

**HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA
MISKOLCI EGYETEM GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR**

**TÖBBSZINTES, TÖMBTÁROLÁSOS AUTOMATIZÁLT
GÉPKOCSI-TÁROLÓ RENDSZEREK IRÁNYÍTÁSÁNAK
ELMÉLETI MEGALAPOZÁSA**

Ph.D. értekezés

Készítette:

RÁDAI LEVENTE
okleveles mérnök-informatikus

A doktori iskola vezetője:

Prof. Dr. Tóth Tibor
egyetemi tanár

Tudományos vezetők:

Prof. em. Dr. Cselényi József
Professor Emeritus

Prof. Dr. habil Illés Béla
tanszékvezető egyetemi tanár

**MISKOLC
2008**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az értekezés a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karának Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszékén, a Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola doktori képzésének keretein belül készült.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik munkájukkal és segítségükkel hozzájárultak az értekezés elkészültéhez. Különösen tudományos vezetőimnek, Dr. Cselényi József professzor úrnak és Dr. Illés Béla professzor úrnak, akik szakmai irányításukkal, segítőkész munkájukkal és támogatásukkal nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak kutatómunkámhoz.

Szintén köszönetet mondok Dr. Tóth Tibor professzor úrnak, a Doktori Iskola vezetőjének hasznos tanácsaiért és támogatásáért.

Köszönöm a Miskolc Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszéke kollektívájának és doktorandusz társaimnak a szakmai és erkölcsi támogatást.

Végül köszönetet szeretnék mondani családomnak, édesapámnak és menyasszonynomnak, akik mindvégig mellettem álltak és bíztattak munkám során.

Az értekezést Cselényi József professzor úr emlékének szeretném ajánlani.

GYAKRAN ELŐFORDULÓ TÉNYEZŐK JEGYZÉKE

Idő dimenziójú mennyiségek:

- $\bar{t}_V^B, \bar{t}_V^K$: belépő, illetve kilépő járművek vezetőinek átlagos várakozási ideje $[s]$,
- $\bar{T}_C^B, \bar{T}_C^K$: betárolások, illetve kitárolások átlagos ciklusideje a teljes rendszerben $[s]$,
- $\bar{T}_{Cj}$: a j -edik felvonó átlagos ciklusideje $[s]$,
- $\bar{T}_{FHj}$: felvonó szállítási ideje a szállított gépkocsi célszintjéig $[s]$,
- $\bar{T}_{FÜj}$: a felvonó üresjárat ideje a szállítandó gépkocsi tartózkodási emeletére $[s]$,
- $T_{FR}^{B_0}, T_{FR}^{K_0}$: felvonóba rakodás, ill. onnan való kirakodás ideje a be- és kiléptető szinten $[s]$,
- T_{FR}^B, T_{FR}^K : a felvonóba való berakodás, ill. onnan való kirakodás ideje a tárolószinteken $[s]$,
- $\bar{T}_{FVj}$: felvonó tárolószintre való kirakodásra, ill. onnan berakodásra várakozása ideje $[s]$,
- $\bar{t}_V^B$: beléptetéskor jelentkező várakozási idők $[s]$,
- $\bar{t}_S^K$: kiléptetéskor jelentkező sorbanállási idők $[s]$,
- $\Delta\tau_B, \Delta\tau_K$: beléptetéskor, illetve kiléptetéskor megengedett maximális várakozási idő $[s]$,
- $t_{Be\max}^{TS}$: betárolások utáni rendezések műveletenkénti maximális időigénye $[s]$,
- t_x, t_y : az x , illetve y irányú egy cellányi elmozdulás útigénye $[s]$,
- t_{pmax}, t_{pmin} : minimális, illetve maximális parkolási idő $[s]$,
- τ_k : a k -edik szintre betárolható gépkocsik parkolási idejének felső határa $[s]$,
- t_{p*}^i : az i -edik műveletben betárolandó gépkocsi tömeggel korrigált parkolási ideje $[s]$.

Teljesítőképesség dimenziójú mennyiségek:

- $\bar{Q}_B, \bar{Q}_K$: átlagos betárolási, illetve kitárolási teljesítőképesség $\left[\frac{db}{óra} \right]$,
- λ_B, λ_K : betárolási, illetve kitárolási igények beérkezési (jelentkezési) rátája $\left[\frac{db}{s} \right]$,
- μ_B, μ_K : betárolások, illetve kitárolások végrehajtási (kiszolgálási) rátája $\left[\frac{db}{s} \right]$,

Darabszám dimenziójú mennyiségek:

- m : Tárolószintenkénti tárolósorok száma (tárolótér szélessége) $[db]$,
- n : Tárolósorokban levő tárolócellák száma (tárolótér mélysége) $[db]$,
- $\bar{\rho}_B, \bar{\rho}_K$: belépő, illetve kilépő járművek várakozó sorának átlagos hossza $[db]$,

$\bar{\rho}_B, \bar{\rho}_K$: betárolási és kitárolási várakozási sorhosszak [db],

n_E : tárolószintek száma [db],

n_F : a rendszerbe telepített felvonók száma [db],

$\bar{n}_{F\bar{U}}$: üzemelő felvonók átlagos száma [db],

m_j : műveletek száma a j -edik tárolóblokkban, ahol $j = 1, \dots, n_F$, [db],

x_{ijk}, y_{ijk} : a k -edik tárolószinten a j -edik blokkban az i -edik művelet során x , illetve y irányba történő egy cellányi elmozdulások száma [db],

$z_{ij}^H, z_{ij}^{\bar{U}}$: a j -edik felvonó által az i -edik művelet esetén végzett hasznos, illetve üresjárat emelési/süllyesztési távolság emeletek számában mérve [emelet],

N_{gk} : a gépkocsik száma a rendszerben az adott időszakban [db],

n_{T0} : szintenkénti tárolóhelyek maximális száma a blokkban [db],

n_A : akadályozó paletták száma betárolt, ill. kitárolandó paletta célhelyre mozgatásánál [db].

Költség dimenziójú mennyiségek:

$\bar{K}_{\bar{U}}$: rendszer műveletenkénti átlagos üzemeltetési költsége [Ft],

$\bar{K}_{\bar{U}F}$: felvonók műveletenkénti átlagos üzemeltetési költségei [Ft],

$\bar{K}_{\bar{U}T}$: palettamozgató berendezések műveletenkénti átlagos üzemeltetési költségei [Ft],

$\bar{K}_{\bar{U}P}$: tárolópályán történő mozgatások műveletenkénti átlagos üzemeltetési költsége [Ft],

$\bar{K}_{\bar{U}S}$: felügyeleti személyzet egy műveletre vetített átlagos költsége [Ft],

k_{EF} : felvonó fajlagos üzemeltetési költsége [Ft],

k_{ET} : palettamozgató berendezés fajlagos üzemeltetési költsége [Ft].

Energia dimenziójú mennyiségek:

$\bar{E}_F, \bar{E}_T$: felvonók általi, illetve tárolótéri műveletenkénti átlagos energiaigénye [J],

E_{ij}^F : a j -edik felvonó által az i -edik műveletben felhasznált energia [J],

$\bar{e}^{FH}$: a felvonó egy emeletnyi szállításhoz szükséges átlagos energiaigénye [J],

$\bar{e}^{F\bar{U}}$: a felvonó egy emeletnyi üresjáratához szükséges átlagos energiaigénye [J],

E_B^{FR}, E_K^{FR} : a felvonók rakodási műveletének energiaigénye [J],

E_{ijk}^T : a k -edik tárolószinten az i -edik művelet energiaigénye a j -edik blokkban [J],

$\bar{e}^{Tx}$, $\bar{e}^{Ty}$: egy tároló-szállító cella egy cellányi mozgatásához szükséges átlagos energia-igénye x , illetve y irányba [J].

Távolság dimenziójú mennyiségek:

$s_{Be\max}^{TS}$: betárolások utáni rendezésekben résztvevő paletták által műveletenként összesen megtett út maximális nagysága [m],
 s_x, s_y : x , illetve y irányú egy cellányi elmozdulás útigénye [m].

Tömeg dimenziójú mennyiségek:

m^i : az i -edik ciklusban betárolandó gépkocsi tömege [kg],

Dimenziótlan tényezők:

ϕ_B, ϕ_K : betárolások, illetve kitárolások forgalmi rátája.

$\bar{\varphi}$: tárolószintek átlagos kihasználtsága,

φ_{jk}^{TS} : TS által jelölt tömbös tárolótéri diszponálási stratégiánál megengedett maximális alapterület-kihasználási tényező egy blokk egy tárolószintjén, ahol TS a tömbös tárolótéri diszponálási stratégia típusa:

- TR: teljes rendezéses esetén alkalmazott TT diszponálási stratégia,
- RR: részleges rendezéses esetén alkalmazott TT diszponálási stratégia,
- KH: közvetlen hozzáférést biztosító TT diszponálási stratégia,
- NH: nagy kihasználtság esetén alkalmazott TT diszponálási stratégia.

ε_k : k -adik tárolószint kihasználtságának a blokk tárolókapacitásához viszonyított hányada,

Δ : egyenletes kihasználási tényező a gépkocsik tárolószintek közötti elosztásánál,

β : az i -edik ciklusban betárolandó gépkocsi tömegének súlyozási tényezője.

Egyéb jelölések:

$F(t_p)$: a beérkező gépkocsik parkolási idejének eloszlásfüggvénye,

P_{jk}^p : induló állapotban a j -edik blokk k -adik szintjén tárolt gépkocsik prioritási mátrixa,

$\bar{P}_{jk}^{Bp}$: a j -edik blokk k -adik tárolószintjére betárolt gépkocsik prioritási vektora,

p_{ijk}^{Bp} : az i -edik műveletben mozgatott gépkocsi prioritása a j -edik blokk k -adik szintjén.

TARTALOMJEGYZÉK

Gyakran előforduló tényezők jegyzéke	3
Tartalomjegyzék	6
1. Automatizált gépkocsi-parkoló rendszerekkel kapcsolatos kutatások gazdasági és tudományos aktualitása, nemzetközi és hazai vonatkozása	8
2. A témakör nemzetközi és hazai áttekintése	11
2.1. Automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatos nemzetközi és hazai tudományos eredmények áttekintése.....	11
2.2. Az automatizált gépi parkolórendszerek jelenleg létező főbb típusai.....	15
3. A kutatás céljai	19
3.1. Az értekezés célkitűzései	20
3.2. A kutatás módszertana	20
3.3. A dolgozat tematikája	21
3.4. Kutatási környezet.....	22
4. A vizsgálni kívánt rendszermodell meghatározása.....	23
4.1. Az automatikus parkolókkal szemben támasztott követelmények	23
4.2. A tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek felépítése és jellemzői.....	24
4.3. Tömbtárolásos automatikus parkolórendszerek működési folyamatai	29
4.4. Automatizált parkolórendszerek irányításának általános problémái	30
4.5. Tömbtárolású automatikus parkolórendszerek kialakítás szerinti struktúrája	33
4.6. Be- és kiléptető rendszerek és kialakítás szerinti struktúrája	37
4.7. A vizsgálatra kiválasztott rendszer részletes leírása	38
5. Optimumkritérium és célfüggvények.....	40
5.1. A rendszer teljesítőképességének maximalizálása.....	40
5.2. A gépkocsivezetők várakozási és sorbanállási idejének minimalizálása.....	41
5.3. Be- és kitárolások várakozó sorai hosszának minimalizálása.....	42
5.4. Üzemeltetési költségek minimalizálása	43
5.5. Összefoglalás	45
6. Diszponálási feladatok	47
6.1. Felvonók autonóm diszponálásának feladatai.....	47
6.2. Felvonócsoporthoz tartozó jelentkező diszponálási feladatok.....	48
6.3. Tömbtárolásos tárolótérben jelentkező diszponálási feladatok.....	48
7. Felvonók diszponálási stratégiái	49

7.1. Felvonók autonóm irányítási stratégiái	49
7.2. Felvonók csoportos diszponálási stratégiái	65
8. Tömbös tárolótéri diszponálási stratégiák.....	87
8.1. Teljes rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia	90
8.2. Részleges-rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia	95
8.3. Közvetlen hozzáférést biztosító stratégia	108
8.4. Tárolószinti diszponálási stratégia 100%-hoz közeli kihasználtság esetére	116
9. Parkolóházak irányítási rendszere, információáramlása.....	136
9.1. Az irányítási rendszer feladatai	136
9.2. Az irányítási rendszer struktúrája	136
9.3. Az irányítási rendszer elemei	138
9.4. Az irányításhoz szükséges kódok, adatok, bevitelük helye és eszközei	140
9.5. Milyen adatok gyűjtése szükséges és lehetséges és hogyan használhatók fel a rendszer működésének optimalizálásához?	144
10. Az értekezés tézisei.....	149
10.1. Az eredmények hasznosítási és továbbfejlesztési lehetőségei	150
10.2. Az értekezés témájában megjelent tudományos közlemények	151
Szakirodalom	154
Ábrajegyzék	162
Melléklet	165
A. Rendszerelemek és a velük szemben támasztott követelmények	165
B. Felvonók szimulációs vizsgálatának eredményei	177
C. Tárolótéri teljesítőképesség és útigény elemzéséhez használt alapadatok	180

1. AUTOMATIZÁLT GÉPKOCSI-PARKOLÓ RENDSZEREKKEL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK GAZDASÁGI ÉS TUDOMÁNYOS AKTUALITÁSA, NEMZETKÖZI ÉS HAZAI VONATKOZÁSA

Napjainkban a zsúfolt nagyvárosok, városközpontok életében egyre komolyabb problémát okoz a gépjárműforgalom növekedése, mellyel együtt jár parkolóhelyek iránti igények jelentős növekedése. Ez sok esetben a térítésköteles parkolási zónák kijelölése és a tömegközlekedés fejlesztése ellenére is a nagyvárosi közlekedés ellehetetlenüléséhez vezet. Mivel szabad építési terület egyre kevesebb van, valamint ezek mérete egyre kisebb, a megmaradt területekre azonos alapterületen nagyobb tárolókapacitással bíró többszintes parkolóházak és mélygarázsok telepítése lenne indokolt. Viszont sok esetben a rendelkezésre álló területek túl kicsik – ún. lyuktelkek – hagyományos parkolóházak kialakítására, melyekben nagy helyigényű rámpák és közlekedő utak kialakítására van szükség. [41,64].

A gépesített, számítógépes irányítású parkolóházak kiküszöbölik e problémákat, mert a gépkocsikat különböző elektromos, számítógép vezérelt szállítóberendezések mozgatják a beléptető kabintól a szabad tárolóhelyre, illetve a tárolóhelyről a kiléptető kabinhoz, így jelentősen csökkenthető az egy gépkocsira jutó fajlagos helyigény mind alapterületben, mind magasság tekintetében, és nincs szükség nagy szélességű közlekedő utakra és rámpákra, illetve akadálymentesített gyalogoszónákra, lépcsőházakra, és személyfelvonókra. Emellett számos további kényelmi, biztonsági, vagyonvédelmi, környezetvédelmi és gazdasági előnyt is nyújtanak a hagyományos parkolóházakkal szemben. Jelentősen csökkenti a sofőrök parkolóházba történő be-, illetve onnan való kiparkolásra fordítandó idejét:

- a gépkocsivezetőknek csak a beléptető kabinba kell hajtani, itt rögzítenie kell a gépkocsit annak erre szolgáló eszközeivel (kézfék, sebességváltó), átvenni az azonosító elemet (chip-kártya, mágneskártya, vonalkódos bizonylat), és távozhat,
- a beparkolásnál nem kell a szabad parkolóhelyet keresni, így jelenős mértékű (3-5-szörös [14]) felesleges üzemanyag-fogyasztás és szennyezőanyag kibocsátás kerülhető el, a kiparkolásnál nem kell gyalogosan keresni a gépkocsit [76].

