok, hadihajók.

A géptér mögött és előtt vízmentes válaszfal van, illetve szükség esetén megfelelő zárószervezettel ellátott közbenső vízmentes válaszfal.

A hajók legfontosabb gépi berendezése a propulzió meghajtására szolgáló *főgép* és a hozzá tartozó kiszolgáló berendezések. A jelenleg üzemben levő hajókon maga a főgép dízelmotor, gőz- vagy gázturbina, a dugattyús gőzgépek nagyon ritkán fordulnak elő. Gőzgépnél vagy gőzturbinánál a kiszolgáló berendezés a *kazán* és a *kondenzátor*.

#### 4.2.1.1 Főgépek

A főgép vagy más szóval *főüzem* feladata, hogy a hajó mozgását biztosító *propulziót* lássa el energiával. A főgép emellett más készülékek meghajtását is szolgálja (tengely-generátor, kompresszor, szivattyúk, stb.), de a tengelyről ilyen módon levett más energia a propulzióhoz képest egy ezrelék.

A főüzemhez sorolható berendezéseket a következőkben ismertetjük.

##### 4.2.1.1.1 Kazánok

Az itt elmondottak nagy része már történelem, mivel a gőz fontossága csökkent a hajók főgépeinél. A nagyobb teljesítményt azonban ma is gőzgéppel érik el, a főgép azonban már nem *dugattyús gőzgép*, hanem *gőzturbina*.

A *kazán* lehet a főüzem része vagy tartozhat valamelyik rendszerhez, pl. fűtéshez vagy melegvíz-ellátáshoz. Főüzemi berendezésként a főgép számára biztosítja a meghajtáshoz szükséges nagynyomású túlhevített gőzt.

Bár a gőzgép, amely a kazán alkalmazását szükségessé tette, ma már elhanyagolható mértékben található meg a hajók hajtásánál, a gőzturbina főgépként történő beépítésének növekvő jelentősége mégis alapvető fontosságúvá teszi a kazánt, és elengedhetetlen ennek a berendezésnek a folyamatos korszerűsítése.

A kazánok alapvetően két szempontból oszthatók fel:

- tüzelőanyag szerint,
- a tüztér és víztér viszonya szerint.

Fűtőanyag szerint vannak szilárd (szén, kocsz, fa) vagy folyékony (olaj, pakura) tüzelőanyaggal működtetett kazánok.

A kazánokat a kezdet kezdetén kizárólag *szilárd tüzelőanyaggal* üzemeltették, a bányászatban szénrel, a többi ipartelepen az akkor még közönséges faanyag miatt fával.

A fát a hajókazánoknál csak az amerikai és afrikai gőzhajóknál használták a későbbiekben, a szén, főleg a kiváló, magas fűtőértékű fekete szén, jobb hőtartalma miatt kiszorította a fát. Ezek a kazánok nagyon egyszerű szerkezetűek voltak, nem túlhevített, hanem csak telített gőzt állítottak elő, és lényegében fűtőszerkezettel egybeépített víztárolók voltak, igen kis fűtőfelülettel. A fejlettebb széntüzelésű kazánok később jelentek meg, fűtőszerkezetük tűzcsöves elven működött, a nagy víztérbe benyúltak azok a csövek, amelyekben a fűtőanyag égése megtörtént. Ezzel lehetett a fűtőfelületet megnövelni.

A szenes kazánok jelentősége csökkent a *folyékony tüzelőanyag* térnyerésével. A leggyakrabban használt folyékony fűtőanyag a *pakura*, amely a kőolaj lepárlásának maradéka. A pakura csak előmelegítés és szűrés után táplálható be az égőfejbe, a forró pakura jól porlasztható és szinte maradék nélkül elég.

Használják még a benzin- és gázolajgyártás után visszamaradó *nehézolajat*, amely még tovább lepárolható, de a benzin és gázolaj kereslete nagyobb, mint a nehezebb kenőolajoké, így a kőolaj teljes lepárlása nem szükséges minden esetben.

A szén és az olaj fűtőanyagként való felhasználását összehasonlítva a következőket állapíthatjuk meg:

- fűtőérték: a szén és olaj fűtőértéke között legalább 2-szeres, de akár 3,5-szeres különbség van az olaj javára, amit még növel az, hogy az olajos kazánok hatásfoka jobb, 0,85 a széntüzelésű kazánéval szemben, amely 0,4 és 0,65 között van,
- a szén tárolása és kezelése sokkal bonyolultabb, mint az olajé,
- a különböző szenek minősége között hatalmas különbségek vannak, ami az olajnál sokkal szűkebb határok között mozog,
- a széntüzelésű kazánok berendezései bonyolultabbak, és kevésbé üzembiztosak, mint az olajtüzelésű kazánoké.

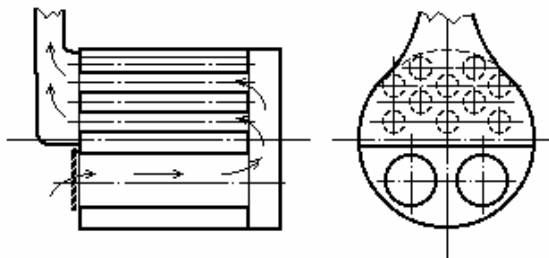
A fentiek miatt a szén alkalmazása ma már csak ott indokolt, ahol az olaj nehezebben hozzáférhető a szénhez képest, pl. szén szállító teherhajóknál. Ezen kívül ott, ahol más fűtőanyag bőségben van, az olaj pedig nehezen beszerezhető, pl. afrikai vagy dél-amerikai folyami hajók esetében a fa, az olajtüzelés nem jön szóba.

A kazánok tűz- és víztér alapján kétféleképpen helyezkedhet el:

- *tűzcsöves kazánoknál* a kazán köpenye határolja a víztér, és azon vezeték át az égéstermék elvezetésére szolgáló nagy méretű csöveket, amelyekben a tüzelőanyag elég és amelyeken át a füstgázok kiáramlanak, a hőátadás ezeknek a csöveknek a falán át történik,
- *vízcsöves kazánokban* a kazánköpeny a tűztér határát jelenti, a víztér pedig a kazán mellső- és hátsó végén kialakított kamrákból és az azokat összekötő kisátmérőjű csövekből áll, a füstgázok a csövekre merőlegesen áramlanak, a fűtőfelületet a vízcsövek palástja és a kamrák fala adja ki.

A kazánok főbb jellemzői:

- fűtőfelület,
- gőzmennyiség,
- maximális nyomás,
- hatásfok, amely az adott idő (pl. óra) alatt nyert gőzmennyiség és a gőz hőtartalmának szorzatát viszonyítja a fűtőanyaggal ugyanazon idő alatt bevezetett hőmennyiséghez.

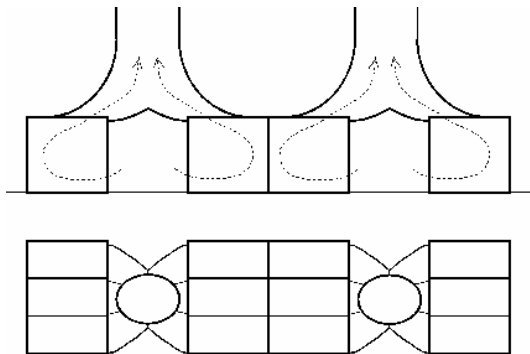


4.2.1.1.1 ábra Holland (skót) tűzcsöves kazán felépítése

A hajók kazánjaira érvényes mindaz, ami az előbbieken szerepel, a tűzcsöves kazánok közül a *holland* vagy *skót kazán* volt a leggyakoribb. Erre a konstrukcióra a nagy dobátmérő

és így viszonylag nagy víztér a jellemző. A nagy átmérő miatt az üzemi nyomás korlátozott, legfeljebb 16-20 bar. A nagy víztér viszont előnyös, nem érzékeny a

gőzfogyasztás miatti vízszint-ingadozásra. Tágas vízjáratai miatt nem igényes a tápvíz tisztaságára.



4.2.1.1.1.2 ábra Holland (skót) kazánok párhuzamos beépítése

A gőz túlhevítésére szolgáló fűtőegységet a füstgázvezeték felső részébe iktatják be egy kazán alkalmazása esetén.

