
4.2.1.2 Segédgépek

A *segédgépek* azok az erőgépek és általuk meghajtott energiafejlesztő berendezések, amelyek a hajó minden olyan energiaigényének kielégítését szolgálják, amely nincs kapcsolatban a propulzióval. A legkritikább esetektől eltekintve a segédgépek dízelgenerátorok.

A segédgépek fogalmával nem szabad összekeverni egy másik fogalmat, ez pedig a segédüzem. Segédüzem alatt minden olyan gépet és berendezést értünk, amely a géptérben helyezkedik el, és nem a propulziót szolgálja.

A segédgépek helyettesítésére szolgálnak menet közben olyan berendezések, amelyek valamilyen módon a főüzemi berendezés energiaellátásáról kapják saját meghajtásukat:

- gőzüzemű hajók segédüzemi gőzturbinái, elsősorban olyan hajóknál, mint pl. személyszállító hajók vagy hűtőkonténereket szállító járművek, amelyek energiafogyasztása menet közben nem csökken, esetleg még nő is a kikötői állásnál jelentkező igényhez képest,

- *tengelygenerátorok* azoknál a hajóknál, mint pl. szárazáru szállító teherhajók vagy folyami vontató ill. tolóhajók, ahol menet közben a kikötői energiaigénynek csak a töredéke merül fel.

A segédgépek teljesítményének pontos meghatározása csak a hajó tervezésének későbbi szakaszában lehetséges. Első közelítésként tengeri hajók esetén a főgépek teljesítményének kb. 20%-át tételezik fel. Folyami hajóknál ennél valamivel kisebb segédgép teljesítmény elegendő. A lehető leggazdaságosabb üzemi paraméterek elérése érdekében arra kell törekedni, hogy az erőgépek üzemi teljesítményük közelében legyenek igénybe véve. Emiatt nem egyetlen *dízelgenerátort* építenek be, hanem egy kisebb és egy nagyobb teljesítményűt, esetleg a nagyobb teljesítményűből két azonos gépet. Ilyenkor biztosítva van, hogy mindig annyi energia álljon rendelkezésre, amennyi szükséges, emellett az üzemben levő dízelmotor ne járjon üresjáratban, amikor a fajlagos fogyasztás kedvezőtlen. A *párhuzamos üzem* lehetőségét mindenképpen biztosítani kell.

A tervezésnek abban a stádiumában, amikor a segédüzemi berendezések (szivattyúk, fedélzeti gépek, világítótestek, stb.) mind pontosan ismertek, a következő *egyidejűségi táblázatot* kell elkészíteni, amelynek sorai egy-egy fogyasztónak vagy fogyasztó csoportnak felelnek meg, oszlopai pedig egy-egy üzemi állapotnak. A hajók funkciójának jellege miatt a csövezetékek képezik a legfőbb rendszereket, ezek kiszolgálását pedig szivattyúk végzik. Emiatt az elektromos energiaigénynek legalább 30%-át a szivattyúk teszik ki. A szivattyúk motorja alaposan túl van méretezve, ezért a segédüzemi rendszerek is általában túlméretezettek.

Az igazi nagy elektromos fogyasztókat a fedélzeti gépek adják. Ezek üzeme sok bizonytalan tényezőtől függ, pl. a horgonycsörlő névleges teljesítménye a segédgépek teljesítményébe biztonságosan belefér, amikor azonban a horgony felhúzásakor a csörlő motorja egy-egy pillanatra névleges teljesítményének akár kétszeresét is felveszi, a dízelgenerátor fordulatszám-szabályozója kemény feladat előtt áll. Ugyanez a helyzet a rakodó-, ill. kikötő-berendezésekkel és a vontatócsörlővel is.

Egyidejűségi táblázat

BBBZ kódex

	Menet nappal	Menet éjjel	Állás nappal	Állás éjjel	Kikötés	Rakodás	Stb.
Világítás 1							
Világítás 2							
stb.							
Szivattyú 1							
stb.							
Csörlő 1							
stb.							
stb.							

Összesen $\Sigma 1$ $\Sigma 2$ $\Sigma 3$ stb.

A táblázat rendkívül terjedelmes lehet a lehetséges üzemmódok és fogyasztók nagy választéka miatt. Az előforduló valamennyi változatot meg kell vizsgálni. Az egyes fogyasztók bekapcsolásának valószínűségi tényezőjét is meg kell határozni, mert 100% valószínűséget feltételezve a segédüzemi dízelgenerátorok teljesítménye túl nagyra adódik, a gyakorlat pedig azt igazolja, hogy arra nincs szükség. A táblázatba az egyidejűségi tényezővel csökkentett teljesítményigényt kell beírni.