Jelentősen csökkenthető a balesetveszély a parkolóházon belül:

- nem áll fent a sofőrök figyelmetlenségéből adódó koccanás, ütközés veszélye, [76,83]
- nincs gyalogosforgalom a parkoló- és közlekedőterületeken.

A légtér fokozott szellőztetését és kivilágítását csak a beléptető és átadó állomásokon kell biztosítani [41].

Egyszerűbben biztosítható a járművek lopás és feltörés elleni védelme [83], kisebb számú biztonsági-vagyonőr személyzettel (csak a kis számú be- és kilépési pontoknál szükségesek), amely jelentősen csökkenti egy őrzött parkoló működési költségeit. Így a gépkocsivezetők hosszabb időre is otthagyhathják járműveiket repülőterek, vasúti pályaudvarok parkolóházaiban, P+R parkolóházakban. A zárt parkolóház egyben védelmet nyújt az időjárás viszontagságai és a szennyeződések ellen is. (Ónos eső, a globális felmelegedés miatt egyre gyakoribb viharok, jégesők.)

Működése magas szinten automatizálható, a parkolóház szabad tároló kapacitása pontosan nyomon követhető, a beérkező gépkocsik számára a szabad helyek különböző prioritások szerint osztható ki. Hozzákapcsolható a városi közlekedés-telematikai és -információs rendszerhez, mely segítségével a gépkocsivezető gépkocsija navigációs rendszere segítségével kiválaszthatja úti céljának legmegfelelőbb szabad parkolóhelyet. [90]

Építészeti szempontból acélszerkezetük kisebb talajnyomást eredményez a hagyományos vasbeton-elemes parkolóházakkal szemben. [81] Moduláris felépítésüknek köszönhetően szerkezeti elemeik előre legyárthatók – mely gyorsabb kivitelezői munkát eredményez –, könnyen áttelepezhetők, újrafelhasználhatók. [82,83]

A gépesített parkolóházak beruházási költségei azonos számú férőhely esetén nem magasabbak, mint a hagyományos parkolóházaké, mert ugyanazon számú parkolóhely kisebb alapterületen, illetve térben valósítható meg, így jelentős költség takarítható meg az építési telek árából [15,64,76,83], illetve mélygarázsoknál a földmunka árából [72,82,83].

Az üzemeltetéshez természetesen szakképzett technikai és karbantartó személyzet szükséges, és az energiafelhasználás és a karbantartási költségek a szállítóberendezések üzemeltetése miatt magasabb, de utóbbi a hagyományos parkolóházak esetén sem elhanyagolható (pl. a betonelemek kipufogógáz, savas eső, só, vibráció és fagy okozta tönkremenetele miatti renoválásai [14], valamint a parkolóház használói utáni takarítás [88]).

Az automatikus gépkocsitárolás további előnye, hogy áruraktározással is kombinálható, így a gépkocsik és a különféle árucikkek tárolása ugyanazon automatikus tárolórendszerben történhet. [57,58] Az esetlegesen megnövekedő parkolási igények esetén az áruraktározás áttelepítése alacsonyabb költséggel oldható meg a gépkocsiparkoló rendszer áttelepítéséhez, illetve bővítéséhez képest, mivel az áruraktározás jellemző méretei és kiszolgáló létesítményei miatt kisebb kötöttségek mellett alakítható ki, így a raktározás áthelyezése miatti többletköltség alacsonyabb, mint a megnövekedett parkolási igények kiszolgálásából származó többletbevétel.

Annak ellenére, hogy az automatikus parkolórendszerek igen komoly potenciállal rendelkeznek a városi közlekedési, parkolási és levegőszennyezési problémák mérséklésében, valamint beruházási és üzemeltetési költségei nem nagyobbak, mint a hagyományos parkolóházaké, elterjedésük folyamata igen lassan halad előre. Ennek több oka is van:

- Külföldön elsősorban az automatizált parkolórendszerekkel, azok előnyeivel kapcsolatos információk hiánya, és a gépkocsivezetők [15,90], a beruházók, finanszírozók, valamint különböző szakbizottságok bizalmatlansága. [76,80]
- Magyarországon szintén az információ hiánya és a bizalmatlanság, de emellett a beruházási és üzemeltetési költségek fedezetének hiánya, mely nemcsak az automatizált, hanem a hagyományos parkolóházak terjedését is gátolja. [84,88]
- Sok esetben a parkolási díjaknál adódó korlátok és viszonylag nagy beruházási költségek korlátozzák az automatizált parkolórendszerek vállalkozási alapon való üzemeltetésének lehetőségét.

Mivel az automatikus parkolórendszerek jelentős szerepet játszhatnak a belvárosi közlekedés normalizálásában és a környezeti ártalmak csökkentésében, ezért különböző infrastruktúra-fejlesztési és környezetvédelmi támogatások pályázhatók meg a beruházási költségek fedezetére, melyek érdekeltté tehetik mind a városvezetést, mind a befektetőket ilyen rendszerek felépítésében és üzemeltetésében. Ezért mindenképp indokolt az automatikus parkolórendszerekkel kapcsolatos logisztikai, rendszertechnikai, valamint közlekedési rendszerbe illesztésének elméleti és tudományos megalapozása.

2. A TÉMAKÖR NEMZETKÖZI ÉS HAZAI ÁTTEKINTÉSE

2.1. Automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatos nemzetközi és hazai tudományos eredmények áttekintése

Az első gépesített parkolóházak már az 1920-as években megépültek, de ezekben az amerikai, angliai és németországi parkolóházakban és mélygarázsokban az emelőberendezések szerepe még csak a meredek rámpák kiváltása volt, mivel az akkori járművek nem bírták a nagyobb emelkedőket. [41,83] A világ első teljesen gépesített parkolóháza 1929-re épült fel a németországi **Halle-ban Walter Tutenberg** építészmérnök vezetésével, mely ember által irányított volt, és napjainkban is működik technikatörténeti emlékműként. [71] Az 1950-es években az Egyesült Államokban új lendületet vett a nagy helyigényű rámpák kiváltása, melyekben **kézi vezérlésű eltolható felvonók** végezték a járművek függőleges irányú szállítását [72], elterjedésük azonban megtorpant a magasabb beruházási költségek miatt, valamint azért, mert a viszonylag fiatal amerikai városok még bőven rendelkeztek nagyobb méretű szabad építési területekkel szemben a nagy európai történelmi városokkal. [78]

Napjainkban Kanadában, Európa más országaiban (Németország, Egyesült Királyság, Svédország, Ausztria, Olaszország, Spanyolország, Magyarország), Oroszországban, Japánban, Ausztráliában, Dubaiban és Koreában is üzemel számos teljesen automatizált gépi parkolórendszerek.

Automatizált parkolórendszerek témájával elsősorban a nagy teherbírású, nagy teljesítményű automatizált raktározási rendszereket tervező és gyártó vállalatok foglalkoznak, felhasználva az abban szerzett mintegy 30 éves tapasztalatokat. [73,81,84,85] Ezek a cégek (például Mannesmann Demag Fördertechnik AG, Krupp Industrietechnik GmbH, Otto Wöhr GmbH, SSI Schäfer AG, Schwörer Bautechnik GmbH, Noell GmbH, Lödige Fördertechnik GmbH, Trevipark Ltd., Robotic Parking Inc.) automatikus raktározási rendszereket alakítottak át, illetve fejlesztettek tovább személygépkocsik tárolására és mozgatására alkalmas automatizált gépkocsi-tároló rendszerekké. Emellett sok egyéni feltaláló is számos új ötletet és megoldást szabadalmaztatott. A piacon és a szabadalmi nyilvántartásokban számos különféle megoldást találunk tehát a gépesített parkolás gépészeti kialakítására, viszont az irányítás és diszponálás kérdéseivel ezek nem, vagy csak érintőlegesen foglalkoznak.

Az automatizált parkolórendszerek típusait több kutató is rendszerezte munkáiban. [15,46,49,58,83] Ezekben az általunk vizsgált tömbtárolásos parkolórendszer a „köttele-

nül” eltolható palettás, tömbtárolásos rendszerek közé sorolható, melyben a palettákat a tárolótér padlózatába épített mozgóberendezések vízszintes síkban felváltva két koordináta mentén képesek mozgatni. Ilyen rendszereket a „Sort and Store” GmbH és a Lödige Fördertechnik GmbH alakított ki [43], de léteznek magyar szabadalmak is. Egyik a négyzet-keringős gépjármű tömegtároló (HU96023-1998-04-28), mely négyzet alakú palettákon tárol két-két, a könnyebb be- és kiparkolást segítő ellentétes irányban leparkolt gépkocsit. Előnye, hogy kevesebb, bár nagyobb teljesítményű palettamozgató egységre van szükség, hátránya viszont, hogy nagyobb az egyszerre mozgatott tömeg, bonyolultabb, nagyobb területigényű a be- és kiléptető rendszer kialakítása, és nem teszi lehetővé a gépkocsi sérülésének, idegenkezű hozzáférésének teljes kizárását, mert olyan palettára kell be- és onnan kiparkolni, amelyen esetleg már áll egy másik autó. A másik magyar fejlesztésű parkolórendszer a „Rolling Trans System” nevű magyar szabadalmon alapul [79]. A rendszer kialakításának és irányításának sajátossága, hogy a beruházási költségek csökkentése céljából a tárolótér élei mentén elhelyezkedő cellák csak egy koordináta mentén tudják a palettákat mozgatni. A paletták mozgatása mindkét magyar rendszer irányításánál és diszponálásánál a leggyorsabban elérhető szabad tárolócella kiválasztása, illetve a legrövidebb idő alatt történő kitárolás elve szerint történik.

Emellett a Wöhr Autoparksysteme GmbH alkalmaz tömbös tárolást egyes rendszereinél, de ezek elsősorban folyamatos működésű palettamozgató berendezéseket alkalmaznak. [70]

A nagy gyártók által forgalmazott rendszerekről szintén általánosan elmondható, hogy elsődleges vezérlőelv a leggyorsabban elérhető szabad tárolócella kiválasztása kiegészülve a tárolótér elérési idő szerinti zónákra osztásával, illetve a kombinált ciklusok alkalmazásával. A kitárolás magasabb prioritást élvez a betárolásnál.

A kilencvenes évek elején kezdett az Egyesült Államokba kitelepült német Gerhard Haag automatizált parkolórendszerek fejlesztésével foglalkozni, mely keretében központi PC-n alapuló irányítási rendszert dolgozott ki. Első, az Ohio-i Leetona-ban 1993-ban megépített tesztrendszere még kézi vezérlésű volt, ezután 1999-től kezdte meg USA első teljesen automatizált parkolórendszerének felépítését, de 2001-ben az irányító rendszer megvalósításának problémája miatt évekre megtorpant. [87] Szintén az USA-ban működnek olyan, zárt felhasználói körű állványos tárolós automatikus parkolók, melyek irányítási rendszerei már képesek „megtanulni” a gépkocsitulajdonosok távozási szokásait, és ezek szerint helyezik el a tárolótérben a gépkocsikat a beérkezésükkor. [77]

Az általunk elérhető külföldi szakirodalomban viszonylag kevés kutatás jellegű munka áll rendelkezésre automatizált parkolórendszerek témakörében, ezek egy részét a Dortmundi Egyetem Gépészmérnöki karának Anyagmozgatási és Raktározási Tanszékén (Uni-DO FLW), illetve a Fraunhofer Gesellschaft Anyagáramlási és Logisztikai Intézetében készültek Reinhardt Jünemann professzor vezetésével. Ennek keretében Joachim Kirchmann doktori disszertációjában új gépészeti megoldásként gépjárművek palettanélküli szállítására alkalmas oldalvillás szállítókocsit mutatott be, melyhez felvonókkal kiszolgált többszintes, átmenő tároló elrendezést alakított ki. Továbbá meghatározta a legnagyobb teljesítőképesség elérését biztosító diszponálási stratégiát, valamint vizsgálta a kidolgozott stratégia mellett elérhető teljesítőképességet a folyosóhossz és az emeletek számának függvényében. A kialakított stratégia kiterjed az emelet- és tárolóhely megválasztására, illetve a kitárolási sorrendre, valamint a feladatok szatellitkocsik általi, illetve azok felvonók általi kiszolgálási sorrendjére és a felvonók várakozási helyére, mely során várható kitárolási idő nincs figyelembe véve. [15] Jörg Salomon a gazdaságosság szempontjából hasonlította össze és értékelte a hagyományos és automatikus parkolórendszerek különböző főbb típusait, a tárolókapacitás és elrendezés, valamint az egyes költségtényezők függvényében. [46] Volker Sadowsky diplomamunkájában a Lödige GmbH „Tic Tac” típusú központi ürespaletta-tárolós, többszintes, tömbtárolásos rendszerének különböző kisméretű elrendezés-változatait vizsgálta a teljesítőképesség szempontjából analitikus és szimulációs módszerekkel, melyhez legkisebb telítettségű emelet és a legrövidebb idő alatt elérhető tárolóhely elvén alapuló stratégiát alkalmazott. A vizsgálatok során elemezte a tárolószint telítettségének hatását is a teljesítőképességre. [43] Markus Fittinghof a piacon fellelhető hagyományos és automatizált parkolórendszerek főbb változatainak teljesítőképesség alapján történő összehasonlításával foglalkozott egy adott - a munkabajárók által generált – forgalmi viszony esetén, melyhez analitikus és szimulációs módszereken alapuló teljesítőképesség-meghatározást dolgozott ki. A figyelembe vett diszponálási stratégiák között csak a legrövidebb idő alatt elérhető tárolóhely elve, illetve az elérési idő szerint kialakított zónák kerültek alkalmazásra. [49] Emellett már megemlíti az információs rendszer és az adatgyűjtés szükségességét a hatékonyság- és a felhasználói komfortnövelés eszközeként, és röviden összefoglalja főbb funkcióit.

A külföldi szakirodalomban a számos példát találhatunk arra is, amikor az automatizált áruktározás és a gépkocsik automatizált tárolása egyazon tárolórendszerben, kombináltan jelenik meg. Ilyen megoldásokat Jünemann és Fittinghoff is tervezett és létrehozott, melyek egy része meglévő épületek és csarnokok átalakításával került megvalósításra [58]

A legérdekesebb megoldást Markus Kuhn dolgozta ki disszertációjában, melyben az alapterület-kihasználás és a rugalmasság növelése céljából több szegmensből álló, szétkapcsolható görgős tárolópalettát tervezett és csatornás tömbös tároló elrendezést alakított ki, ezzel az egy tárolópalettára összeállított árukomissiókhoz, illetve a változó hosszúságú gépjárművekhez mindig a szükséges hosszúságú szegmensvonalat rendelhető hozzá. A mű nem tartalmazza viszont az irányítás és diszponálás kérdéseit, pedig az osztott kiszolgáláson túl a veremszerű tárolócsatornák és a szétkapcsolható palettaszegmensek diszponálási lehetőségei a korábbi rendszerekhez képest merőben új és érdekes kérdéseket vetnek fel az üzemeltetés optimalizálása terén, melyek megoldásához több módon, a szakirodalomban található módszerek újszerű alkalmazásával, illetve új algoritmusok kifejlesztésével is el lehet jutni. [57]

A hazai szakirodalmat áttekintve számos tudományos diákköri dolgozat készült a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Karának Közlekedésüzemi Tanszékén automatizált parkolórendszerek összehasonlításával kapcsolatban. Továbbá az Építőgépek, Anyagmozgatógépek és Üzemi Logisztika Tanszék irodaház parkolási igényeit kiszolgáló, kis forgalmú, felrakógépes parkolórendszer konkrét rendszerterve is kidolgozásra került Dr. Kása László egyetemi docens vezetésével [73,74], melynél az irodaház egyes dolgozóinak munkaidejének kezdetét és végét megfelelően ütemezve tartják minimumon az elérési időt FIFO elvű kiszolgálással.

A Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszékén Cselényi József professzor vezetésével több, mint 10 éve folynak kutatások automatikus parkolórendszerek témájában. Ennek keretében számos tudományos-szakmai dolgozat és több hallgatói munka (diplomamunka, tudományos diákköri dolgozat) készült elsősorban felvonókkal és palettakocsikkal kiszolgált parkolórendszerek tervezésének és irányításának módszereivel és elméleti, tudományos megalapozásával kapcsolatosan. Tömbtárolás témájában Burján Tamás a Zürich-i Műszaki Egyetem (Eidgenössische Technische Hochschule) és a ME-ALT együttműködésének keretében dolgozott ki keretes palettán alapuló, daruval kiszolgált gépjármű-tároló rendszert és ennek irányítási stratégiáit, melyben a tömbtárolás nemcsak a keretes paletták egymás mellé, hanem egymás fölé halmazolásával is megvalósul. Analitikus és szimulációs módszerekkel vizsgálta a kiszolgálási időket a daru manipulációs sebességeinek függvényében, valamint a várakozási időket különböző forgalmi viszonyok között. [18] Gadóczy Csaba és Kulcsár Péter felvonókkal és palettakocsikkal osztottan kiszolgált parkolórendszerek különböző elrendezésváltozatait vizsgálta szimulációs módszerekkel a teljesítőképesség függvényében különböző irányítási stratégiáik, valamint a

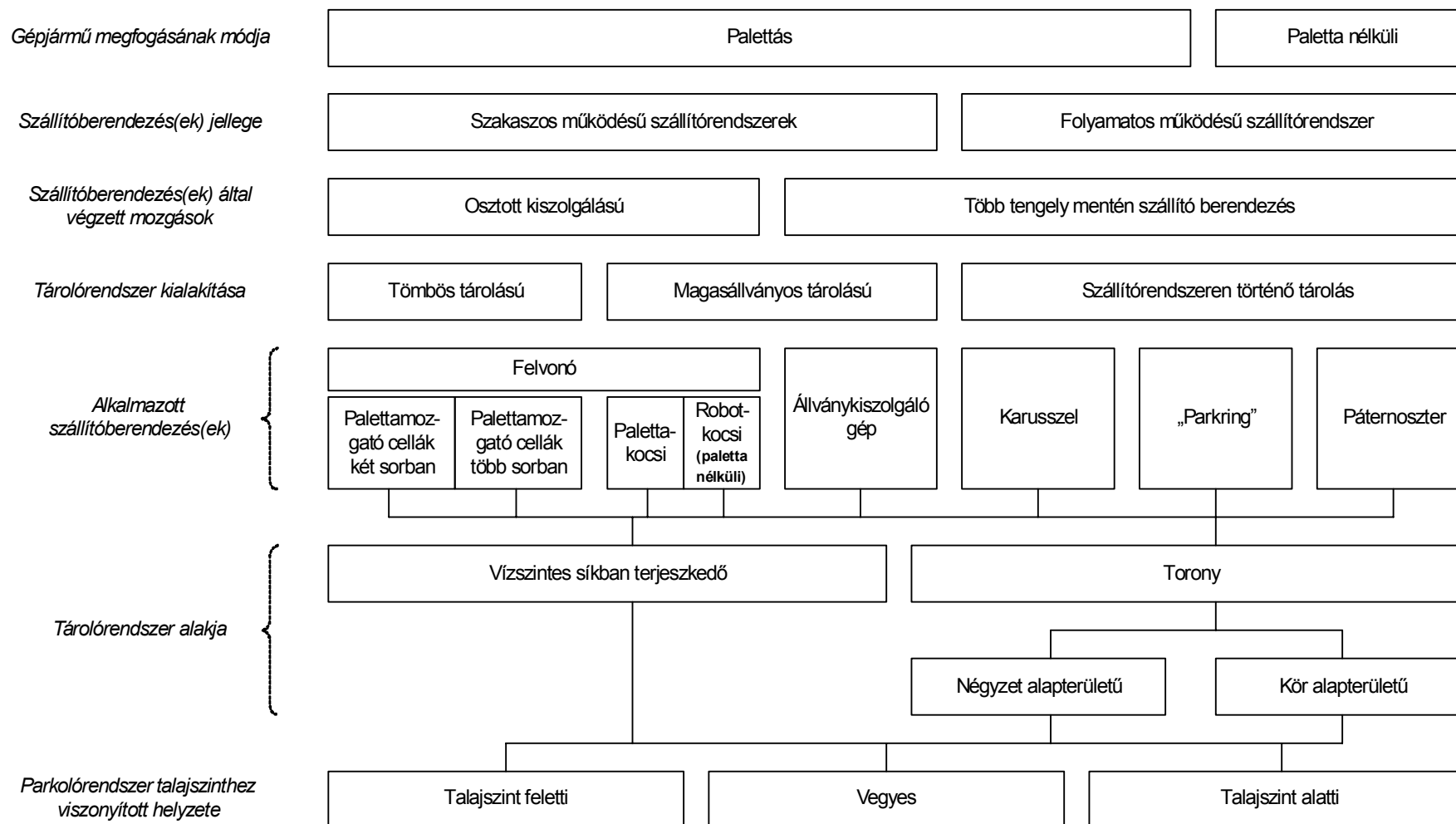
kiszolgáló berendezések különböző manipulációs sebességei mellett. [50-52] A kidolgozott diszponálási stratégiák a szakirodalomban található stratégiákat felhasználva kerültek kialakításra, melyeknél már megjelenik a gépkocsik becsült parkolási időtartama, illetve kitárolási időpontja szerinti rendező elv alkalmazása. Szabados Gábor foglalkozik felrakógéppel, illetve felvonókkal és palettakocsikkal kiszolgált parkolórendszerek irányításának optimalizálásával, melynek első lépéseiben a két eltérő típusú rendszer összehasonlító értékelését végezte el. [53,56,59-65,67] Ennek során az elérési idő szerinti zónákon alapuló, illetve a szakirodalomban található különböző diszponálási stratégiákat alkalmazta. Továbbá az ágens alapú irányítás alkalmazásának lehetőségeit is vizsgálja. [96] Emellett készültek dolgozatok azonos alapterületű hagyományos és automatizált parkolórendszerek tárolókapacitásának összehasonlítása, illetve kis- és közepes méretű parkolórendszerek teljesítőképességének analitikus úton történő meghatározásának témájában is. [65,68,69]

Az általunk vizsgált kötetlenül eltolható palettás, tömbtárolásos parkolórendszerek irányításának elméleti megalapozásával és működésének optimalizálásával kapcsolatban az elérhető szakirodalomban, tudományos adatbázisokban, valamint az interneten további utalást nem találtunk.

Összegezve tehát megállapítható, hogy nagyméretű, komplex felépítésű, többszintes tömbös tárolású automatizált parkolórendszerek diszponálási stratégiái és üzemeltetésének komplex információs háttere részletesen ezidáig nem került kidolgozásra. A szakirodalomban számos, elsősorban a felvonóval és palettakocsi különböző típusaival osztottan kiszolgált parkolórendszerekkel kapcsolatos irányítási stratégia található, melyek részben, kiegészítésekkel, illetve a forgalmi viszonyoktól függő paraméterezés alkalmazásával felhasználhatók a vizsgált rendszer irányításában. Ennek során célszerű a gépkocsik becsült parkolási időtartama, illetve kitárolási időpontja szerinti rendező elv alkalmazása, leginkább a tömbös tárolótérben, amelyre eddig még nem volt példa. A szakirodalomban számos példát találunk a különböző diszponálási stratégiák, illetve különböző rendszerméretek összehasonlító vizsgálatára, amelyekhez a vizsgált rendszerváltozatok komplexitásától függően analitikus és szimulációs módszereket is alkalmaznak.

2.2. Az automatizált gépi parkolórendszerek jelenleg létező főbb típusai

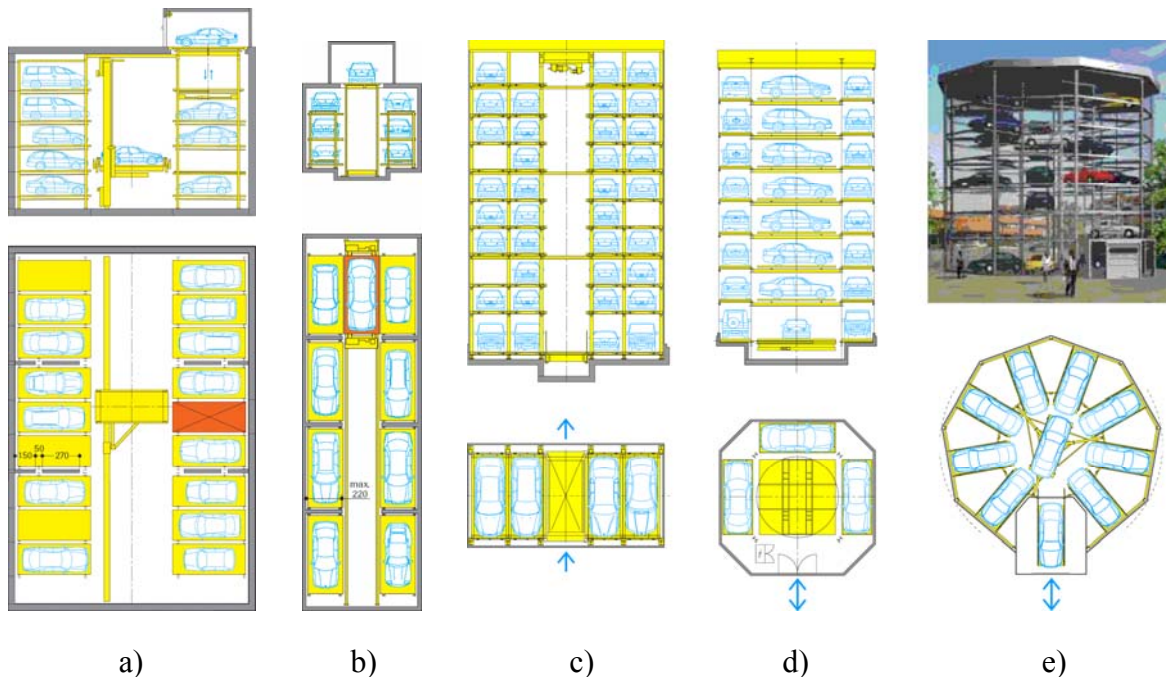
Az automatizált parkolórendszerek egy – a teljesség igényét mellőző, csak a fő irányokat bemutató – rendszerezését a 1. ábra mutatja be.



1. ábra

Az automatizált parkolórendszerek változatainak struktúrája

Teljes rendszerezésre azért nem törekszünk, mert sok automatizált raktári rendszerekkel, anyagmozgató berendezésekkel, illetve acélszerkezetekkel foglalkozó cég jelent meg egyedi termékeikkel az automatizált parkolórendszerek piacán. A típusok nagyobbik részét elsősorban a felrakógéppel, felvonóval, valamint felvonóval és palettakocsival kiszolgált hosszirányú és radiális állványos rendszerek teszik ki, mivel az automatizált raktározási rendszerekkel foglalkozó cégek ezek területén rendelkeznek a legnagyobb tapasztalatokkal, valamint az automatizált parkolórendszerek típusai közül elfogadható beruházási költséggel, térkihasználással és teljesítőképességgel rendelkeznek. A következőkben néhány példán keresztül szemléltetésre kerülnek a főbb típusok és változatok. (2. ábra)



2. ábra

Palettás állványos tárolós automatizált parkolórendszerek [70]

A 2/a és 2/b ábrák egy-egy példát mutatnak be felrakógéppel kiszolgált, palettás, állványos automatikus parkolórendszerekre 2/a keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási mód esetére. A 2/c, 2/d és 2/e ábrák felvonóval kiszolgált palettás, állványos tárolórendszereket mutatnak be, ahol a 2/d és 2/e változatok emelőberendezéseinek járószékén forgatóberendezés is kialakításra kerül.

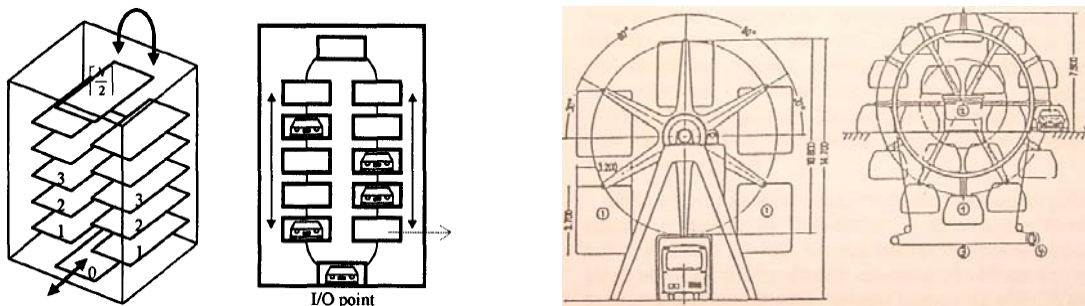
A 3/a és 3/b ábrák paletta-nélküli automatikus parkolórendszereket mutatnak be. A 3/a ábrán bemutatott Skyparkban a gépkocsit egy lapos kialakítású szatellitkocsi a kerekeket előlről és hátulról közrefogó és összeháródó megfogókarok segítségével felemeli és így módon szállítja a kijelölt állványos tárolóhelyre felvonó közreműködésével.



3. ábra

Paletta-nélküli, osztott kiszolgálású állványos automatikus parkolórendszerek [82,70]

A 4. ábra szállítóberendezésen történő tárolást mutatnak be. A körforgó tárolók jellegzetessége, hogy egy gépkocsi, illetve tárolóhely eléréséhez az összes tárolóhelyet és így a tárolt gépkocsikat mozgatni kell, amely jelentős energiaigénnyel jár.



4. ábra

Szállítóberendezésen történő tárolás páternoszteres, illetve körforgó tárolón [87]

3. A KUTATÁS CÉLJAI

A kutatás a többszintes, felvonóval kiszolgált tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek tervezési és irányítási módszereinek elméleti megalapozását és kidolgozását tűzi ki célul, mellyel elősegíthetők azok hatékonyságának növelése, valamint beruházási és működési költségeinek csökkentése az alábbi alapfeltételek mellett:

- a tárolószinteken palettás tömbös tárolási mód kerül alkalmazásra egymás mellé telepített autonóm hajtású tároló-mozgató cellák segítségével, melyekben a tárolópaletták derékszögű koordinátamozgást végeznek,
- a be- és kiléptető rendszer kombináltan kerül kialakításra, a tárolószintektől elkülönítve a földszinten,
- minden felvonó rendelkezik egy hozzárendelt be- és kitárolási csatornával,
- az üres paletták tárolása a be- és kiléptető rendszerhez kapcsolódó automatizált ürespaletta-tároló rendszerben történik.