Teljesítményhatára kb. 2000 LE darabonként.

A holland kazánból annyi egységet építenek be, amennyire a teljesítmény alapján szükség

van, párhuzamos módon kapcsolják össze a víz- és a tüztartókat.

A vízcsöves kazánok közül a legismertebb a *B-W (Babcock-Wilcox) kazán* és úgy nevezett *sátorkazán*.

Az alábbi táblázatban az említett három kazántípus műszaki paramétereinek összehasonlítása látható.

	holland (skót)	B-W	sátor (Express)
gőznyomás	12-16	20-85	20-85
gőztermelés [kg/m <sup>2</sup> .h]	15-25	50-60	50-60
fajlagos tömeg [kg/m <sup>2</sup> ]	350	130-180	160-230
fajlagos tömeg [kg/LE <sub>i</sub> ]	90-130	30-40	50-70
fajlagos tömeg [kg/kg <sub>gőzóránként</sub> ]	15-22	4-5	5-8
hatásfok olajjal ( $\eta_{olaj}$ )	85	88	88
hatásfok szénrel ( $\eta_{szén}$ )	65	-	-

### Tüzelőberendezések

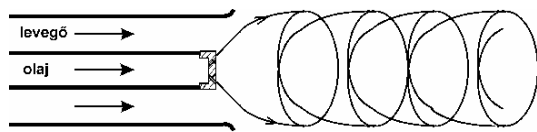
**Széntüzelés.** A széntüzelésű kazánokat főként a kisebb teljesítményű vontatóhajóknál használták. A felhasznált szén sokféle lehetett, de a robbanásveszély elkerülésére szénportüzelést nem alkalmaztak.

A légfelesleget az esetek többségében a természetes huzat biztosította, de szükség esetén a légáramlást ventilátorral létrehozott mesterséges túlnyomás növelte a tüztér oldaláról. A szellőztetés intenzitását csak akkorára volt szabad beállítani, hogy a túlnyomás a kezelők felé ne okozzon CO<sub>2</sub> kiáramlást. Ezért a  $\Delta p$  nyomáskülönbség nem lehetett nagyobb 1-2 tized bar értéknél.

**Olajtüzelés.** A tüzelőanyagot és az égéshez szükséges mennyiségű levegőt együtt juttatják a tüztérbe. Ennek több módja lehet.

a) Körting nyomásporlasztó (Körting-égő)

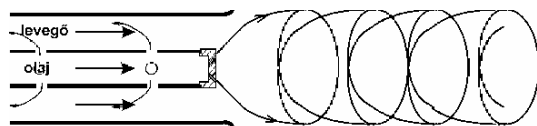
A szabályozott mennyiségű olajat egy kisebb átmérőjű csövön juttatják a tüztérbe, a cső végén olyan zárókupak van, amelyben az olaj kiáramlását biztosító furatok csavarvonalban vannak elhelyezve, ezzel az olajcseppek spirális pályán mozognak a tüztérben elégsükig. Az olajcső egy nagyobb átmérőjű csőben van koncentrikusan elhelyezve, amelyben a megfelelő mennyiségre beállított levegő áramlik be a tüztérbe.



4.2.1.1.1.3 ábra Körting olajégő működési sémája

Paraméterek:

olajnyomás	5-35 bar
kinematikai viszkozitás	2-3 Engler fok
levegő túlnyomás	0,2-1 bar



4.2.1.1.1.4 ábra Visszavezetési rendszerű Körting olajégő

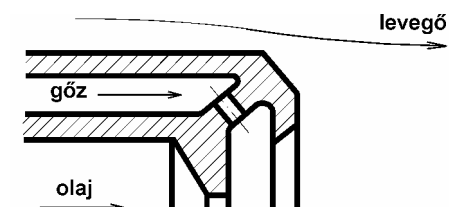
Az olajadagolás egyszerűsítésére a Körting égőnek olyan változatát is kifejlesztették, ahol a visszafolyó olajfelesleg nem kerül egyenesen a tüztérbe, hanem visszakeringetik. Ilyen módon jobb szabályozás érhető el.

Az égő elméleti levegőigénye 10-11 m<sup>3</sup> 1 kg olajra vetítve. Valóságos viszonyok között ez az érték 10 és 15 között van. Ez légfesleslegben (a tüzelőanyag kémiai levegőigénye felett az égésnél jelen levő levegő aránya) kisebb arányt jelent, mint ami a dízelmotoroknál mérhető.

Az olajszivattyú teljesítménye 2-4 kW 1 tonna/h olajmennyiségre számolva. A levegőt szállító ventilátornál ez a szám ugyanarra vonatkoztatva 5-10 kW.

b) Gőzporlasztásos olajégő

A megfelelő mennyiségű olajat gőznyomás juttatja az égéstérbe, a levegőt a nagy sebességgel beáramló gőz-olaj keverék injektor-hatása viszi magával.



4.2.1.1.1.5 ábra Gőzporlasztásos olajégő

Az üzemhez szükséges feltételek:

gőznyomás	1-8 bar
olajnyomás	10-15 bar
olaj viszkozitása	4-7 E <sup>o</sup>

Teljesítményadatok:

gőzfogyasztás	120-180 kg /1000 kg olaj
olajszivattyú elektromos teljesítménye	500 W/1000 kg olaj óránként.

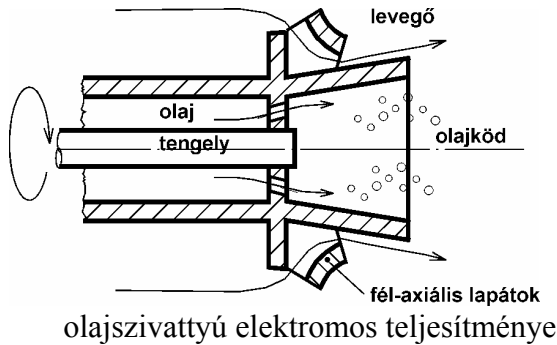
c) Forgóserleges olajégő

Az olaj porlasztása a forgóserleg hatására jobb, emiatt sokkal kisebb olajnyomás is elegendő a működtetéshez. Főleg nagyobb teljesítményeknél alkalmazzák.

A forgás következtében az olaj szétszóródik a kúpban és ködöt alkot. Az égő határfoka emiatt különlegesen jó. A lapátok kb. 0,2-0,6 bar levegőnyomást biztosítanak, de szükség van még természetes huzatra is.

Az eltüzelhető olaj viszkozitása akár 10 E<sup>o</sup> is lehet, ami sűrű pakurának felel meg.

Az égő metszetét a következő ábra mutatja.



4.2.1.1.1.6 ábra Forgóserleges olajégő

Teljesítményadatok:

levegőfogyasztás

600 m<sup>3</sup>/1000 kg olaj

levegő tápventilátor teljesítménye

1 kW/1000 kg olaj óránként

100-150 W/1000 kg olaj óránként.

Előnyei:

- különböző olajokat lehet használni
- nagyon jól szabályozható
- dugulás szinte elképzelhetetlen.

A felsorolt konstrukciókon kívül még számos olajégő létezik, amelyeket különböző szinten automatizált berendezésekhez kellett kifejleszteni. A hajókon pár évtizeddel ezelőtt (azaz a jelenleg üzemelő hajókból már csak néhányon) az automatizálás nem volt teljes körű, de a védelmet szolgáló olajáram-kikapcsolás mindenütt meg volt oldva. Ezt a funkciót hő- vagy fényrelék vezérelték. A mai tüzelőberendezések már teljesen automatikusak.

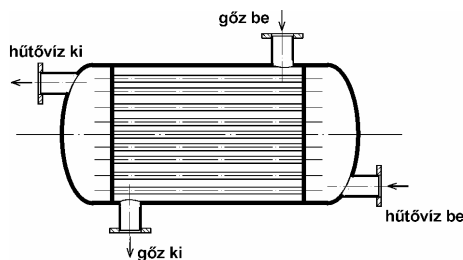
#### 4.2.1.1.2 Kondenzátorok

A kondenzátorokban történik a fáradt (kis nyomású, energiájától megszabadult, telített) gőz cseppfolyóssá történő átalakítása a kazánba való visszavezetése előtt. Ennek a folyamatnak a célja a hőelvonás befejezése a hűtésre használt tápvíz segítségével, illetve annak előmelegítése.