A segédüzemi dízelgenerátoroknál alkalmazott négyütemű dízelmotor fő vonásai

A kisebb hajók propulziójának kivételével (ami egyébként nem elhanyagolható részét teszi ki a négyütemű dízelmotoroknak, különösen a belvízi hajók vonatkozásában) a négyütemű gépeket leginkább áramfejlesztő aggregátokban találjuk meg.



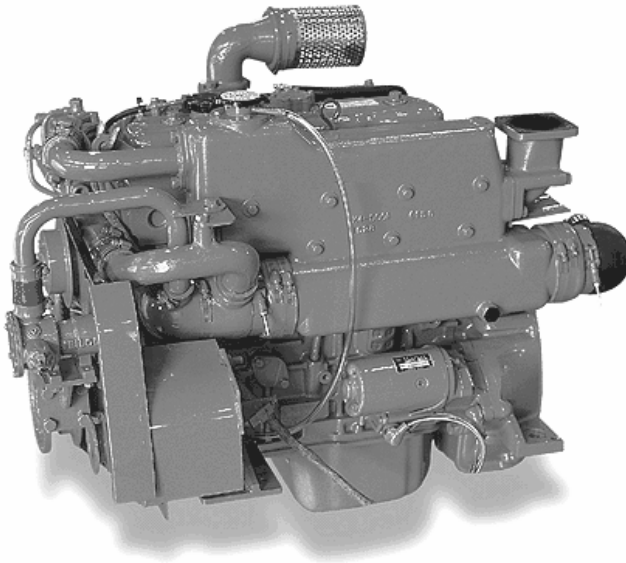
4.2.1.2.1 ábra MAK551 V12 négyütemű dízelmotor segédüzemi generátorral

Egyes hajótípusok lapos építésűek, mint pl. a parti hajók vagy a komphajók, amelyek nem tudnak helyet adni a magas erőgépeknek, ezért olyan aggregátokra van szükségük, amelyek alacsonyabb terekben is elhelyezhetőek. A kompok rakományukat, amelyek leginkább autók, több folyamatos fedélzeten szállítják. Az erőgépeknek el kell férniük a főfedélzet alatt, és ez nem kis

feladat, mivel a kompok általában kis vízmélységnél is tudnak közlekedni.

Az egyik legismertebb komp a Queen of Cowichan, ennek gépei MAK551 V12 típusú négyütemű motorok, amelyek a generátorra egyenként kb. 4500 kW teljesítményt adnak

át. Az aggregátok magassága kevesebb hat méternél, ez a négyütemű dízelmotor méret fordul elő leginkább. A gépek egyike a 4.2.1.2.1 ábrán látható.



4.2.1.2.2 ábra AD034TI típusú hajó dízelgenerátor erőgépe

A négyütemű gépek felépítése összetettebb, mint a kétüteműeké, és emellett fajlagosan (tömegükre vonatkoztatva) kevesebb teljesítményt adnak le. A négyütemű gépek azonban kedvezőbb fogyasztással üzemelnek, és biztonságosabbak nagyobb fordulatszámmal. Ez az oka, hogy a négyütemű dízelmotor a leggyakoribb erőgép a világon, nagy stabil berendezések meghajtását

éppúgy elvégzik, mint a négyszemélyes személyautót.



4.2.1.2.3 ábra A MAK551 V12 négyütemű dízelmotor hengerfeje

A négyütemű dízelmotor üzemanyaga általában dízel üzemanyag, amely sokkal drágább, mint a kétütemű dízelmotoroknál elfogadott nehéz üzemolaj. Az új konstrukciójú nagy négyütemű dízelmotorokhoz azonban már kifejlesztették a *nehézolaj előkészítő rendszert*, amely a nehézolajat a motor számára elégethetővé teszi. Már három évtizeddel ezelőtt gyártottak Magyarországon (Óbudai Hajógyár) olyan tolóhajókat a szovjet megrendelő részére,

amelyben a megrendelő által kifejlesztett előkészítő rendszer volt rendszeresítve. A motorokat ebben a rendszerben dízel üzemanyaggal indítják, és mintegy fél óra alatt az üzemelő motor üzemi állapotra hozza azt a hevítő-szűrő berendezést, amely utána már a motort nehézolajjal táplálja. A motor tartós leállítása előtt néhány percig ismét dízel üzemanyagot kell a motorba betáplálni, hogy a csövekből a nehézolaj eltávozzék,