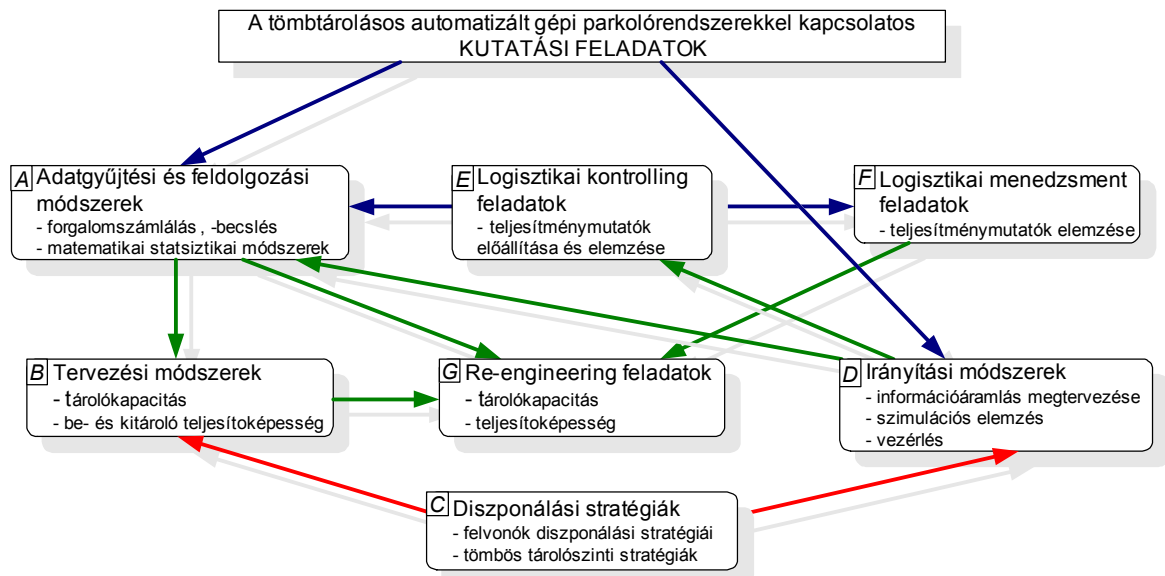
A tervezési módszerek elméleti megalapozásának célja egy adott telepítési környezetben kialakítható optimális rendszerváltozat és paramétereinek meghatározása, melynek során a következő jellemzőket kell meghatározni:

- adott forgalmi környezet kiszolgálásához szükséges tárolókapacitás,
- a forgalmi környezetben megengedett legnagyobb kiszolgálási időt (felső korlát) biztosító teljesítőképesség igény betároláskor, illetve kitároláskor,
- a szükséges tárolókapacitást és teljesítőképességet biztosító rendszerkialakítás és eszközszám, valamint ezek teljesítménye.

Ennek során a rendelkezésre álló erőforrások (pénzügyi, fizikai) és technológiák korlátozó tényezőkként jelennek meg.

Az irányítás elméleti megalapozásának célja, hogy a többszintes, tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek működtetése során a rendszer felépítéséből, kialakításából adódó döntési szituációkban a megfelelő döntések meghozatalával érjük el a megadott feltételek melletti optimális működést, melyet a minimális kiszolgálási idők és a minimális működtetési költségek kritériumai együttesen jellemeznek, figyelembe véve az egyes időszakok forgalmi intenzitását, illetve az ezekre vonatkozó múltbeli adatokat, melyek a rendszer működése során folyamatosan gyűjtendők.

A 5. ábra bemutatja az automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatos kutatási feladatok struktúráját.



5. ábra

A témával kapcsolatos kutatási feladatok struktúrája

3.1. Az értekezés célkitűzései

A értekezés a többszintes, tömbtárolós automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatosan vázolt kutatási feladatok közül az irányítás elméleti megalapozását, ezen belül a működési folyamatok elemzését, optimalizálását és diszponálási stratégiáinak kidolgozását, valamint az információs és kontrolling rendszer kialakítását vállalja fel. A diszponálási stratégiák az osztott kiszolgálás szerint két csoportra bonthatók – felvonók és tárolótér diszponálási stratégiái, melyek közül a tárolótéri diszponálási stratégiák a fejelrendezésű rendszerváltozatra kerülnek meghatározásra és vizsgálatra.

3.2. A kutatás módszertana

A szakirodalom elemzéséből megállapítható, hogy többszintes tömbtárolású automatizált parkolórendszerek különböző változatokban már kifejlesztésre kerültek, de diszponálási stratégiái és üzemeltetésének komplex információs háttere – mely elengedhetetlen az optimális működtetés megvalósításához – részletesen ezidáig még nincsenek kidolgozva. Diszponálási stratégiák az elterjedtebb állványos, osztott kiszolgálású rendszerekhez számos változatban rendelkezésre állnak, melyek bizonyos mértékű hasonlóság miatt kiindulási alapot jelenthetnek az általános modell és a tömbös tárolótéri stratégiák kidolgozásában.

A szakirodalomból ismert típusok és további jellegzetességek, illetve kialakítási lehetőségek alapján feltárható a tömbtárolás rendszerek egyes változatainak struktúrája és általános modellje, melyhez meg kell határozni a működtetés feltételi rendszerét és cél-függvényeit. Ez alapján különböző heurisztikus módszerek segítségével kidolgozhatók a rendszer diszponálási stratégiái, melyek az osztott kiszolgálás jellege miatt különválaszthatók a felvonók, illetve a tömbös tárolótér diszponálási stratégiáira. A tömbös tárolótéri stratégiák kidolgozásához fel kell tární a tárolótérben lehetséges rendezési lehetőségek egyes változatainak struktúráját, amit a diszponálási stratégiák kidolgozásánál szintén figyelembe kell venni. A kidolgozott stratégiák vizsgálata elsősorban analitikus úton, illetve szükség esetén szimulációs módszerrel is megvalósítható. Végül meg kell határozni az általánosítható eredményeket.

3.3. A dolgozat tematikája

A dolgozat először áttekinti a gépesített, számítógépes irányítású, automatizált gépkocsi-tároló rendszerek alkalmazása által kínált közlekedési és parkolási előnyöket, a velük kapcsolatos kutatások gazdasági és tudományos aktualitását, valamint az automatizált parkolórendszerek területén elért tudományos kutatási eredményeket, kialakult főbb típusokat és ezek változatait, sajátosságait és működési jellemzőit.

Ezután összefoglalja a tömbtárolásos automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatos kutatási feladatok célkitűzéseit és kijelöli a jelen munkában megoldandó részfeladatokat.

Áttekinti az automatikus parkolórendszerekkel szemben támasztott követelményeket, tervezésük és irányításuk általános problémáit, majd feltárja a tömbtárolásos parkolórendszerek kialakítás szerinti struktúrálódását, az egyes változatok főbb jellemzőit és felépítését, szerkezeti elemeit, a velük szemben támasztott követelményt és tendenciákat. Emellett áttekinti a be- és kiléptető rendszerek felépítését, elemeit és kialakítás szerinti struktúrálódását, valamint feltárja általános működési folyamatait.

Részletesen bemutatja a vizsgálatra kiválasztott rendszerváltozatot. Meghatározza a rendszer tervezésekor és irányításakor figyelembe veendő optimumkritériumokat és célfüggvényeket, melyek alapján kidolgozhatók a rendszer diszponálási stratégiái.

Feltárja a rendszer irányításánál jelentkező diszponálási feladatokat. Bemutatja az egyes diszponálási feladatok megoldására szolgáló stratégiákat és ezekkel elérhető célfüggvényértékek maximumát, majd ezek alapján összehasonlítja az egyes stratégiákat.

Bemutatja az irányítási rendszer hierarchikus struktúráját és elemeit, az egyes elemek feladatait és a közöttük áramló információkat.

Végül tézisszerűen összefoglalja az elért eredményeket és azok hasznosítási, valamint továbbfejlesztési lehetőségeit.

3.4. Kutatási környezet

A témával a Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszékén Prof. Em. Cselényi József és Prof. Dr. habil. Illés Béla tudományos vezetők irányítása mellett foglalkozom. A tanszék régóta végez kutatásokat az automatizált parkolórendszerek témájával kapcsolatban, mely eredményeként számos tudományos-szakmai dolgozat és több hallgatói munka (diplomamunka, tudományos diákköri dolgozat) készült el. Ez kiváló szakmai háttérrel biztosít a kutatómunka során. Kapcsolatban áll a Dortmundi Egyetem Anyagmozgatási és Raktározási Tanszékével (Uni-DO FLW), illetve a Fraunhofer Gesellschaft Anyagáramlási és Logisztikai Intézetével, ahol szintén számos kutató folytatott és folytat automatizált parkolórendszerekkel kapcsolatos kutatómunkát. Az elért eredmények a tanszék oktatási anyagában is beépítésre kerülnek, elősegítve azok szélesebb körben való megismerését és alkalmazását.

4. A VIZSGÁLNI KÍVÁNT RENDSZERMODELL MEGHATÁROZÁSA

4.1. Az automatikus parkolókkal szemben támasztott követelmények

Magas tér- és alapterület kihasználás:

A gépesítés számos előnye közül a hagyományos parkolóházaknál jóval kedvezőbb alapterület- és térkihasználási tényezője a legfontosabb, mivel sokszor nem áll rendelkezésre elegendő hely hagyományos parkolási módok alkalmazására ott, ahol égető szükség van kellő számú parkolóhelyre. [15,49] Tehát a gépesített parkolórendszerekkel szemben elvárt, hogy a rendelkezésre álló területen minél nagyobb számú parkolóhely kialakítását tegyék lehetővé, melyet jelentősen befolyásol az adott rendszertípus, illetve annak elrendezésváltozata.

Megfelelő teljesítőképesség:

A gépkocsivezetők maximális toleranciája 5 perc a bevezetőben leírtak szerint (1.2. alfejezet) és elpártolnak a rendszer használatától. Az üzemeltetőké még ennél is kevesebb [66], mivel a beruházási költségek jelentősek, és ezért minél magasabb színvonalú szolgáltatást kívánnak biztosítani, hogy elkerüljék a bevételkiesést, illetve növeljék az elérhető profitot. A teljesítőképesség a kiszolgáló berendezések számától és manipulációs sebességtől, valamint a diszponálási és irányítási stratégiáktól függ, mely optimalizálása elengedhetetlen a tervezési és az üzemeltetési szakaszban egyaránt.

Emellett az alacsony teljesítőképesség problémát okozhat a környezet forgalmában, ha nagyobb bemenő forgalom esetén a várakozó sáv telítődik, mely akadályozhatja kapcsolódó utak átmenő forgalmát is.

Megfelelő rendelkezésreállóság:

Hasonlóan a személyfelvonókhöz egy esetleges műszaki hiba akár az érintett felhasználók szabadságát korlátozhatja (pl. a beléptető kabin vezérlő rendszerének meghibásodása), emellett a gépkocsik bennragadása esetén kártérítési kötelezettségre is számíthat az üzemeltető, melyre már Magyarországon is volt példa. Az esetleges műszaki hibát gyors reagálással kell a technikai személyzetnek elhárítania, emellett tervszerű megelőző karbantartással és kiforrott raktározási technikák és berendezések alkalmazásával kell a berendezések zavarmentes üzemét biztosítani.

Felhasználóbarát kialakítás és megfelelő megbízhatóság, valamint személyi biztonság:

A teljesítőképességet a felhasználó ügyessége is befolyásolja, hisz a beléptetésnél, illetve kiléptetésnél aktívan részt vesz a be-, illetve kiparkolásban, ami az előbbinél a nagy pontosságú pozicionálás szükségessége miatt a gépkocsivezető nagyban függ gyakorlottsá-

gától. Ezért könnyen használható rendszert kell kialakítani, melyben információs eszközök segítik a sofőröket a gyors és zavarmentes beparkolásban, illetve kiparkolásban. A parkolójegy esetleges elvesztése is komoly problémát okozhat egy ilyen rendszerben, ezért ajánlott rendszámfelismerő eszközt is alkalmazni a beléptető kabinban, hogy rendszám alapján is azonosítani lehessen a gépkocsit tároló palettát és ellenőrizni a kérés jogosságát a forgalmi engedély alapján. [49] Emellett további óvintézkedések kidolgozása szükséges a jegyelvesztésre való hivatkozással történő lopási trükkök ellen, a jegyek hamisításának megakadályozására, illetve a hamis jegyek felismerésére, melyek egyedi megoldásokat igényelnek.

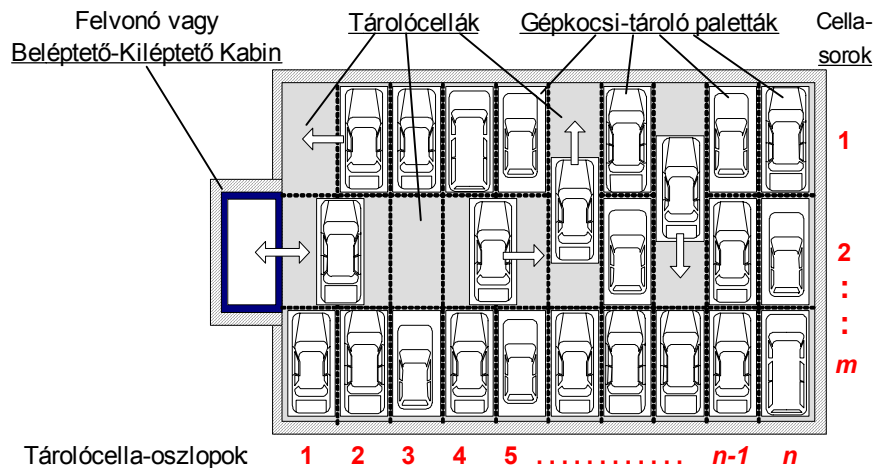
A beruházói és felhasználói piac részéről elfogadható mértékű beruházási és üzemeltetési költségek:

A parkolóházak gépesítése igen jelentős költségekkel jár, általában a befoglaló építmény beruházási költségeinek megfelelő plussz kiadásokkal jár attól függően, hogy milyen típusú rendszer kerül kialakításra, illetve hány szállítóberendezés és fogadó- és átadó állomás kerül telepítésre. Így fontos a minél egyszerűbb és olcsóbb gyártási és telepítésű költségű rendszerek fejlesztése, mivel a bevételi oldalt alkotó parkolási díjak csak igen szűk keretek között mozoghatnak – különösen igaz ez a magyarországi és a volt keleti blokk országaira –, és parkolóház üzemeltetője csak hosszú távon remélheti a megtérülést. Természetesen számos esetben az anyagi jellegű bevételek mellett sokkal többet számítanak a parkolóház jelenlétéből származó nem anyagi jellegű előnyök, mint az elviselhetőbb belvárosi forgalom, a kisebb zajterhelés és emisszió, vagy a parkolási gondok csökkenése, amiért egyes önkormányzatok hajlandóan az üzemeltető esetleges veszteségeit megtéríteni.

4.2. A tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek felépítése és jellemzői

A tömbtárolású parkolórendszerekben a gépkocsik tárolópalettákra, másnéven tálcákra kerülnek elhelyezésre. Ezek tárolása tárolócellákban történik, melyek egymás mellett több sorban és oszlopban helyezkednek el az egyes tárolószinteken. Minden egyes tárolócella palettamozgató berendezéssel van felszerelve, mely a paletták hossz- és/vagy keresztirányú mozgatását teszi lehetővé, egy időben egy koordináta mentén. A tárolótérben egy időben több paletta is mozoghat, ha nem akadályozzák egymást. Így a gépkocsik szorosan egymás mellett tárolhatók, mellyel közel 100%-os alapterületkihasználás valósítható meg. A tárolópaletták tárolása dinamikus tárolással valósul meg, a tárolás során szükség esetén áthelyezésre kerülnek, mert az egyes palettákhoz való hozzáférés nem közvetlen, egy-egy gépkocsi kihozatalához adott esetben a többi paletta áthelyezésére lehet szükség.