A kondenzátorok konstrukciója alapvetően kétféle lehet.

##### 1. Felületi hőátadás

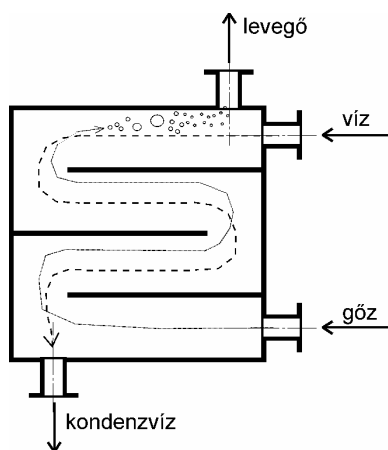
Ehhez a következő ábrán látható *hőcserélő* szükséges.



4.2.1.1.2.1 ábra Felületi hőcserélős kondenzátor

A keresztáramú hőcserélőben a víz mindig a csövekben áramlik, mivel az a szennyezettebb a két közegből, és a csövek tisztítása egyszerűbb.

Ezt a típusú kondenzátort kell mindenképpen alkalmazni, amikor a hűtővíz előkezelésére és tisztítására csak a kondenzátorból kilépve kerül sor, vagy amikor nem a teljes vízmennyiség kerül a kazánba tápvízként, hanem a víz egy része visszakérül a környezetbe. Hajókon ez az általánosan elfogadott megoldás.



4.2.1.1.2.2 ábra Keverő rendszerű kondenzátor

A kazán üzemi nyomásától és hőmérsékletétől függően a szükséges hűtővíz mennyisége 50-60 l/kg gőz.

A hőcserélő anyaga általában réz.

## 2. Keverő rendszer

Olyankor alkalmazható, ha többé-kevésbé zárt a tápvízrendszer, és így az állás közben lehűlt tiszta víz kerül vissza a kazánba, amelyet a kondenzátorban melegítenek elő, illetve a gőz

kondenzálására használnak fel.

Az ilyen rendszerű kondenzátor működési elvét a 4.2.1.1.2.2 ábra mutatja.

### 4.2.1.1.3 Dugattyús gőzgépek

#### 4.2.1.1.3.1 Lapátkerekes hajók hajtására alkalmas dugattyús gőzgépek

A hajógőzgépek kezdettől fogva két irányban fejlődtek a két fő propulziós eszköz, a lapátkerek és a hajócsavar követelményeinek hatására.

A lapátkerekes hajtás a tengeri hajóknál rövid pályát futott be, hátrányai tengeri körülmények közötti alkalmazását megakadályozták. A folyami hajóknál azonban a lapátkerek szinte ideális eszköz, még a 20. század közepe után is épültek ilyen hajók, és üzembiztonságukat mutatja, hogy ezeket a hajókat nemcsak nosztalgia-okokból újítják fel és teszik egyéb szempontból (személyzeti oldal, utasok, stb.) a kornak megfelelővé. A dugattyús gőzgépek kiegyensúlyozatlanok, ezért egyhengeres gépnél a hajótestre túlzott tömegterhelés adódnak át. Részben ennek kiküszöbölésére, részben az energia minél jobb kihasználása érdekében két- illetve háromhengeres gépeket használnak (kompaund ill. triplex), a kéthengeres gépek a vontatóhajókra jellemzőek, a személyhajóknál a háromhengeres az elfogadott megoldás.

A lapátkerekes hajók gőzgépei közvetlenül hajtják meg a lapátkerek tengelyét, amely a dugattyús hajtáshoz megfelelő forgattyú-kiképzéssel rendelkezik. Kéthengeres gépnél a két forgattyú egymáshoz képest  $90^\circ$ -kal el van forgatva, háromhengeresnél ez a különbség  $120^\circ$ . A gőzgépek fekvő elhelyezésűek, a vízszintessel a dugattyúk középvonala bizonyos szöveget zár be, amelyet a konstrukciós méretek határoznak meg. A keresztfej olajozott pályán mozog.

A gőzgépek nyitott konstrukciója a kezelést nagyon megkönnyíti, a kezelő mindig látja, melyik henger áll indulásra készen, ennek megfelelően tudja indításnál a *tolattyúval* vezérelt üzemi gőzt vagy a külön szeleppel nyitható segédgőzt (gépkezelői zsargonban gikszer, mivel akkor jó igazán, ha valami gikszer adódik, vagyis nem megy minden simán) beengedni. A gép működése közben a tolattyú ezt a feladatot már magától ellátja.

A lapátkerekes hajók gőzgépe az előzők miatt könnyen indítható ellenkező irányban is, ezért a hajó hátramenete nullától maximális sebességig szabályozható.



A folyami lapátkerekes hajók dugattyús gőzgépeinek szokásos műszaki paraméterei a következők:

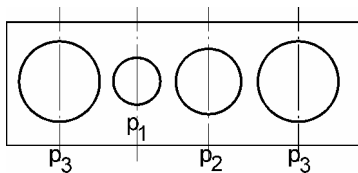
indikált teljesítmény:	$N = 200-1.600 \text{ LE}$
üzemi fordulatszám:	$n = 30-50 \text{ 1/min}$
kazán-nyomás (túlnyomás):	$p = 10-20 \text{ bar}$
kondenzátor-nyomás (abszolút)	$p_{\text{kond}} = 0,2-0,3 \text{ bar}$

#### 4.2.1.1.3.2 Hajócsavaros hajók hajtására alkalmas dugattyús gőzgépek

A hajócsavarok nagyobb fordulatszámnál üzemelnek gazdaságosan, mint a lapátkerekek, ezért ezek a gépek nagyobb sebességre és kisebb nyomatéokra képesek. Alakra jobban emlékeztetnek a stabil belsőégésű motorokra, függőleges dugattyú-elrendezésűek, kivétel az, hogy a kis- és nagy nyomáshoz tartozó dugattyúk mérete eltér.

Általában négyhengeres triplex gépek, az utolsó fokozat (legkisebb nyomás) két hengert képvisel. A forgattyús tengely ebben az esetben olyan konstrukciójú, mint egy 4-hengeres dízelmotoré.

Elrendezésük felülnézetben a következő.



4.2.1.1.3.2.1 ábra Négyhengeres triplex gőzgép felülnézete

A dugattyús gőzgéppel meghajtott hajócsavaros hajók keskenyebb és magasabb építésűek, ezért folyami

viszonyok között ez a propulziós forma a 20. század eleje óta nem szokásos. A dízelmotor elterjedése előtt azonban a tengeri hajóknál, főként a kisebb teljesítmények esetén, mivel a nagyobb és gyorsabb hajók (főként a haditengerészeti egységek) propulziós főgépe már abban az időben is a gőzturbina volt, így a kikötői és parti vontatóknál és a kisebb teherhajóknál is, ez a főgép-típus nagy szerepet kapott. Magyar vonatkozása is van: a 20. században a 60-as évekig jártak a Balatonon ilyen propelleres kisebb személyszállító gőzösök.

A dugattyús gőzgéppel meghajtott hajócsavaros hajók dugattyús gőzgépeinek szokásos műszaki paraméterei a következők:

indikált teljesítmény:	$N = 2.000 \text{ LE}$ alatt, felette nem gazdaságos
üzemi fordulatszám:	$n = 70-150 \text{ 1/min}$
kazán-nyomás (túlnyomás):	$p = 20-32 \text{ bar}$
kondenzátor-nyomás (abszolút):	$p_{\text{kond}} = 0,2-0,3 \text{ bar}$
közepes dugattyúsebesség:	$c_m \cong 2 \text{ m/sec}$ (gazdaságos)

A dízelmotorral összehasonlítva az előre- és hátramenet beállítása bizonyos különbséget jelent. A nagyobb dízelmotoroknál az irányváltás állítható csavarral van megoldva, ez a csavartípus az eltérő üzemi viszonyok között dolgozó hajóknál egyébként is elfogadott. A dugattyús gőzgép fogásiránya nehézség nélkül megfordítható, itt az irányváltást a merev csavaros propulzióknál a főgép végzi el.