BBBZ kódex

és a hideg motorba a nehézőlaj ne fagyjon bele. Ez a rendszer már pénzügyileg vonzóbbá teszi a négyütemű motorokat a hajók üzemeltetői számára. A korábban említett komphajók mellett az egyre nagyobb teret hódító luxus személyhajók is elektromos rendszerrel működnek. Négy vagy öt *dízelgenerátort* alkalmaznak, amelyek energiát fejlesztenek a *propulziós elektromotorok* számára, ugyanerről a hálózatról működik azonban a „szállodahajó” többi fogyasztója is (világítás, fűtés, stb.). Ezeknél a hajóknál is az a cél, mint a komphajók esetén, hogy az aggregát minél kevesebb helyet foglaljon el, így több marad a fizető utasok számára. Ezeknél a hajóknál lényegében nincs főüzem és segédüzem, mivel minden elektromos energiáról üzemel.

A négyütemű dízelmotorokat számos cég gyártja (vagy inkább építi), a legismertebb márkák a Caterpillar, Cummins, Detroit Diesel. A hajók esetében azonban a MAN (ez a cég fejlesztette ki Rudolph Diesel motorját), MAK, MTU, Wärtsilä, Deutz nevek jobban ismertek. A négyütemű dízelmotorok szokásos teljesítmény-tartománya 2 és 25.000 kW között van. A motorok felépítése soros vagy V. Az utóbbiban a V8, V12, V16, V20 a legelfogadottabb, a legnépszerűbb gép azonban a soros 6-hengeres dízelmotor.

Egy kisebb és egy jóval nagyobb teljesítményű négyütemű dízelmotorral meghajtott aggregát specifikációját mutatjuk be a következőkben szemléltetésként. Mindkettő a koreai Doosan (Inchon) cég gyártmánya.

A kisebb gép típusa:	AD034TI (hajó dízelgenerátor)
Tengeri minősítése:	ISO 3046 szerint
Maximális teljesítmény:	55 kW (75 LE) 1800 1/min fordulatonál 42 kW (57 PS) 1500 1/min fordulatonál

Fő jellemzők:	
építésmód:	4-hengeres, soros, közvetlen befecskendezésű, vízhűtéses, turbófeltöltővel és közbenső levegőhűtővel
furat x löket	102 x 100 mm
hengerűrtartalom:	3.268 cm ³
kompresszió-viszony:	17,2:1
a forgattyús-tengely forgásiránya:	a lendkerék felől az órajárásnak megfelelő
gyújtássorrend:	1-3-4-2
kenőolaj térfogat a motorban:	6,5 liter
hűtőfolyadék térfogat a motorban:	17 liter
üzemolaj befecskendező szivattyú:	soros
fordulatszám-szabályozó:	elektromos
hűtés:	axiális ventilátorral
főméretek (L x W x H)	789 x 702 x 773 mm

Az aggregát nézetét a 4.2.1.2.2 ábra mutatja.

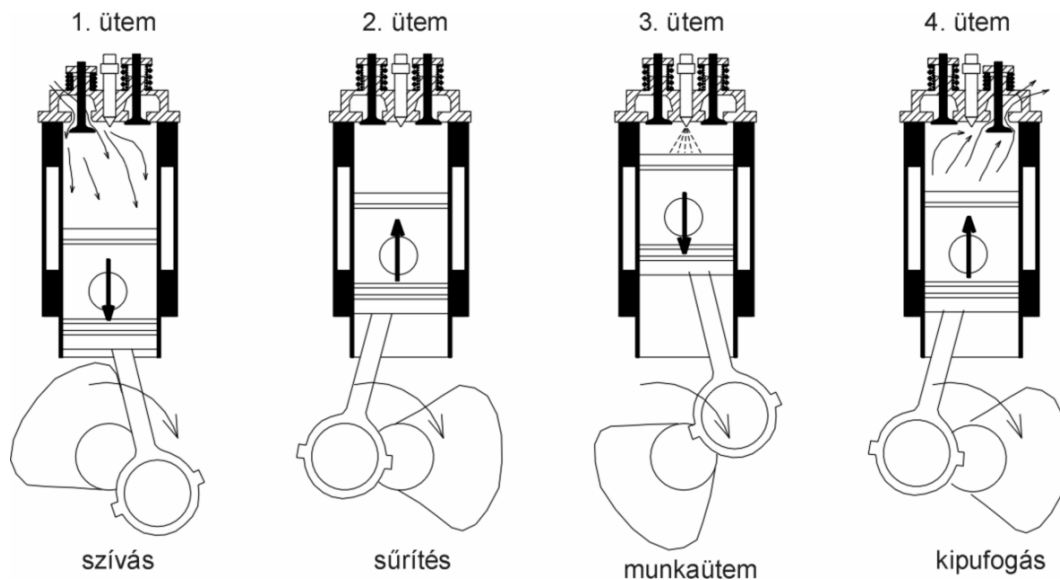
A másik motor típusa:	AD158TI (hajó dízelgenerátor)
Tengeri minősítése:	ISO 3046 szerint
Maximális teljesítmény:	353 kW (480LE) 1800 1/min fordulatonál 302 kW (410LE) 1500 1/min fordulatonál