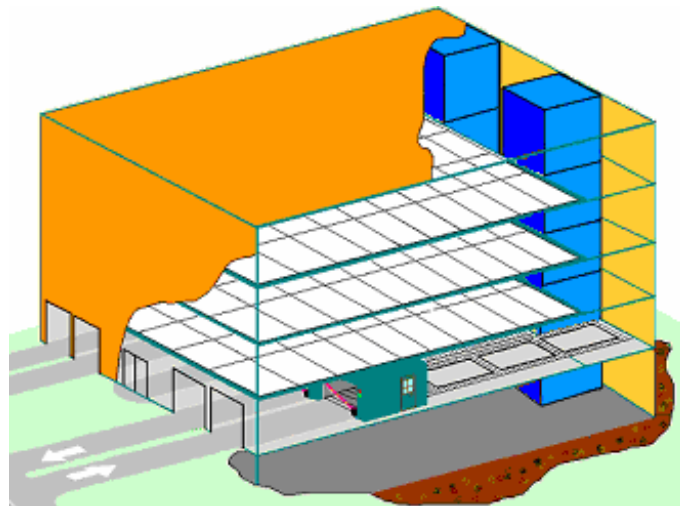
A tömbtárolásos automatizált tárolórendszer felépítését a 6. ábra mutatja.



6. ábra

A tömbtárolásos automatizált gépkocsi tárolórendszer egy tárolószintjének felépítése

A tér függőleges irányú kihasználása több tárolószint telepítésével valósul meg. A függőleges irányú szállítás felvonók, emelőberendezések végzik, így többszintes rendszerekben a feladatok kiszolgálása oszottan valósul meg. Ebből következően a működtetés önálló részrendszerek – a felvonók és a tárolószintek –együtműködésével történik.



7. ábra

Többszintes tömbtárolásos automatizált gépkocsi tárolórendszerek felépítése

A tömbtárolású parkolórendszerek egyik előnye, hogy a gépkocsikat közvetlenül egymás mellett tudják tárolni, így ezzel a típusú rendszerrel érhető el a legjobb alapterület kihasználási fok. Ez fontos szempont, hisz a zsúfolt belvárosokban egy épület építési költségeinél a telek ára jelentős tételt képvisel. Méginkább költséghatékony megoldást jelent mélygarázsok esetében, mert jelentősen csökken az egy parkolóhelyre jutó földmunka.

Másik fontos előnye, hogy nagy be- és kitároló képességet biztosít azáltal, hogy egyszerre párhuzamosan több gépkocsi mozgását biztosítja. Ez fontos szempont [15,74], mert felmérések szerint [24] a gépkocsivezetők 70%-a beparkolásnál nem hajlandó 3 percnél többet várakozni a parkolóhelyre, de a maradék 30% is csak 5 percig toleráns. Emellett a kiléptetésnél az igényvezérelt kitárolás miatt a várakozási idők mindenképp hosszabbak a beléptetési időknél, mivel a gépkocsikat a tárolótérből kell a kiléptető kabinba visszaszállítani, így az igénybejelentéstől a gépkocsi kiléptető kabinban való rendelkezésre állásáig a maximálisan tolerált 5 perc [44] betartása nehezebb.

Le kell szögezni azonban, hogy a tárolószintek nagyfokú gépesítése miatt az ilyen típusú parkolóházaknál az egy parkolóhelyre jutó fajlagos költség lényegesen magasabb, mint más típusú automatizált parkolórendszereknél (pl. felrakógépes, palettakocsis megoldások), és irányítása is jóval bonyolultabb és összetettebb rendszert kíván meg. Ezért csak olyan helyen indokolt telepítésük, ahol minél magasabb alapterület-kihasználást kell elérni, és nagy a parkolóba érkező, és onnan távozó gépkocsik forgalmának intenzitása.

4.2.1. Rendszerelemek és velük szemben támasztott követelmények rövid áttekintése

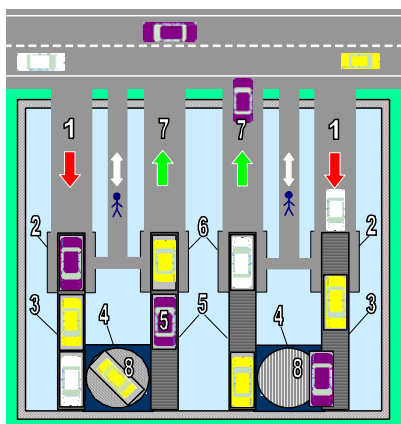
Gépesített parkolórendszerekben a gépkocsik mozgása történhet palettával, mely teherfelvevő elemként funkcionál, illetve paletta nélkül. Ez utóbbi esetben a gépkocsit egy lapos kialakítású szállítórobot általában a kerekeinél fogva felemelve szállítja a kijelölt tárolóhelyre, melyhez megállapítja a gépkocsi tengelytávolságát, és egy-egy kereket előről és hátulról közrefogó, összezáródó görgős megfogókarok segítségével emeli meg a gépkocsit. Előnye, hogy nincs szükség az üres paletták kezelésére, hátránya, hogy bonyolultabb és drágább a gépkocsi-mozgató berendezés kialakítása, emellett a szennyeződések és csapadék ellen is megfelelő védelemmel kell ellátni mind a szállítóberendezést, mind a tárolóhelyeket. Tömbtárolású rendszerekben meglehetősen költséges lenne a paletta nélküli megoldás, mert nagyszámú szállítórobotra lenne szükség a megfelelő teljesítőképesség biztosításához. A palettás tárolás előnye a bonyolultabb kerékmegfogó szerkezetekkel szemben az egyszerűbb tehermegfogás és a kevesebb hibalehetőség, komoly hátránya viszont, hogy az üres palettákat is kezelni és tárolni kell [25] a gépkocsitároló térben vagy automatizált ürespaletta-tárolóban.

A tárolószinteken vízszintes irányban az egyes tárolcellákban elhelyezett mozgatóberendezések továbbítják a palettákat, melyek mind hosszirányban, mind keresztirányban képesek a paletták továbbítására. Ennek megoldására többféle módszer létezik, például a „Rolling Trans System”, mely a paletták hossz- és keresztirányú mozgását párban, golyócsapágyazott, merev tengellyel összekötött görgők végzik önzáró csigahajtó-

művel meghajtva. Parkolási helyzetben a tálca a hosszmozgató görgőkön nyugszik. A keresztirányú mozgatást végző görgők mintegy 10 mm-rel a hosszgörgők síkja alatt vannak, melyek excenter segítségével kiemelkednek, és a tálcát a hosszgörgők síkja fölé emelik, amíg a keresztirányú mozgatás be nem fejeződik. [79] Egyszerűbb megoldást adnak a reverzálható görgőspályák a tárolótér elején és végén telepített hidraulikus emelőasztalokkal, illetve keresztirányú átadóberendezésekkel kiegészítve. [70]

Többszintes parkolórendszerekben a paletták függőleges irányú mozgatását különféle felvonókkal oldják meg. A leggyakrabban használt típusok a kevesebb számú tárolószint esetén a hidraulikus, több szint esetén köteles, ellensúlyos felvonótípusok. Mindkét esetben a járószékbe is beépítésre kerül egy teherfelvevő mozgócella.

A gépkocsivezetők és az automatizált tároló-szállító rendszer közti kapcsolatot a be- és kiléptető kabinok biztosítják, melyeket el kell látni megfelelő távvezérelt kapukkal és személyi ajtókkal. Ezek biztosítják, hogy a gépkocsivezetők csak akkor hajthassanak a beléptető kabinba, amikor ott az üres tárolópaletta rendelkezésre áll, valamint a be- illetve kitárolás alatt, amikor a paletták mozgatása folyamatban van, ne tudjanak a kabinba és a gépesített szállító-tároló térbe jutni a fokozott balesetveszély miatt. A beléptető kabinban történik a gépjármű hordozópalettára történő pozicionálása a gépkocsivezető által, a gépkocsi paramétereinek – méretek, súly – ellenőrzése, valamint a gépjárművezető részére a kódhordozó eszköz átadása, amely célja a gépkocsi/vezető azonosítása. A beléptető kabinnak fel kell lennie szerelve a fenti műveleteket biztosító berendezésekkel. Probléma lehet az elvesztett kódhordozó, ezért célszerű videofelvételt készíteni a belépő gépkocsiról, és a kamerához kapcsolt rendszámfelismerő rendszerből kinyert rendszámot is a gépkocsit tároló palettához rendelni, így a gépkocsi a forgalmi engedély alapján is visszaadható.



1. Beléptetési várakozó útszakasz.
2. Beléptető kabin.
3. Betárolási ideiglenes tárolópálya.
4. Felvonó forgatópaddal.
5. Kiléptetési ideiglenes tárolópálya.
6. Kiléptető kabin.
7. Távozási útszakasz.
8. Forgatópad a felvonóban.

8. ábra

Automatizált parkolórendszerek komplex be- és kiléptető rendszerének egy lehetséges felépítése

Az ideiglenes tárolópályák feladata a parkolórendszer szűk keresztmetszeteinek feloldása, vagyis átmenetileg tárolják a gépkocsikat egy olyan rendszerelem előtt, amely nem tudja azonnal fogadni a palettákat. A parkolórendszerbe való beléptetésre várakozó gépkocsik sora soha nem akadályozhatja a kapcsolódó közúti forgalmat, ezért a parkolórendszer beléptető kabinja előtt lehetőség szerint külső várakozósorokat szoktak kialakítani [49], melyek szükséges hossza a beérkező gépkocsiforgalom intenzitásának ingadozásától függ. A be- és kiléptető kabinok és felvonók közötti puffer sorok már gépesítést igényelnek, mert itt már csak a sofőr nélküli beléptetett gépkocsik várakoznak, szükséges hosszuk a várható forgalom intenzitásának ismeretében szimuláció segítségével meghatározható.

A palettaforgató berendezés feladata a gépkocsit, vagy az azt tároló palettát a tárolási irányba, valamint a gépkocsit a kiléptető kabinból való kihajtási menetirányba fordítani. Bizonyos esetekben nincs rá szükség, ez be- és kiléptető rendszer, illetve a tárolótér kialakításától függ. A paletták forgatása nagy alapterületet igényel, a palettaforgató eszköz bizonyos esetekben a beléptető vagy a kiléptető kabinba, illetve a paletták vertikális és/vagy horizontális szállítóberendezéseire kerül integrálásra, de léteznek olyan megoldások is, amikor a tárolótérben történik a paletták forgatása.

A gyakorlatban a betárolható gépkocsik méreteit a gépjárműpiacon fellelhető járműegyedek adatai és gyakorisága alapján határozzák meg. [57,66] Az új járműmodelleknél általában a külső méretek (és természetesen a belső méretek) növekedési tendenciája figyelhető meg néhány esetet kivéve. Természetesen nem lehet cél a járműmodellek teljes vertikumának kielégítése, hisz az extrém méretű esetek – terepjárók, luxusautók, limuzinok – általában kisebb számban fordulnak elő, így csak minimális előny származik belőle, de viszonylag nagy többletráfordítás árán. Ezeket vagy kizárják a rendszer felhasználói köréből, vagy kisszámú tárolóhelyet alakítanak ki számukra, például egy-két tárolószinten. Az utóbbi megoldást elsősorban a gépjárművek magasságának tekintetében lehet érvényesíteni nagyobb belmagasságú tárolószintek kialakításával [82]. A gépkocsik hosszmérete szempontjából több megoldás is rendelkezésre áll, de speciális rendszerváltozatok alkalmazását igényli. (Palettanélküli tárolórendszerek [25,33,84], szegmentált palettás csatornás tömbtárolás [57]) A gépkocsik szélessége tekintetében viszont jelentős eltérés nem tapasztalható, így ezzel a kérdéssel nem érdemes foglalkozni.

A rendszerelemek részletes áttekintésével az A. jelű melléklet foglalkozik.

4.3. Tömbtárolásos automatikus parkolórendszerek működési folyamatai

4.3.1. Gépkocsi beparkolása: leparkolás és beléptetés

1. A gépjárművezető a járművével beáll a rövidebb külső várakozósorba.
2. Itt várakozik arra, hogy a beléptető kabin elvégezze az előtte álló gépkocsik beléptetését és előkészítsen egy üres tárolópalettát.
3. Ha a belépésre lehetőség van, kinyílik a beléptető kabin külső kapuja, és a gépkocsi-vezető behajt a beléptető kabinba és rápozicionál a tárolópalettára, melyben pozicionálást segítő jelzőrendszer segíti az esetlegesen szükséges korrekciók megtételében.
4. A helyes beállítás után a beléptető rendszer ellenőrzi a gépkocsi paramétereit (súly, méret) és leolvassa a gépkocsi rendszámát, felvételt készít a gépkocsiról.
5. Ha az autó megfelel, a járművezető rögzíti a kézifékkal és a sebességváltóval a gépkocsit és lezárja azt. Ha nem felel meg, akkor kiléptetik a rendszerből.
6. A jegyautomata az adatok bekérése után – pl. tervezett parkolási idő – egyedi azonosítóval ellátott parkolókártyát ad ki, majd bezáródik a beléptető kabin külső kapuja.
7. A járművezető elhagyja a beléptető kabint, ezzel kezdődhet meg a betárolás: kinyílik a beléptető kabin belső kapuja. Ha van szabad hely a belső várakozó sorban, akkor kimegy a belső várakozósorra, a megüresedett kabinba egy üres paletta érkezik.

4.3.2. Betárolás

1. A gépkocsi a belső várakozó sorban várakozik arra, hogy az előtte levő palettákat a felvonó betárolja, és visszaérkezzen a betárolási szintre.
2. Amikor rá kerül a sor, a diszponáló számítógép megállapítja a rendszer állapota alapján a paletta prioritása szerinti optimális tárolószintet, és továbbítja azt a felvonónak. Eközben a palettát a felvonó átdobó berendezése berakodja a felvonóba.
3. A felvonó felviszi a palettát a kijelölt tárolószintre.
4. Itt megvárja, míg szabad lesz a tárolószint kitárolási pozíciója, és a palettát kirakodja a tárolószintre, majd a diszponáló számítógép meghatározza a felvonó következő feladatát. Ha nincs várakozó betárolási vagy kitárolási feladat, a felvonó az adott időszakra az irányítási stratégiák által meghatározott parkolópozícióba megy.

4.3.3. Tárolószinti mozgások:

1. A tárolószint működését vezérlő számítógép meghatározza a paletta számára prioritása szerinti optimális tárolócellát és a legkedvezőbb útvonalat.
2. „Elindul” a paletta a tárolási helyére, miközben az ebben őt akadályozó palettákat a tárolócellák áthelyezik.