## BBBZ kódex

A dugattyús gőzgépek hengereinek térfogataránya különböző építési módoknál a következő.

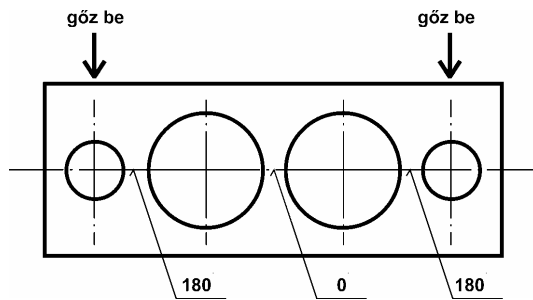
Építési mód	kompaund	triplex	4-fokozatú
Térfogatarány	1 : 3-4,5	1 : 2,2-3 : 5,5-7	1 : 2-2,2 : 4-4,5 : 8-9

A triplex gépekhez képest némi eltérést jelentenek a gőzmotorok. Ezek a 20. század közepe után kezdtek teret nyerni, igazi versenyt sokkal rosszabb hatásfokuk miatt a dízelmotorok számára csak ott jelenthetnek, ahol természetes fűtőanyag bőséggel áll rendelkezésre, üzemanyag viszont kevés van. Két fontos különbség fedezhető fel:

- nagyobb fordulatszám és teljesítmény,  $c_m \cong 4-6$  m/sec,
- osztatlan expanzió, minden henger azonos nyomású friss gőzt kap,  $p = 30-60$  bar.

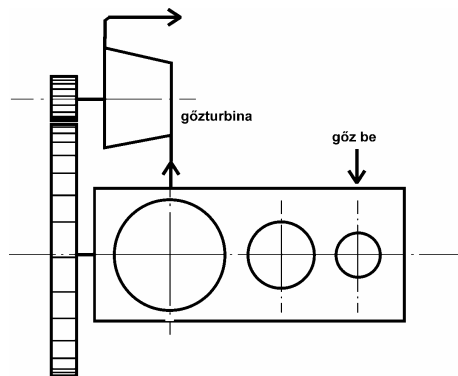
A kompaund gőzgépek speciális változata a Wolf-Lenz gép. Ennek négy hengere van, elrendezése függőleges, soros, de két-két henger ikerként van bekötve a gőztápra, a gőzfejlesztő készülék és az erőgép között pedig nincs közbenső gőztároló. A forgattyús tengelyben mindössze a nagy- és kisnyomású hengerek között van  $180^\circ$ -os elforgatás, a két kisnyomású henger közös forgattyúcsaphoz csatlakozik. Így a két nagy- és a két kisnyomású henger egyszerre dolgozik.

A következő ábra ezt mutatja.



4.2.1.1.3.2.2 ábra Négyhengeres Wolf-Lenz gőzgép felülnézete

A triplex dugattyús gőzgépek különleges változata a Bauer-Wach gőzgép. A triplex gép tulajdonképpen úgy lép elő 4-fokozatúvá, hogy a 4. expanziós fokozat gőzturbina.



4.2.1.1.3.2.3 ábra Gőzturbinás fokozatú triplex Bauer-Wach gőzgép felülnézete

A turbinát leginkább segédüzemi munkagépek meghajtására használják, de tengeri vontatók esetében, ahol a segédüzem igénye a főüzemhez képest jelentéktelen, a turbina energiáját is a propulzióhoz használják fel hidrodinamikus tengelypacsoló és fogaskerék- hajtómű útján.

A turbina előnye, hogy igen nagy gőztérfogatot

lehet feldolgozni nagy méretek nélkül.

A 4.2.1.1.11 ábrán ilyen megoldás látható.

### 4.2.1.1.3.3 Egyéb felhasználás

Azokon a hajókon, ahol a propulziós főgép energiáját gőz szolgáltatja, a segédüzemet is az esetek többségében gőz biztosítja. A kisméretű gőzturbinák mellett a dugattyús

gőzgépek is alkalmazhatók, a paraméterek ezeknél azonban eltérőek a kisebb méretek miatt:

üzemi fordulatszám:	$n = 500-2.000 \text{ 1/min}$
közepes dugattyúsebesség:	$c_m \cong 7-8 \text{ m/sec}$

A gőz dugattyús gépben való felhasználásának különleges esete, amikor az alternáló egyenes vonalú mozgást nem alakítják át forgómozgássá, hanem a meghajtott munkagép is ugyanazt a munkaciklust igényli. Ez a gép a dugattyús szivattyú, a két dugattyús gép összeépítéséből pedig a *Worthington-szivattyú* jön létre.

#### 4.2.1.1.4 Gőzturbinák

A *gőzturbinák* a gőzzel meghajtott propulziós főgépek felső teljesítmény tartományát képviselik. Akár több százezer lóerős teljesítmény is megvalósítható a nagyobb hadihajó vagy személyhajóknál. Első alkalommal 1913-ban építettek olyan hajót, amelyben a propulziós főgép gőzturбина volt, az első ilyen konstrukciók mind hadihajóknál jelentek meg. A hadihajóknál, ahol a sebesség megelőzi a gazdaságosság kérdését, ma már kizárólag ez a gyakorlat, a lassúbb kereskedelmi hajóknál, pl. konténerszállítóknál, ahol igen nagy méretek mellett is elegendő a viszonylag kisebb teljesítmény, a keresztfejes kétütemű dízelmotorokkal jobban lehet az anyagiakkal gazdálkodni (ezek teljesítményének felső határa jelenleg százezer lóerő körül van).

A gőzturбина ideális gép hajók propulziójához. A turbina és a hajócsavar tengelyvonala vagy egybeesik, vagy párhuzamos, első esetben közvetlen meghajtásról, a másodikban fordulatszám csökkentős konstrukcióról van szó. Közvetlen meghajtásnál a turbina és a hajócsavar fordulatszáma megegyezik, ezért a hajócsavarral nem érhető el az optimális hatásfok, kivéve a nagy sebességű kisebb hadihajókat. A nagyobb teljesítmények esetén a legkedvezőbb megoldás az *elektromos tengely*, ahol a turbinák által termelt energia az elektromos hálózatra kerül, és a propulziós motorok elektromos gépek. Az elektromos átvitel teszi lehetővé a tökéletes manőverező képességet.

A gőzturбина előnyei összefoglalva:

- a fentiek alapján hajóknál ideális gép,
- megfelelő konstrukció esetén (pl. elektromos energia-átvitel) a lehető legtökéletesebb manőverképesség,
- a nyomaték állandó, ezért kisebb tengelyméreteket lehet alkalmazni az osztályozó intézetek előírásai alapján,
- kis helyszükséglet és súly (a kazánnal és egyéb berendezésekkel együtt a gép összsúlya fajlagosan kedvezőbb a dízelmotorénál),
- súrlódás csak a csapágyakban ébred, ezért a mechanikai hatásfok elérheti a 90%-ot,
- a kondenzvízbe nem kerül kenőolaj, ezért azonnal visszatáplálható,
- igen nagy gőznyomás alkalmazható (30-85 bar), ami a termikus hatásfokot javítja, ehhez magas hőmérséklet is tartozik ( $t_{\text{túlhev}} = 4-500^\circ\text{C}$ ),
- az előzőek alapján a berendezés ára kedvező.

## BBBZ kódex

---

Hátránya is van: a hajócsavar és a turbina optimális sebességtartománya jelentősen eltér, ezért a legtöbb esetben a fordulatszám csökkentésére van szükség.

Folyami hajóknál kizárólag segédüzemben alkalmazták, ma már ezen a területen a gőzturbina ideje lejárt.

A gőzturbináknál a gőz bevezetési irányától és módjától függően beszélhetünk akciós és reakciós turbináról.

### 4.2.1.1.5 Gázturbinák

A *gázturbina* szokásos konstrukciója, amely az üzemanyagnak a járókeréken való elégetését jelenti, igen nagy sebességű járműveknél jelent megoldást, mint a repülőgépek. A hajók esetében a szabaddugattyús elégetést lehet megvalósítani. Ennél a következő négy működési ütem különíthető el:

- 1 ← → levegő beszívás kívülről,
- 2 → ← levegő összesűrítése,
- 3 ← → összesűrített levegő átömlése a hengerbe,
- 4 égés.