Fő jellemzők:

4.2.1.2 Segédgépek

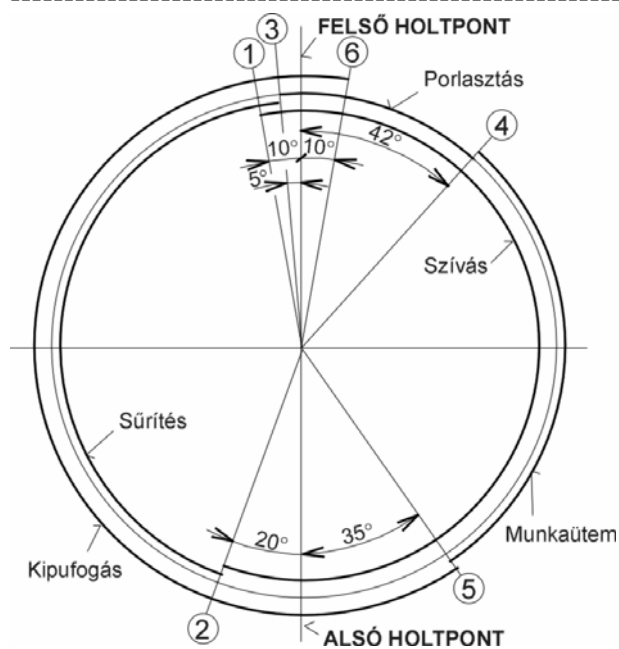
2. kiadás 2009.

építésmód:	6-hengeres, V-elrendezésű, közvetlen befecskendezésű, vízhűtéses, turbófeltöltővel és közbenső levegőhűtővel
furat x löket	128 x 142 mm
hengerűrtartalom:	14.618 cm ³
kompresszió-viszony:	15:1
a forgattyús-tengely forgásiránya:	a lendkerék felől az órajárásnak megfelelő
gyújtássorrend:	1-5-3-6-2-4
kenőolaj térfogat a motorban:	31 liter
hűtőfolyadék térfogat a motorban:	89 liter
üzemolaj befecskendező szivattyú:	soros
fordulatszám-szabályozó:	elektromos
hűtés:	axiális ventilátorral
főméretek (L x W x H)	1037 x 1222 x 1074 mm



4.2.1.2.4 ábra A négyütemű dízelmotor működési ciklusa

A négyütemű dízelmotor működése eltér a kétüteműétől. A legfontosabb különbség az, hogy az üzemanyag elégetéséhez szükséges levegő az égéstérbe a *szívószelepen* át áramlik be a dugattyú szívóhatására, vagy feltöltővel rendelkező motornál a közbenső légtartály nyomásától. A 4.2.1.2.3 ábra a hengerfejet mutatja. A szívó- és kipufogószelep(ek) a hengerfejen foglal(nak) helyet. A motor *működési ciklusa* a forgattyús tengely két fordulata alatt zajlik le, vagyis két dugattyúlöket alatt. A 4.2.1.2.4 ábrán látható a négyütemű dízelmotor működésmódja. A motor működése a dugattyú felső holtponthoz kezdődik. A 4.2.1.2.5 ábra a jobb érthetőség kedvéért a kördiagramot mutatja a négyütemű dízelmotorhoz.



4.2.1.2.5 ábra A négyütemű dízelmotor kördiagramja (1-2 szívás, 2-3 sűrítés, 3-4 üzemanyag porlasztás 4-5 munkáütem, 5-6 kipufogás)

A felső holtpontban a szívószelep nyitva van, a dugattyú szívóhatására a levegő beáramlik a hengerbe. Röviddel azelőtt, hogy a dugattyú elérné az alsó holtpontot, a szívószelep zárása megkezdődik, az alsó holtpont után bezárul. A dugattyú felfelé haladásakor mindkét szelep zárva van, a dugattyú összesűríti a beszívott levegőt a hengerben.

A sűrítés mértéke kb. 15:1 és 23:1 között van, a nyomás a sűrítés végén

kb. 42 bar. Az adiabatikus folyamatnál a levegő hőfoka felszökik.