3. A betárolás során kialakult rendezetlenség a folyamat után helyreállításra kerül.

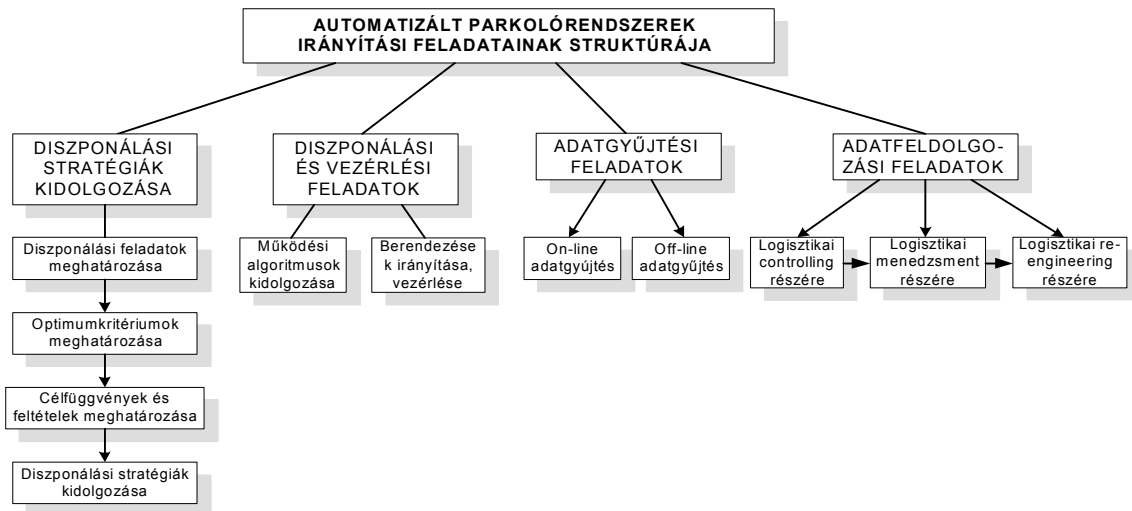
4.3.4. Gépkocsi kiparkolása: Kitárolás és távozás

1. Az autójáért megérkező gépjárművezető a kiléptető kabinban azonosítja magát a parkolójegy segítségével, mellyel megkezdődik a kitárolási igény feldolgozása.
2. A kitárolandó gépkocsit tároló tárolószint vezérlője értesül a kitárolásról, és a palettát a felvonó közvetlen közelébe mozgatja. Az elmozdítandó paletták a betároláshoz hasonlóan elmozgatásra kerülnek.
3. Közben a felvonó megkapja a kitárolási feladatot, mely bekerül kitárolási várakozó sorába, és a már várakozó feladatok elvégzése után a kitárolandó emeletére mozog.
4. A felvonó felveszi a kitárolandó palettát. Ha az még nincs a felvonó közelében, akkor várakozik.
5. A felvonó a be- és kiléptető szintre szállítja a kitárolandó palettát.
6. A be- és kitárolási szinten a felvonó átadja a palettát a kimenő ideiglenes tárolópályára. A kitárolandó paletta itt várakozik arra, hogy a kiléptető kabinban a folyamatban levő kiléptetés befejeződjön és az üres paletta eltávolításra kerüljön.
7. Ha a kiléptető kabin felszabadult, akkor a paletta a belép a kiléptető kabinba
8. A járművezető kifizeti a megállapított díjat, átveszi gépkocsiját, és távozik.
9. A megüresedett palettát a palettatároló helyre mozgatja a kiléptető kabin palettamozgató berendezése, ahonnan igény esetén újra használatba kerülhet.
10. A felvonó az irányítási stratégiák által meghatározott parkolópozícióba megy.

4.4. Automatizált parkolórendszerek irányításának általános problémái

Az irányítási szinten kell megválaszolni azokat a kérdéseket, amelyek a parkolórendszer kiszolgálóberendezéseinek működtetésével, irányításával, az egyes kiszolgálási igények diszponálásával, valamint a rendszer működésének a felhasználók és az üzemeltetők által támasztott követelmények szerinti optimalizálásával kapcsolatosak. Az irányítási feladatok struktúráját a 9. ábra mutatja be.

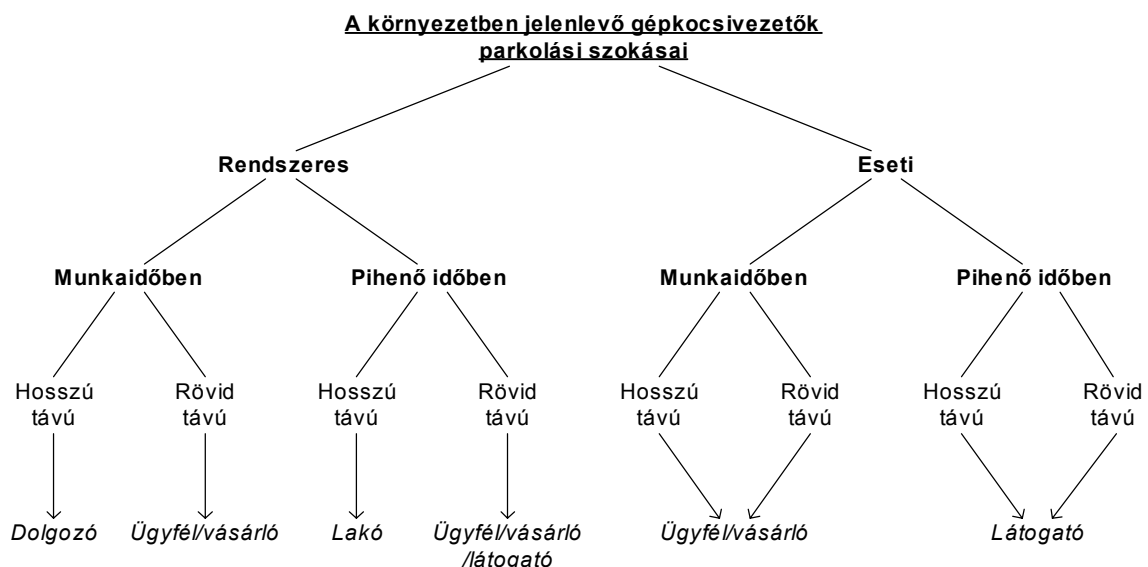
Az irányítási feladatok között fontos helyet foglalnak el az adatgyűjtéssel és adatfeldolgozással kapcsolatos tevékenységek, melyek biztosítják a rendszer működésének optimalizálásához, valamint logisztikai kontrolling, menedzsment és re-engineering számára szükséges adatokat, eloszlásfüggvényeket, statisztikákat. Ezek gyűjtésére alkalmassá kell tenni a parkolórendszer berendezéseinek számítógépes irányítási rendszerét, melyhez kapcsolódó adatfeldolgozó számítógép a forgalmi és működtetéssel kapcsolatos statisztikákat, valamint az irányításhoz szükséges paramétereket meghatározza és visszacsatolja.



9. ábra

Automatizált parkolórendszerek irányításával kapcsolatos feladatok struktúrája

Az irányításnál fontos szerepe van a felhasználók körének, ez ugyanis hatással van a forgalmi viszonyokra. Például irodaházak dolgozói számára kialakítandó parkolórendszereknél [74] a be- és kimenő forgalom jól tervezhető és számszerűsíthető a munkakezdés és befejezés időpontja alapján. Ha az irodaházak ügyfelei számára is biztosítja a belépést, akkor növekedni fog a forgalom, így a munkaidő alatt egy kvázi egyenletes alacsony-közepes mértékű forgalomra lehet számítani, de a munkaidő elején és végén is várható növekedés, ami plussz teljesítőképességet igényel. A gépkocsivezetők parkolási szokásai rendszeresség, időszak és időtartam szerint a 10. ábra szerint rendszerezhető.



10. ábra

Automatizált parkolórendszerek irányításával kapcsolatos feladatok struktúrája

A gépkocsivezetők szokásai alapján általánosan három fő környezettípust definiálhatunk:

- Irodaház környezetében:
 - Dolgozók: nagy számú, rendszeresen és hosszú időn keresztül parkoló jármű
 - Ügyfelek: kevesebb, véletlenszerűen és rövidebb ideig parkoló jármű
- Bevásárlóközpont környezetében:
 - Dolgozók: Kevesebb, hosszabb ideig és rendszeresen parkoló jármű
 - Vásárlók: sok, véletlenszerűen és rövid ideig parkoló jármű
- Lakóövezetekben, társasházak környezetében:
 - Lakók: sok, rendszeresen, hosszú időn át parkoló jármű a pihenő időszakban,
 - Látogatók: kevesebb, véletlenszerűen és rövid, ritkábban hosszabb ideig parkolnak.
- Vegyes jellegű környezet: tetszőleges arányú összetétel a fenti esetekből.

Kihasználtság szempontjából a legkedvezőbb a vegyes környezet, hisz így pihenő- és munkaidőben is biztosított a parkolóház bevételtermelő foglaltsága, a teljesítőképesség szempontjából viszont már kedvezőtlenebb a be- és kilépő forgalomban elsősorban a munkakezdetkor, másodsorban a pihenőidőszak kezdetekor jelentkező csúcsidőszakok miatt.

Teljesítőképesség szempontjából a bevásárlóközpontok környezete biztosítja a kvázi egyenletes be- és kilépő forgalmat, melyben a pihenő időszak kezdete okozhat kisebb-nagyobb növekedést a munka után bevásárolni indulók miatt. A dolgozói parkolás a vásárlói parkolással szemben jóval kisebb, és műszakváltáskor, illetve nyitáskor és záráskor generál a vásárlóihoz hasonló bemenő, illetve kimenő forgalmat. Irodaházaknál a nagyobb számú dolgozói parkolás miatt a munkakezdetkor és befejezéskor ez nagyobb lehet az ügyfelek által generált be- és kimenőforgalomhoz képest. Az előbbiekben tárgyalt arányok természetesen az irodák jellegétől (ügyfelek száma, ügyfélkiszolgálási idők, ügyfélfogadási rend), a bevásárlóközpontok jellegétől (nyitvatartási idő, vásárlók száma), és a lakóházakban élők munkarendjétől függően változhatnak.

Megjegyzés: Az előző elemzésbe nem került bele a P+R típusú parkoló, mivel itt elsősorban az utazás célja, illetve a kapcsolódó járatok indulási ideje befolyásolja a be- és kilépési időket. A parkolórendszer nemcsak gépkocsik, hanem áruk tárolására is alkalmas, ezért célszerű ennek lehetőségét is megvizsgálni a felhasználók körének elemzésekor.

Az irányításnak komoly szerepe lehet re-engineering támogatásában is, elsősorban a forgalmi viszonyokkal kapcsolatos adatok folyamatos gyűjtésében és feldolgozásában.

A körülmények megváltozásának számos oka lehet, amely általában a forgalmi viszonyok és a kihasználtság megváltozásában nyilvánulnak meg. Ilyen okok lehetnek:

- a kiszolgált környezetbe utazók számának megváltozása:
 - csökkenése valamely vállalat megszűnése, elköltözése miatt,

- növekedése új vállalkozások létrehozása illetve beköltözése, illetve máshol megszűnt vállalatok vagy parkoló létesítmények forgalmának áttevődése miatt,
- rosszabb esetben gépkocsik jellemző méreteinek növekedése miatt jelentősebb mértékben csökken a fogadható járművek hányada, és ebből fakadóan a kihasználtság, valamint a teljesítőképesség-igény is, mely nehezebben kezelhető.

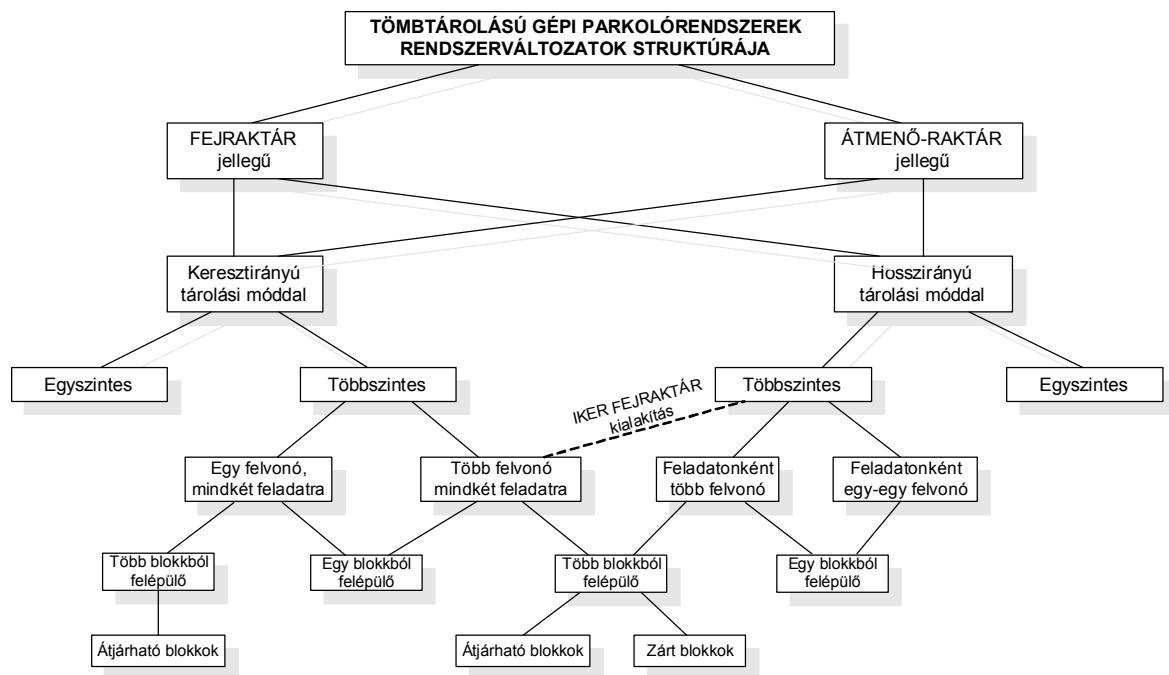
A parkolórendszer újratervezésekor meg kell pontosan határozni az új körülményekből – megváltozott forgalmi viszonyokból – fakadó követelményeket:

- a adódó tárolókapacításra,
- a be- és kitárolási teljesítőképességre, a be- és kitárolásnál a maximálisan megengedhető sorbanállási időre vonatkozóan.

Ha a bemenő és kimenő forgalom intenzitása növekedett, melyet a kiszolgáló berendezések újabbra, gyorsabbra való cseréjével, illetve új berendezések telepítésével, és a diszponálási stratégiák átdolgozásával, paramétereinek optimalizálásával lehet megoldani. Ha a parkolóhelyek iránti igény növekedett meg, akkor kapacitásnövelésre van szükség.

4.5. Tömbtárolású automatikus parkolórendszerek kialakítás szerinti struktúrája

A tömbtárolású automatizált parkolórendszerek – hasonlóan a raktározási rendszerekhez – a tárolótér kialakítása szerint lehetnek fej-, illetve átmenő raktár kialakításúak. Belső elrendezésében rendelkezhetnek egy vagy több tárolószinttel.



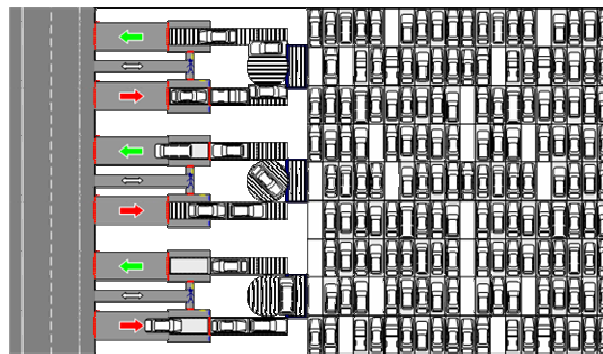
11. ábra

A tömbtárolású gépi parkolórendszerek tárolótér kialakítása és kiszolgálás szerinti struktúrája

A többszintes kialakítású változatokban a függőleges kiszolgálást végezhetik célszerűen fix telepítésű köteles vagy hidraulikus felvonók, vagy pályához kötött magasraktári állványkiszolgáló berendezések. A vertikális kiszolgálási igények száma nagy tárolókapacitás, illetve sok tárolószint esetén jelentős lehet, így több emelő-berendezés telepítése válhat indokolttá. Ebben az esetben az állványkiszolgáló berendezések telepítése (2. ábra) nem lenne gazdaságos, ezért alkalmazási lehetőségének vizsgálatától itt eltekintünk.

A fej-, illetve átmenő jellegű változatoknál az emelő-berendezések száma, elrendezése és diszponálása eltérő lehet.