Az égés során keletkező energia nem alakul munkává, mivel nincs expanzió. Ez akkor következik be, amikor a nagy nyomású égéstermék átvezetik a turbinába, ahol a járókerék meghajtására fordítódik az energia.

A gázturbina a magas hőmérséklet miatt (800-1000°C) a szokásos gépészeti anyagokból nem gyártható. A járókerék legjobb anyaga a kerámia.

Előnye, hogy a legsűrűbb olaj is elégethető benne.

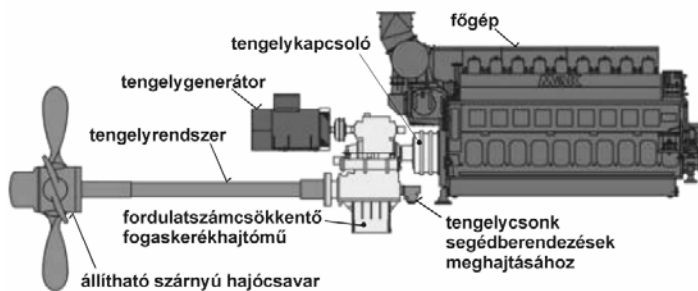
### 4.2.1.1.6 Dízelmotorok

A dízelmotor a 20. század első harmadában kifejlesztett motor, amelynek kompresszió-viszonya magasabb, mint a benzinmotornál szokásos érték, és emiatt a kompresszió során felmelegedett levegő képes az üzemanyag meggyújtására szikra nélkül is (ezért nevezik kompresszió-gyújtású motornak), napjainkig hatalmas fejlődésen ment keresztül. A hagyományos problémát, hogy a dízelmotor általában csak nagyobb teljesítménynél életképesebb, mint a benzinmotor, az autógyártásban kiküszöbölték, károsanyag-kibocsátása is szalonképesebb lett. A hidegindítással tapasztalt nehézségek ugyanerre a sorsra jutottak. A hajóba építhető stabil dízelmotorok jelenleg a technika minden vívmányát megtestesítik, és a legszélesebb körben alkalmazott erőgépek a hajóépítés területén.

A dízelmotor és a gőzturbina fejlődése párhuzamosan haladt, sokáig az volt az ökölszabály, hogy 10.000 LE a határ, alatta a dízelmotor, felette a gőzturbina gazdaságosabb. A rendkívül alacsony fordulatszámú (kb. 100 1/min), kétütemű keresztfejű hajó-dízelmotorok mintegy 100-130.000 LE teljesítménye ennek a szabálynak ellentmond, ezek a motorok a legnagyobb konténerszállító hajókba építve egyedüli propulziós főgépként az optimális megoldást adják.

A kompresszió-gyújtású belsőégésű motorokat működési módjuk szerint két fő csoportra oszthatjuk: 4-ütemű és 2-ütemű motorokra. A többi belsőégésű motorhoz képest jobb hatásfokuk miatt mindkét változat nagyon elterjedt. A felhasznált üzemanyagok fajtái változatosak, a közös az bennük, hogy szénhidrogének. Ezek közül hajóüzemben három fő csoport van: nehéz üzemolaj, átmeneti üzemolaj és dízel üzemolaj. A két- illetve négyütemű jelző arra utal, hogy a dugattyú alternáló mozgása közben hogyan valósul meg a belsőégésű motorokat jellemző Carnot ciklus.

Sebesség szerint a dízelmotorokat három kategóriába soroljuk: lassú-járású, közepes fordulatszámú és nagyfordulatszámú gépekre. A lassú-járású gépek fordulatszáma kisebb, mint 300 1/min, a legtöbb nagy kétütemű hajó-dízelmotor ide tartozik. A közepes fordulatszámú gépek a 300-900 1/min tartományba esnek. A kisebb hajók főgépei és a hajóüzemi segédgépek többsége ilyen motor, ezek rendszerint négyüteműek.

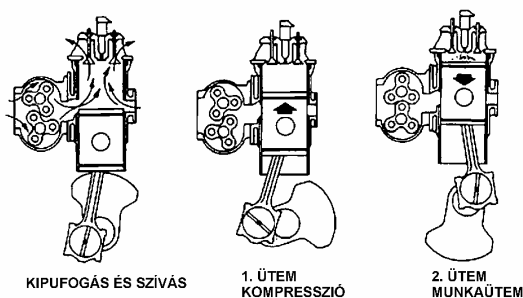


4.2.1.1.6.1 ábra Közepes fordulatszámú dízelmotoros főüzem és egységei

A nagyfordulatszámú dízelmotorokat csak kisebb hajók segédgépeiként és a jachtok propulziós

főgépeiként alkalmazzák. A járműipar többi területén azonban ezek a leggyakrabban használt erőgépek, mivel magas fordulatszámuk ideális a tehergépkocsik meghajtásához. Ezek fordulatszáma 900 1/min felett van.

A következő ábrán a legegyszerűbb kétütemű dízelmotor látható.



4.2.1.1.6.2 ábra Kétütemű dízelmotor működése (szelepes konstrukció)

A kétütemű dízelmotornál mindössze két ütem alatt megvalósul a teljes munkaciklus: az első ütem a dugattyú lefelé történő mozgása alatt zajlik le, a második annak felfelé mozgása közben, tehát egyetlen forgattyús tengely fordulat alatt. A

négyütemű dízelmotornál ezzel szemben két lefelé és két felfelé irányuló dugattyúútra van szükség, azaz két teljes fordulatra a forgattyús tengelyen mérve. A munkaiütem kétütemű motornál mindig a dugattyú lefelé történő mozgását jelenti. Ez a különbség a két- és négyütemű motorok ciklusában azt sugallja, hogy a kétütemű motor teljesítménye kétszer akkora lehet, mint a négyüteműé. A nagy dízelmotoroknál valójában a kétütemű gép teljesítményaránya az ugyanolyan súlyú négyüteműéhez

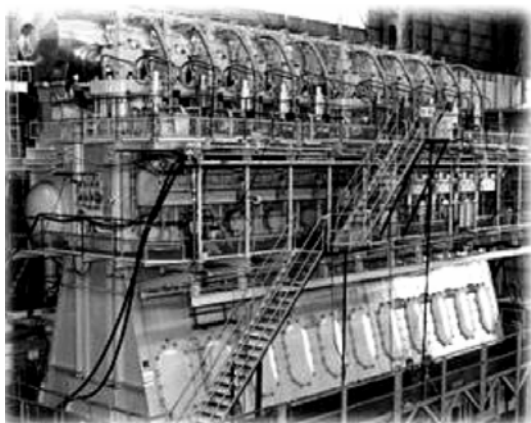
hasonlítva kb. 1,8:1. A kisebb gépeknél, pl. buszoknál és jachtoknál ez a viszonyszám kisebb, és a fordulatszám növekedésével közelít az egyhez.

A kétütemű nagy gépeket ott alkalmazzák, ahol nagy teljesítményt várnak el, mint a hajók propulziója és a stabil áramfejlesztők. A hajóknál alkalmazott ilyen gépek magas építésűek; ez szükséges ahhoz, hogy a tervezők által igényelt hosszú löketet meg lehessen valósítani, amely a jó hatásfok biztosítéka a munkaütem során. A nagy méretek miatt a fordulatszám ezeknél az erőgépeknél alacsony.

Ez a 100 1/min körüli fordulatszám hajók esetében két előnyt is hordoz. A lényegesebb a kettő közül, hogy lehetővé teszi a nehéz üzemolaj tökéletes elégését. A nehéz üzemolajat, amely sűrű fekete massa, kátrányra emlékeztet, mind két-, mind négyütemű motorokban alkalmazzák. Ez az üzemanyag kb. feleannyiba kerül jelenleg, mint a jelentős finomítást igénylő dízel üzemolaj.

A másik előny, amely szintén nem lebecsülendő, hogy a főgép és a hajócsavar közvetlenül összekapcsolható, nincs szükség mechanikus vagy elektromos fordulatszám csökkentésre. Ezzel a súlyegységre számított teljesítmény kedvezőbb értékű. A lassú járású kétütemű dízelmotorok előnye a négyüteműekkel szemben az egyszerűbb szerkezeti felépítés, általában nincsenek szívó- és kipufogószelepek, kevesebb alkatrész van, amely elromolhat. Ezek a tulajdonságok teszik a kétütemű motorokat ideálissá a nyílt-tengeri hajók propulziójához.