4.2.1.2.6 ábra Daihatsu gyártmányú nagy teljesítményű dízelgenerátor

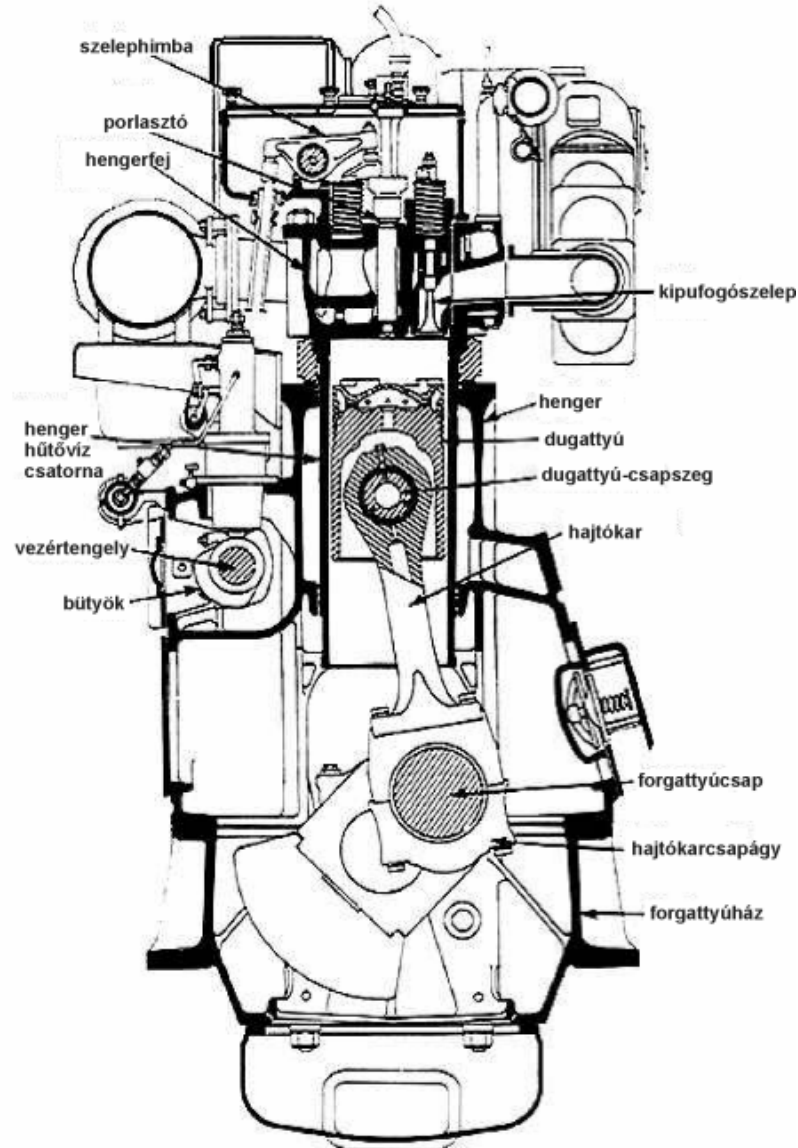
5-10 fokkal a felső holtpont előtt kezdődik az üzemanyag befecskendezése, az atomosan finom részecskék meggyulladnak és elégnak a magas hőmérséklettől. Égés közben a nyomás és ezzel a hőmérséklet tovább emelkedik. A

porlasztás a felső holtpont után kb. 42 foknál véget ér, ennek pontos mértékét a motor töltési állapota szabja meg.

Röviddel ezt követően éri el a hengerben a nyomás a maximális értéket, ezt hívják p_{max} pontnak. A nyomás felső értéke 180-195 bar; ezt kell elviselniük a motor alkatrészeinek.

A nyomás a dugattyú felületére hat, azt lefelé löki, ez a mozgás a forgattyús tengelyen alakul át forgómozgássá, a nyomóerő forgatónyomatékká. Az alsó holtpont előtt kb. 35 fokkal kinyílik a kipufogószelep, és azon át távozik az égéstermék, amelynek hőmérséklete kb. 600°C. A dugattyú az alsó holtpont után felfelé halad és a nyitott

kipufogószelepen át kihajtja a hengerből az égésterméket. A felső holtpont előtt kb. 10 fokkal kinyíló szívószelep és a kipufogószelep együttes nyitott állapota segíti a henger átöblítését. Kevéssel a felső holtpont után bezárul a kipufogószelep, miközben a már leírt szívással a henger megtelik levegővel.



4.2.1.2.7 ábra Álló soros 4-ütemű dízelmotor keresztmetszete