Fejraktár esetén a be- és a kitárolás is azonos oldalról történik. Ekkor lehetőség van egy, vagy több felvonót mind be- és mind kitárolásra alkalmazni, mely lehetővé teszi kombinált ciklusok kialakítását, mely a kvázi egy időben jelentkező be- és kitárolási feladatok arányáról függően csökkenti az üresjáratok időket és utakat, üzemeltetési költséget takarítva meg ezzel, emellett növeli a berendezés és a teljes rendszer teljesítőképességét. [91]



12. ábra

Fejraktár kialakítású tárolórendszer keresztirányú tárolással

Átmenő raktári jellegű változatoknál a homlokfelület irányából történik a betárolás, az ezzel ellentétes oldalon – a hátfelületen – pedig a kitárolás. Egy-egy feladatra egy, vagy több felvonó is telepíthető az elérendő kiszolgálási teljesítőképesség-igénnytől függően.



13. ábra

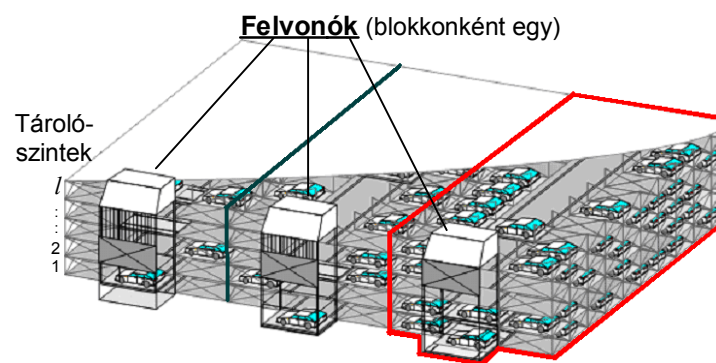
Átmenő raktári kialakítású tárolórendszer hosszirányú tárolással

A tárolótérben lehetőség van kereszt-, illetve hosszirányú tárolás kialakítására. Keresztirányú tárolásnál a be-, illetve kitárolási irányra merőleges a tárolóhelyek hossz tengelye, vagyis a be- és kitárolási irányra merőleges elmozdulás idő- és útigénye a nagyobb. Hosszirányú tárolásnál a be-, illetve kitárolási iránnyal párhuzamos a tárolóhelyek hossz tengelye, így a be- és kitárolási irányra merőleges elmozdulás idő- és útigénye kisebb.

Ha az adott rendszerben feladatonként több felvonó áll rendelkezésre, lehetővé válik a tárolótér mezőkre, vagy blokkokra történő felosztása és az egyes blokkok felvonókhoz rendelése. A felosztást és a hozzárendelést úgy kell elvégezni, hogy minden egyes rész autonóm kiszolgálása biztosított legyen, és ne csökkenjen a rendszer kiszolgálási teljesítőképessége, valamint figyelembe kell venni az irányítási stratégiák kialakításának szempontjait is. A tárolótér felosztása két okból lehet indokolt:

- A tárolótéri diszponálási stratégiák és működési algoritmusok döntéshozatali folyamatainak során problémát okozhat a túl nagy összefüggő tárolótér állapotának kezelése.
- A felvonók és a be- és kiléptető rendszerek irányítási stratégiáinak kialakításakor lehetőség nyílik a parkolórendszer egyes területeinek lezárására alacsony kihasználtságú időszakokban, mely bizonyos mértékű költségmegtakarítással és a betervezett karbantartások elvégzésének elősegítésével járhatnak.

Az így kialakított blokkok lehetnek átjárhatók, illetve zártak. Átjárható blokkok esetén a tárolótéri rendező mozgásokhoz több szabad hely áll rendelkezésre, emellett egy-egy blokkban egy időben jelentkező több kiszolgálási igényt a szomszédos blokkok várakozó felvonóihoz lehet irányítani, ha ott van szabad kapacitás.

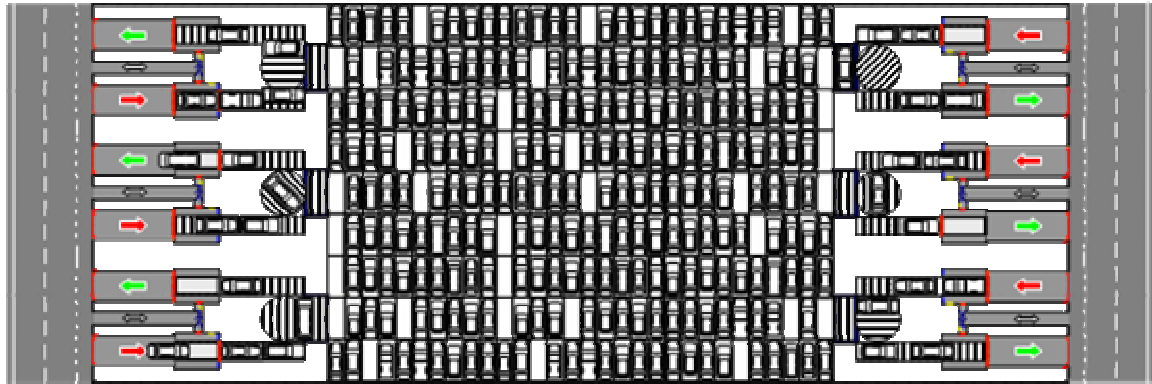


14. ábra

Példa fejraktár jellegű többszintes, több blokból felépülő parkolórendszerre, blokkonként felvonóval

Megjegyzendő még, hogy kombinált ciklusú felvonók átmenő raktárakba való telepítésével iker fejraktár alakítható ki [89]. Ezt úgy is elképzelhetjük, hogy két fejraktárat a hátfelületükkel egymás mellé helyezünk és a hátfalaikat összenyitjuk (15. ábra). Adott esetekben ez is előnyös elrendezési változatot képezhet, mert egyesíti a kombinált ciklusú

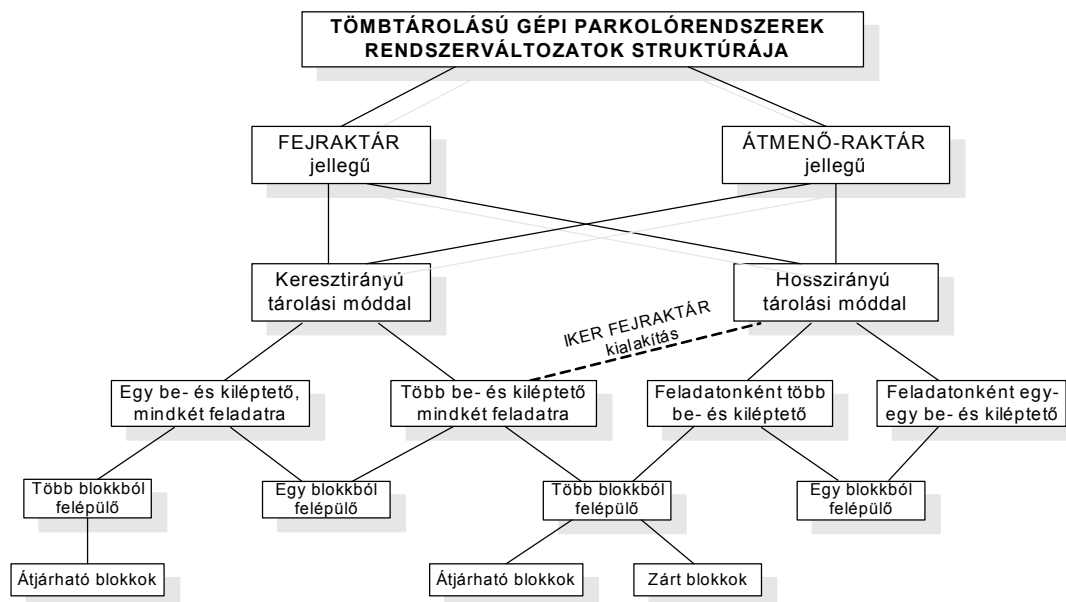
felvonók és az átmenő raktárak előnyeit azáltal, hogy egyszerre biztosítja mind a FIFO, mind a LIFO be- és kitárolási módokat. Természetesen ehhez megfelelő be- és kiléptető rendszer kialakítása is szükséges.



15. ábra

Iker fejraktár kialakítás keresztirányú tárolási móddal

Megemlítendő még, hogy egyszintes esetekben is hasonló struktúra képezhető a be- és kitárolási oldalak, valamint blokkokokra való osztás segítségével, csak itt a felvonókat a be- és kiléptető kabinok helyettesítik, melyek szintén lehetnek egy-egy vagy több feladathoz rendelve. (16. ábra)



16. ábra

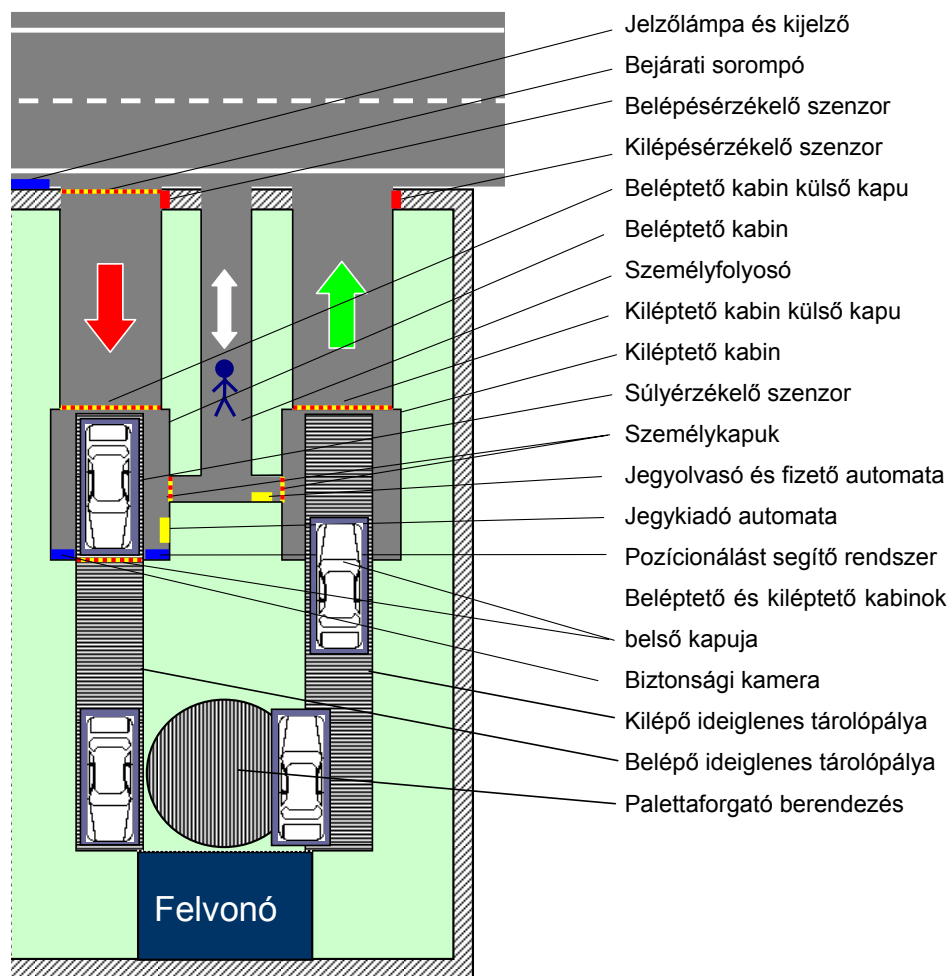
A tömbtárolású gépi parkolórendszerek egyszintes változatainak tárolótér kialakítása és kiszolgálás szerinti struktúráldása

A struktúrából látható, hogy sokféle technikai megoldási változat adódik, melyek jelen disszertációban történő áttekintése meghaladja annak adott kereteit. Ezért a vizsgálatokhoz kiválasztásra kerül egy jellegzetes rendszerváltozat, melyből levonhatók az általá-

nos következtetések. A struktúra további elemeinek vizsgálatánál célszerű figyelembe venni, hogy milyen mértékben tartalmaz a már vizsgált rendszerrel közös jellemzőket, és a már kidolgozott módszerek közül melyek alkalmazhatók.

4.6. Be- és kiléptető rendszerek és kialakítás szerinti struktúrálódása

Az automatizált parkolórendszerekben a be- és kiléptető rendszerek szolgálnak a parkolás megkezdésekor a gépjármű gépkocsivezetőtől való átvételére, illetve a parkolás befejeztével a gépjármű visszaadására, melynek általános változatát a 17. ábra mutatja be.



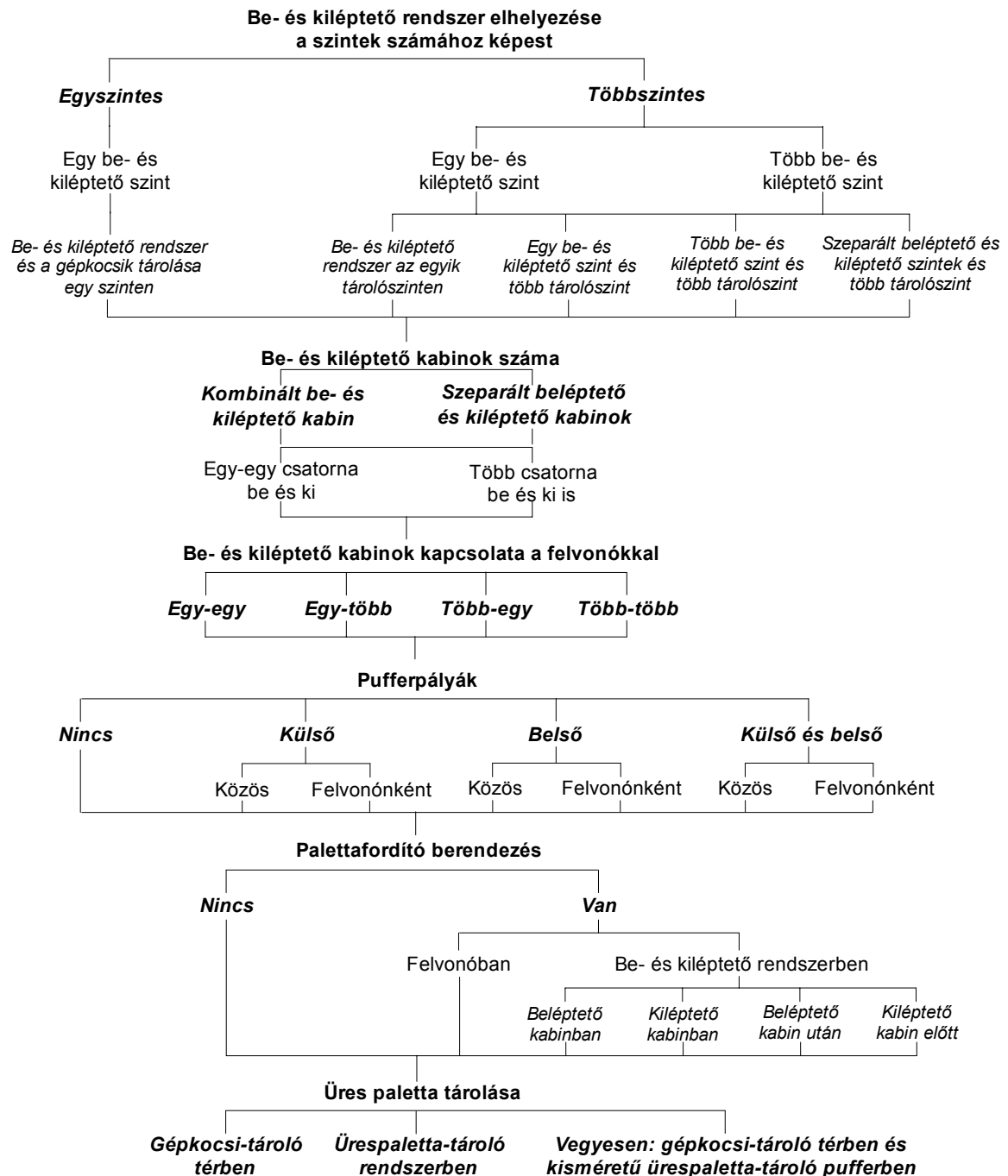
17. ábra

Automatizált parkolórendszer be- és kiléptető rendszerének általános változata és elemei

Az automatizált parkolórendszerek teljesítőképessége az azt használó felhasználói kör gyakorlottságától is függ, tehát az emberi tényező is szerepet játszik benne. [19] A gyakorlottság viszont könnyen javítható megfelelően kialakított, „felhasználóbarát”, személyi és vagyonbiztonságot biztosító kapcsolati felülettel, ezek az automatizált parkolórendszerek célszerűen kialakított be- illetve kiléptető kabinjai, átadó, illetve átve-

vőhelyei. Emellett rendelkezésre kell állnia segédszemélyzetnek, aki adott esetben személyesen tudja segíteni a beléptetést, illetve kiléptetést.