Legismertebb építője ezeknek a motoroknak a svájci Sulzer cég, amely a 20. század 30-as éveiben az első ilyen gépeket gyártotta (a magyar dunai vontatóhajózás egyik egysége, az 1943-ban Linzben épült „Esztergom” vontató két db. öthengeres motorja – a 6. henger a mechanikusan meghajtott légsűrítő volt, amely a későbbiekben elfogadottá vált turbófeltöltő szerepét vette magára – 550 LE teljesítményt adott le egyenként 315 1/min üzemi fordulatszámon), illetve a Burmeister és Wain (B&W) Dániában. Más gyártók: Kawasaki (Japán), Hyundai (Korea) és Fincantieri Naval (Olaszország), hogy csak párat említsünk.



4.2.1.1.6.3 ábra Keresztfejes kétütemű dízelmotor

A legtöbb hajóépítő a Sulzer vagy B&W motorokat licenc alapján építi. A szárazföldi járművekhez és munkagépekhez a legnagyobb kétütemű dízelmotor gyártó a Detroit Diesel Corporation. A kétütemű dízelmotorok teljesítménye nagy intervallumot ölel fel a 353-as Detroit Dieseltől, amelynek teljesítménye kevesebb, mint 75 kW, a 14-hengeres, 102 1/min üzemi

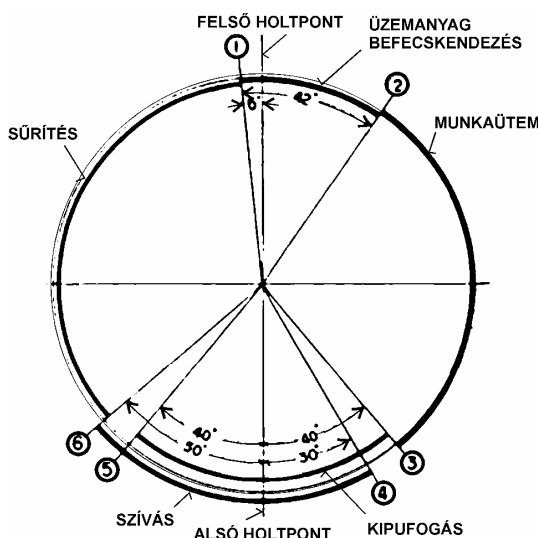
fordulatszámú Sulzer RT-flex96C gépen át, amely 80.080 kW, azaz 109.000 BHP (fékpadi LE) teljesítményt ad le, egészen a MAN B&W K108ME-C-ig. Ez az erőgép az eddigi legnagyobb, a Sulzerhez hasonlóan 14-hengeres, furata azonban nagyobb, 108 cm, vagyis meghaladja az egy métert. Teljesítménye 97.300 kW, ez több, mint 130.000 LE, a 9 m átmérőjű hajócsavart 94 1/min fordulatszámmal hajtja.

Egy nagy nyílttengeri kereskedelmi hajó propulziós főgépét mutatja a 4.2.1.1.6.3 ábra. Az átlagos kétütemű dízelmotor legfontosabb része a *henger*, egy vastag falú hüvely, amelyen levegő beszívó rések vannak elhelyezve a henger alsó 1/3-ában. A hengert a *hengerfej* zárja le, amelyet *hengerfedélnek* is neveznek, és amely a *kipufogó szelepet* is magában foglalja.

A hengerben mozgó *dugattyút* a *hajtókar* köti össze a *forgattyús tengellyel*. A nagyobb *keresztfejes motoroknál* a *hajtórúd* nem a dugattyúhoz csatlakozik, hanem a keresztfejhez, a keresztfej és a dugattyú között helyezkedik el a *dugattyúrúd*. A keresztfej ugyanolyan egyenes vonalú alternáló mozgást végez, mint a dugattyú maga. A kétütemű motor természetes szívás esetén nem kap elegendő levegőt, ezért szükség van egy segédberendezésre, amely nyomás alatt tárolt levegőt juttat a hengerbe, hogy teljes töltés jöhessen létre. A *levegő táptartályt* (receiver) a *feltöltő kompresszor* tölti folyamatosan. A kompresszor meghajtása történhet mechanikusan, elektromotorral vagy turbófeltöltővel.

A *munkafolyamat* jellemzéséhez induljunk el a dugattyú *alsó holtpontbeli* állásából. Amint a dugattyú elindul felfelé, eltakarja a levegő beszívó réseket, és a hengerben levő levegőt eredeti térfogatának töredékére sűríti össze (17:1 és 23:1 közötti arányban, szemben a 9:1 aránnyal a benzinmotoroknál), így mintegy 42 bar nyomás jön létre. Az *adiabatikus kompressziótól* a levegő hőfoka megemelkedik.

Egy keresztfejes kétütemű dízelmotor *kördiagramja* látható a következő ábrán.

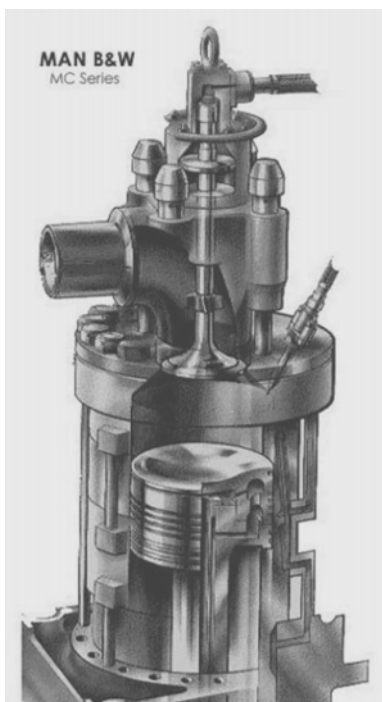


4.2.1.1.6.4 ábra Keresztfejes kétütemű dízelmotor kördiagramja

Mintegy 10 fokkal a *felső holtpont* előtt (a forgattyúcsapon mérve) megkezdődik a porlasztott üzemolaj *befecskendezése*, amely meggyullad a sűrített levegő magas hőfokától. A befecskendezés átlagosan 30 fokon át folyik, a pontos érték függ a motor terhelésétől. Az üzemolaj elégeése során a hengerben fellépő nyomás tovább nő. A felső holtpont után kb. 15 fokkal az égés befejeződik, és a hengerben ekkor uralkodó nyomást hívják *maximális nyomásnak* ( $p_{max}$ ). A  $p_{max}$  értéke 180 és 195 bar közé esik; ez az

oka annak, hogy a dízelmotor annyira robusztus konstrukciójú, el kell viselnie ezt a nyomást.

A nyomás a *dugattyúfenékre* hat és a dugattyút lefelé nyomja. Az egyenes vonalú mozgás a hajtókar és a forgattyús tengely segítségével forgómozgássá alakul, a lefelé ható erő pedig forgatónyomatékká. Az alsó holtpont előtt kb. 45 fokkal, közvetlenül azelőtt, hogy a henger alsó részén levő levegő beszívó réseket a dugattyú mozgása kinyitná, kinyílik a kipufogó szelep, és lecsökken a hengerben a nyomás. A kipufogó gázok hőmérséklete ekkor kb. 600°C.



4.2.1.1.6.5 ábra Keresztfejes kétütemű dízelmotor hengerfeje

A dugattyú tovább mozog lefelé, ezzel szabaddá teszi a levegő beszívó réseket, ahol az atmoszférikusnál nagyobb nyomású elősűrített levegő (0,3-0,7 bar) hatékonyan kisépri az égéstermékeket a kipufogó szelepen át. Ez a folyamat a henger tisztításán kívül annak hűtéséhez is hozzájárul. Az alsó holtpont után 35 fokkal bezár a kipufogószelep, amint a dugattyú tovább halad felfelé, 50 foknál bezárja a levegő beszívó réseket. A szívórések bezáródása után újra elkezdődik a kompresszió, a dugattyú összesűriti a beáramlott friss levegőt, és minden ismétlődik a leírt módon. A hengerfej metszete a 4.2.1.1.6.5 ábrán látható, a 4.2.1.1.6.6 ábra pedig a motor keresztmetszetét szemlélteti.

A hajóépítő szakember számára fontos adat a főgép fajlagos tömege. Ez a szám dízelmotoroknál 10 – 60 kg/LE között van, a gép fordulatszámával nő. A turbó-feltöltéses motoroknál a fajlagos tömeg 5 kg/LE körüli értékre csökkenthető.

*A dízelmotoros propulzió aránya a világ új építésű vagy felújított hajóállományánál.*

Év	Százalékos arány tonnatartalomra	Százalékos arány darabszámra
1925	4	8-10
1933	15	kb. 20
1939	25	kb. 30
1948	21,5 (a Liberty típusú gőzhajók miatt)	kb. 30
1950	25	kb. 30
1962	50	66 (12724 gőzh., 25937 dízel h.)
ma	kb. 50	kb. 70

A jelenlegi adatok tájékoztatóak a statisztikai adatok hiánya miatt. A tonnatartalom szerinti arány állandósulása a négy évtizeddel ezelőttihez képest azzal magyarázható, hogy a gőzgépek helyét a gőzturbina foglalta el, amely a legnagyobb felhasználónak, a haditengerészetnek egyedüli elfogadható változat. A kereskedelmi hajóknál azonban, sőt, a nagyobb személyhajóknál is a dízelmotor a legkedvezőbb megoldást nyújtja. A 2004-ben elkészült Queen Mary II propulzióját például 9 db MAN B&W motor biztosítja.

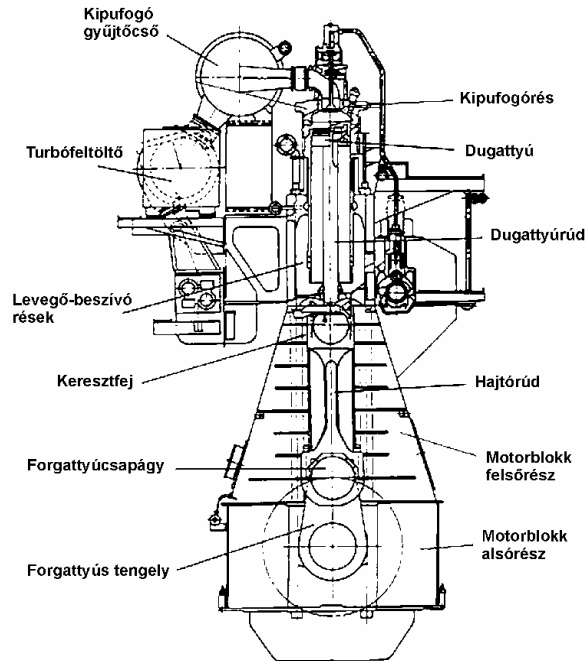
A dízelmotor a gőzgéppel ellentétben önálló zárt egység, minden segédberendezését maga az erőgép hajtja meg.

*A kenőolajrendszer száraz illetve nedves motorteknő rendszerű.*

A kisebb motoroknál a kenést az utóbbi konstrukció jellemzi, a forgattyús tengely főcsapágyait és a szelep-mechanizmust a kenőszivattyú látja el, a többi mozgó



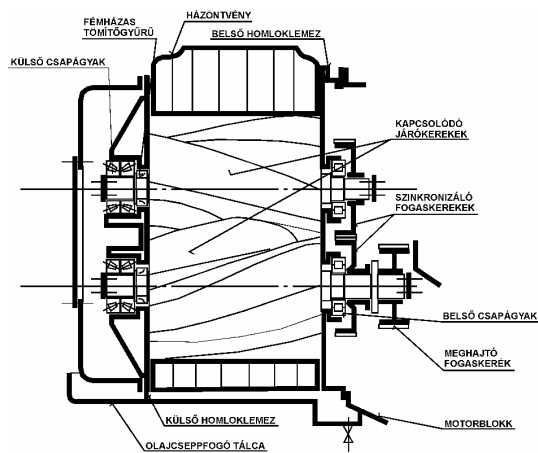
alkatrészhez a motorteknőben levő olaj a forgattyú mozgása hatására verődik fel. A dugattyú kenése az alsó holtpont körül felverődött olajjal történik, ez még sok is, a *lehúzó-gyűrű* azonban eltávolítja a felesleget.



4.2.1.1.6.6 ábra Keresztfejes kétütemű dízelmotor keresztmetszete

A szárazkarterű motorok kenőrendszere teljes egészében kényszerkenés, a motor-teknőben levő olajat a szivattyú minden helyre eljuttatja a kiépített olajvezetékeken. A *fordulatszám szabályozást* a regulátor végzi, amely biztosítja, hogy a megfelelő töltésarányra beállított üzemolaj adagoló rendszer a hajócsavar terhelésének változása esetén is tartsa a kívánt fordulatszámot. Ennek főként tengeri hajóknál van jelentősége, ott is a részrakománnyal utazó áruszállító hajók esetében, amikor a hajócsavar merülése a hullámok miatt nem

állandó.



4.2.1.1.6.7 ábra Mechanikusan meghajtott feltöltő kompresszor

A *motorok indítása* kisebb teljesítményű nem reverzálható gépeknél elektromos indítómotorral történik. A mindkét irányban működőképes (reverzálható) dízelmotorok indítórendszere sűrített levegős, a töltésbeállító mechanizmus vezérli az éppen indulásra kész henger feltöltését, a kellő sebesség elérése után a mechanizmus adagolni kezdi a kívánt fordulatszámhoz

szükséges üzemolaj mennyiséget.

A 4.2.1.1.6.7 ábrán egy mechanikusan meghajtott feltöltő kompresszor látható. A *reverzálható dízelmotorok irányváltása* négyütemű gépnél a szelepműködtető mechanizmus konstrukcióját bonyolítja. Általában a *vezértengely* két különálló *bütyökrendszerrel* rendelkezik, tengelyirányban történő eltolással lehet az előre- illetve hátrameneti bütyökkészletet kiválasztani.

A kezelhetőség azt követeli meg a hajók dízelüzemű főgépeitől, hogy az említett segédrendszerek mindegyike a motor házán illetve burkolatán kívül legyen elhelyezve.

## BBBZ kódex

---

A fordulatszám (géperő) beállítására szolgáló *töltésszabályozás* a géphajók hőskorában közvetlenül a propulziós főgép mellett történt, a kezelés a gépkezelők feladata volt, akik emellett az időszakos kenést, ápolást és karbantartást is elvégezték szolgálat közben. A hajó mozgásának irányítása a szolgálatban levő fedélzeti géptiszt feladata volt, a *géptelegráf* biztosította a kapcsolatot a géptér és a parancsnoki híd között, ahonnan a hajó műveleteit jól be lehetett látni, és ahol a kormánykerék is el volt helyezve. Ez kezdetben szócsőrendszer volt, de a 20. század kezdetétől mechanikus működtetésű jelzőrendszert építettek be a nagyobb géphajókba. A fedélzeti tiszt a telegráf kör-alakú tárcsáján választotta ki a kívánt haladási irányt és géperőt (Egész erő, Fél-erő, Több erő, Egész lassan, Állj) a vezérlő karokkal (minden főgéphez volt egy külön tárcsa és kar), amelyeket a hajósnyelv nyuszi-fülnek nevezett. A huzalokból és kerékpárláncokból kialakított telegráf a géptérben elhelyezett hasonló tárcsán egy mutatót állított a kívánt helyre, minden mozdítás figyelemfelkeltő csengetéssel járt együtt. A gépkezelő a gépeken beállította a kért erőt, majd a géptéri tárcsákon levő karokkal visszajelezte, ezzel a hídon levő tárcsákon a mutatók a megfelelő helyre kerültek. A telegráfrendszer ma is követelmény, de már évtizedek óta a gépek *távvezérlése* része a hajók gépi berendezésének, különösen napjainkban, amikor a hajók gépi berendezései teljes automatizáláson mennek át. A mai gépkezelő, ha van ilyen, csak felügyeletet ad, karbantartást végez, illetve vészhelyzetben hajt végre hagyományos műveleteket.

A 4.2.1.1.6.8 ábra egy géptelegráf parancsnoki hídon elhelyezett egységét mutatja.



4.2.1.1.6.8 ábra Mechanikusan működtetett géptelegráf

A dízelmotorok fejlődésének egyik területe az *égéstér* változatainak kialakítása volt. Az égéstér a hengerfej és a dugattyúfenék közötti tér. Az első dugattyúk egyszerű sík fenékekkel készültek, mivel azonban a dízel üzemolaj elégeése időt vesz igénybe, a motorok fordulatszámának növelése pedig a teljesítmény fokozásának egyik módja, az égés tökéletessé tétele érdekében több lehetőséget is kipróbáltak a tervezők.

- *Közvetlen befecskendezés.* Az égéstér alakját csak a dugattyúfenék formájával lehet változtatni. Finom porlasztásra van szükség,

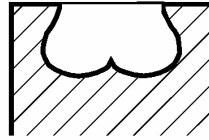
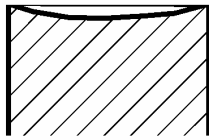
ez korlátozza a porlasztófúvóka nyílásának méretét, tehát csak a legjobb minőségű üzemolaj használható. Előnye a jó indíthatóság.

A kétütemű motorok dugattyúján a jobb átöblítés érdekében kiemelkedést alakítanak ki, ezt tarajnak hívják.

- *Osztott égéstér.* Lényege az, hogy az üzemanyagot nem közvetlenül a dugattyú fölé porlasztják be, hanem a dugattyú feletti égéstérhez csatlakozó, abba rendszerint menetes kötéssel becsavart külön térbe. Ez pontos funkciója szerint lehet *előkamra*, *örvénykamra* vagy *légekamra*. Mindhárom konstrukció az égés tökéletesebbé tételét

szolgálja. Az ilyen kialakítású motorok indítása nehezebb, de erre ma már vannak olyan megoldások, amelyek ezt a hátrányt kiküszöbölik.

A 4.2.1.1.6.9 ábra két gyakori égéstér kialakítást mutat.

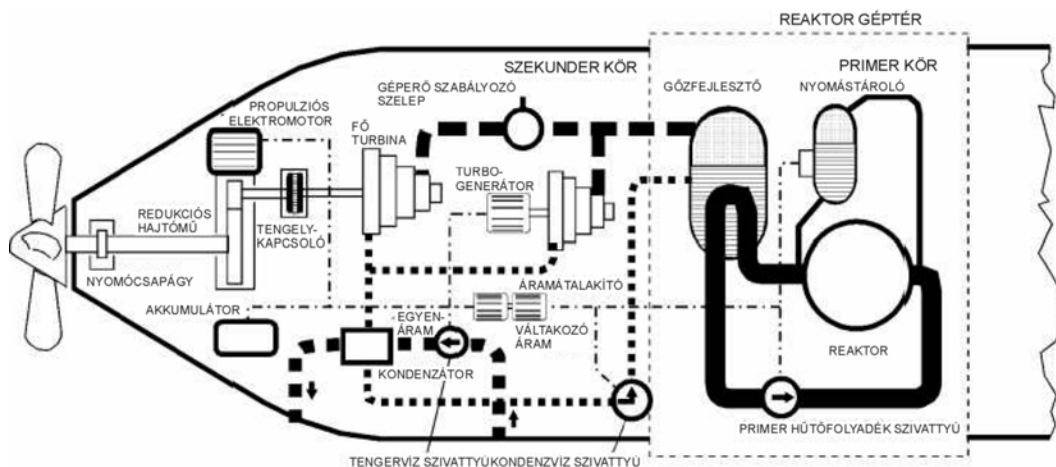


4.2.1.1.6.9 ábra Dugattyúkialakítás közvetlen befecskendezésű dízelmotornál

Az égés folyamatának javítását célozta az a megoldás, ahol egy hengerben egymással szemben dolgozó két *ellendugattyú* működött. A konstrukció előnye volt, hogy a fajlagos fogyasztást 150 g/LEh (204 g/kWh) értékre lehetett csökkenteni. Mivel azonban rendkívül bonyolult kialakítást tett szükségessé a forgattyús tengely és a hajtórudak terén, nem terjedt el. Az ellendugattyús motoroknak két változata volt: a Doxford és a Deltic motor. Az utóbbinál három forgattyús tengely volt 120-fokos elrendezésben, a motor fajlagos tömege nagyon kedvezően alakult. Mivel azonban sok kényes pontja volt, a gyakorlatban ma már nem fordul elő.

#### 4.2.1.1.7 Nukleáris főüzem

A 20. század 50-es éveiben jelentek meg az első olyan nukleáris berendezések, amelyek már nemcsak szárazföldi létesítményekhez voltak alkalmazhatóak, hanem nagyobb teljesítményt és akciósugarat igénylő hajókba is be lehetett őket telepíteni.



4.2.1.1.7.1 ábra Nukleáris propulzióval működő tengeralattjáró sémája

Három fő területen indult el a konstrukciók kialakítása.

- (a) Jégtörő hajók. Ebben leginkább a Szovjetunió emelkedett ki, a fő cél az volt, hogy az Északi Jeges tengeren az évente három hónapos hajózási szezont egész évre ki lehessen terjeszteni. Először két ilyen hajó épült, a Lenin és az Arktika. Az elsőben két reaktor volt aktív, a harmadikat mindig tartalékban tartották. A másodiknál már

## BBBZ kódex

---

ezt nem tartották szükségesnek, ezt a típust hajóosztállyá nyilvánították, és hat ilyen hajó készült. Ezek a hajók olyan nagy vízkiszorítással rendelkeztek, hogy képesek voltak a 2 m vastag sarki jégben való folyamatos haladásra 2 csomó (3,7 km/h) sebességgel.

- (b) Hadihajók. Az első ilyen egységeket az Egyesült Államokban építették, két nagy területük van, a tengeralattjárók és a repülőgép anyahajók vagy hordozók. A tengeralattjáróknál főleg a nagy akció sugar és a tartós víz alatti tartózkodás elérése volt a cél, a hordozóknál a teljesítményigény és az akció sugar volt a fő szempont. Ez a terület az előzővel szemben ma is gyakorlati jelentőséggel bír.
- (c) Folyadékszállító kereskedelmi hajók (tankhajók). Fő szempont az akció sugar és a folyamatos üzem (életciklusának 80%-át haladással tölti).

A hajókba beépíthető nukleáris berendezések vázlata a 4.2.1.1.7.1 ábrán látható.

Amennyiben a nukleáris főüzemet a vele azonos súlycsoportban levő olajtüzelésű gőzturbinás főüzemmel hasonlítjuk össze (kb. 20 ezer LE teljesítménynél), az alábbi táblázat szerinti helyigény mutatkozik m<sup>3</sup>-ben.

	kazán és gőzturbina	reaktor és gőzturbina
géptér	1635	1060
segédgépek	4600	6520
kazán ill. reaktor	2900	815
üzemanyag	2500*	-
összesen	11635	8395

\* Kazánnal fejlesztett gőznél az üzemanyagot tárolni kell, 20 napot számítva kb. 500 óra üzemhez kell üzemanyag, ez kb. 10<sup>7</sup> LEh, amihez kb. 2x10<sup>6</sup> kg tömegű olaj kell, tárolásához 2500 m<sup>3</sup> tankra van szükség.

A teljesítmény általában nagyobb a számított 20 ezer LE-nél, így a különbség még nagyobb. A Lenin esetében a csavarokra adott teljesítmény 44 ezer LE volt.

A hatásfokok alakulása:

termikus hatásfok  $\eta_{\text{term}} = 65-70\%$

generátor hatásfoka  $\eta_{\text{gen}} = 96-98\%$

elektromotorok hatásfoka  $\eta_{\text{mot}} = 97-98\%$

tengelyrendszer hatásfoka  $\eta_{\text{teng}} = 98-99\%$

A reaktor újratöltési ideje kb. 2,5 év.

A nukleáris főüzemnek néhány évtizede sokkal nagyobb jövőt jósoltak, mint ami abból megvalósult. Több tényező is hozzájárult ehhez, a legfontosabb kettő a társadalmi szemlélet és a nukleáris energiához való viszony megváltozása illetve a dízelmotorok terén megvalósult műszaki fejlődés.