A be- és kiléptető rendszerek kialakítási változatainak struktúrája a 18. ábrán látható.



18. ábra

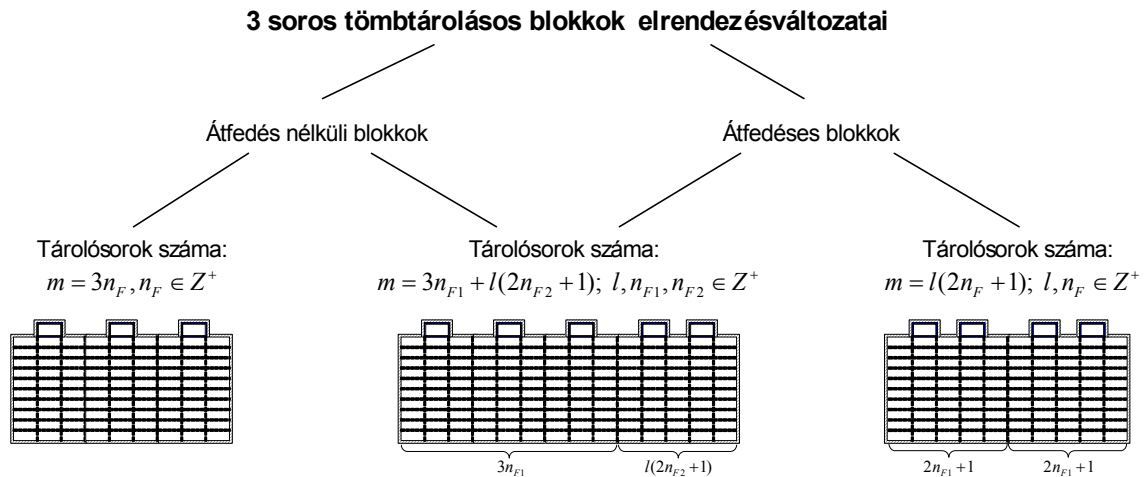
Automatikus parkolórendszerek be- és kiléptető rendszereinek kialakítás szerinti struktúrája

4.7. A vizsgálatra kiválasztott rendszer részletes leírása

A tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek témaköréből vizsgálatra a 11. ábrán bemutatott struktúrából a fejelrendezésű, többszintes, több, átjárható blokkból felépülő

rendszerek választjuk ki, melyben egy blokkhoz egy felvonó tartozik. Az átmenőraktár kialakítású rendszerekkel nem foglalkozunk, mert annak diszponálási stratégiái a rendezés szempontjából származtathatók a fejelrendezésű tömbös tárolótéri diszponálási stratégiákból. Egy blokk célszerűen 3 tárolósorból áll, mely középső sora kapcsolódik a felvonóhoz, így hasonló a palettakocsival kiszolgált rendszerek egy folyosójához, és a diszponálási stratégiák kialakítása kiindulhat ezen parkolórendszerek diszponálási stratégiáiból.

A leírt struktúra alkalmazása esetén a tárolósorok száma blokkonként $m = 3n_F$, $n_F \in \mathbb{Z}^+$ alakú lehet. Hogy további sorszámok is megvalósíthatók legyenek, a blokkok oldal-só sorai átfedhetik egymást, így a tárolósorok száma $m = l(2n_F + 1)$; $l, n_F \in \mathbb{Z}^+$, illetve az átfedés nélküli és az átfedéses blokkok kombinációjával $m = 3n_{F1} + l(2n_{F2} + 1)$; $l, n_{F1}, n_{F2} \in \mathbb{Z}^+$ alakú is lehet. A 19. ábra bemutatja azokat az tárolószint elrendezésvázlatokat, melyek a 3 tárolósoros blokkok átfedéssel, illetve átfedés nélkül létrehozhatók.



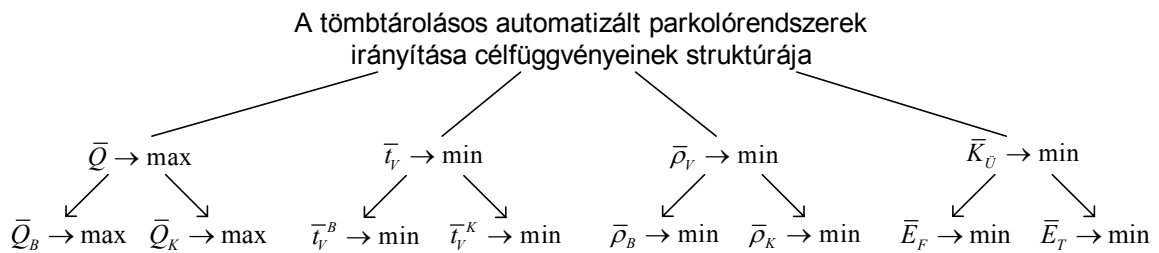
19. ábra

Elrendezésvázlatok és paraméterei tömbös tárolótéri diszponálási stratégiák alkalmazásánál

5. OPTIMUMKRITÉRIUM ÉS CÉLFÜGGVÉNYEK

A parkolórendszerek kiszolgáló-berendezéseinek diszponálási stratégiái hivatottak a rendszer kialakításából és állapotából adódó döntési helyzetekben az optimális működést elősegítő, illetve biztosító döntések meghozatalát elősegíteni. Az optimális működés optimum-kritériumokkal írható le, melyek matematikai megfogalmazása az irányítás célfüggvényei. A célfüggvények alapján kidolgozhatók a rendszer diszponálási stratégiái és az ezeket végrehajtó működési algoritmusok.

A következőkben bemutatásra kerülnek a legfontosabb optimumkritériumok és az azokat leíró célfüggvények, melynek struktúrája a 25. ábrán látható.



20. ábra

Az irányítás célfüggvényeinek struktúrája

A rendszer teljesítőképességének maximalizálása:

- $\bar{Q}_B, \bar{Q}_K$: átlagos betárolási teljesítőképesség, átlagos kitárolási teljesítőképesség.

A gépkocsivezetők várakozási idejének minimalizálása:

- $\bar{t}_v^B, \bar{t}_v^K$: belépő, illetve kilépő járművek vezetőinek átlagos várakozási ideje,

Be- és kitárolások várakozó sorai hosszának minimalizálása:

- $\bar{\rho}_B, \bar{\rho}_K$: belépő, illetve kilépő járművek várakozó sorának átlagos hossza,

Üzemeltetési költségek minimalizálása:

- $\bar{E}_F, \bar{E}_T$: felvonók átlagos energiaigénye, tárolótéri mozgás átlagos energiaigénye.

5.1. A rendszer teljesítőképességének maximalizálása

A rendszer teljesítőképességét a felvonók átlagos ciklusideje befolyásolja, melyet alapvetően a felvonó manipulációs ideje határoz meg, mivel egy felvonónak több tárolószintet kell kiszolgálnia:

$$\bar{Q} = \frac{3600}{\bar{T}_C} = \frac{3600}{\frac{1}{n_F} \sum_{j=1}^{n_F} \bar{T}_{Cj}} \left[\frac{db}{óra} \right] \rightarrow \max \Rightarrow \bar{T}_C = \frac{1}{n_F} \sum_{j=1}^{n_F} \bar{T}_{Cj} \rightarrow \min, \quad (1)$$

ahol:

$\bar{T}_C$: a műveletek átlagos ciklusideje a teljes rendszerben,

$\bar{T}_{Cj}$: a j -edik felvonó átlagos ciklusideje:

$$\bar{T}_{Cj} = \bar{T}_{FVj} + \bar{T}_{FVj} + T_{FR}^B + \bar{T}_{FHj} + T_{FR}^K. \quad (2)$$

ahol:

$\bar{T}_{FVj}$: a felvonó üresjárat ideje a szállítandó gépkocsi tartózkodási emeletére, mely a jelentkező feladatok kiszolgálási sorrendjétől és a felkeresendő emeletek megválasztásától, valamint a felvonó üresjárat sebességétől függ,

$\bar{T}_{FVj}$: tárolószintre való kirakodásra, illetve onnan történő berakodásra való várakozási idő, amely betárolásnál a tárolószintre való kilépés lehetőségétől, illetve kitárolásnál a tárolószintről kitárolandó gépkocsi előkészítettségétől függ,

$\bar{T}_{FHj}$: szállítási idő a szállított gépkocsi célszintjéig, mely függ jelentkező feladatok kiszolgálási sorrendjétől és a felkeresendő emeletek megválasztásától, illetve eloszlásától, valamint a felvonó sebességétől,

T_{FR}^B, T_{FR}^K : a felvonóba történő berakodás, ill. onnan történő kirakodás ideje a tárolószinteken, mely a felvonóba telepített átvadó berendezésektől függő állandó, és független a diszponálási stratégiáktól, általában $T_{FR}^B = T_{FR}^K$,

n_F : a rendszerbe telepített felvonók száma.

5.2. A gépkocsivezetők várakozási és sorbanállási idejének minimalizálása

Beléptetésnél a gépkocsivezetőknek csak a beléptető kabin felszabadulását kell megvárniuk, ezért beléptetésnél várakozási idő jelentkezik. Kiléptetésnél viszont a gépkocsivezetőknek erre vonatkozó igénye bejelentése után meg kell várnia, hogy a rendszer a gépkocsiját a tárolótérből a kiléptető kabinba szállítsa, így már sorbanállási időről beszélünk, mivel nemcsak a sorra kerülést kell végig várnia, hanem a kiszolgálást is.

A beléptetéskor jelentkező várakozási, illetve a kiléptetéskor jelentkező sorbanállási idők várható értékei a sorbaállási elmélet szerint számíthatók és függvényei a kiszolgálási igények λ jelentkezési és a kiszolgálási igények μ kiszolgálási rátájának ϕ hányadosától:

Betárolásnál: $\bar{t}_V^B = \bar{t}_V^B(\phi_B)$

Kitárolásnál: $\bar{t}_S^K = \bar{t}_V^K(\phi_K) + \bar{T}_C$

$$\phi_B = \frac{\lambda_B}{\mu_B}, \text{ illetve } \phi_K = \frac{\lambda_K}{\mu_K}$$

$$\mu_B = \frac{1}{\bar{T}_B^C} \text{ és } \mu_K = \frac{1}{\bar{T}_K^C}$$

Minimális várakozási idők feltétele:

$$\phi_B \rightarrow \min \text{ és } \phi_K \rightarrow \min$$

$$\bar{T}_C^B \rightarrow \min \text{ és } \bar{T}_C^K \rightarrow \min$$

5.3. Be- és kitárolások várakozó sorai hosszának minimalizálása

Betárolásnál a beléptetés előtt a gépkocsik és vezetőik, beléptetés után a gépkocsik, kitárolásnál pedig a gépkocsivezetők állnak sorba. A sorban állók számának, vagyis a sorhossznak a várható értéke a kiszolgálási igények jelentkezési rátájától, valamint a várakozási időtől függ:

Betárolásnál: $\bar{\rho}_B = \bar{\rho}_B(\lambda_B, \mu_B) = \lambda_B \cdot \bar{t}_S^B(\phi_B),$

Kitárolásnál: $\bar{\rho}_K = \bar{\rho}_K(\lambda_K, \mu_K) = \lambda_K \cdot \bar{t}_S^K(\phi_K).$

A várakozási sorhosszak minimuma az átlagos be- és kitárolási ciklusidők minimalizálásával érhetőek el:

$$\bar{T}_C^B \rightarrow \min \text{ és } \bar{T}_C^K \rightarrow \min$$

Feltétel továbbá, hogy a várakozók száma nem haladhatja meg az erre a célra kijelölt várakozó sorok kapacitását:

$$n_S^B \leq n_{S0}^B, \text{ illetve } n_S^K \leq n_{S0}^K$$

Emellett egy beléptetési igény egy adott $\Delta\tau_B$ időnél, a kitárolandó gépkocsi tulajdonosa annak kiléptető kabinban rendelkezésre állására $\Delta\tau_K$ időnél többet nem várakozhat.

A (9) célfüggvények értékeléséhez a kiszolgálási igények eloszlásfüggvényeinek elemzése és szimulációs vizsgálatok elvégzése szükséges, mert rövidtávon az igények beérkezési időpontját a parkolórendszer irányítása nem tudja befolyásolni.

5.4. Üzemeltetési költségek minimalizálása

Automatizált parkolórendszerekben az üzemeltetési költségek nagyrészt a felvonók, illetve a tárolószintek palettamozgató berendezéseinek üzemeltetési költségeiből adódnak.

Emellett megjelenik az ideiglenes tárolópályákon való mozgatás költsége, mely minden gépkocsinál azonos mértékben jelentkezik függetlenül attól, hogy kellett várakoznia a kiszolgálásra, vagy sem, mert a tárolópályán mindig végig kell haladnia. Ennek költsége független az irányítástól. Valamint jelentkeznek felügyeleti (személyzeti) költségek.

$$\bar{K}_{\bar{U}} \rightarrow \min, \text{ ahol } \bar{K}_{\bar{U}} = \bar{K}_{\bar{U}F} + \bar{K}_{\bar{U}T} + \bar{K}_{\bar{U}P} + \bar{K}_{\bar{U}S}$$

$\bar{K}_{\bar{U}}$: műveletenkénti átlagos üzemeltetési költség,

$\bar{K}_{\bar{U}F}$: felvonók műveletenkénti átlagos üzemeltetési költségei,

$\bar{K}_{\bar{U}T}$: palettamozgató berendezések műveletenkénti átlagos üzemeltetési költségei,

$\bar{K}_{\bar{U}P}$: tárolópályán történő mozgatások műveletenkénti átlagos üzemeltetési költsége,

$\bar{K}_{\bar{U}S}$: felügyeleti személyzet egy műveletre vetített átlagos költsége.

A felvonók, illetve a palettamozgató berendezések üzemeltetési költségei arányosak a műveletenkénti energiafelhasználással:

$$\bar{K}_{\bar{U}F} = k_{EF} \cdot \bar{E}_F \text{ és } \bar{K}_{\bar{U}T} = k_{ET} \cdot \bar{E}_T$$

ahol:

k_{EF} : felvonó fajlagos üzemeltetési költsége,

$\bar{E}_F$: felvonók műveletenkénti átlagos energiaigénye,

k_{ET} : palettamozgató berendezés fajlagos üzemeltetési költsége,

$\bar{E}_T$: felvonók műveletenkénti átlagos energiaigénye.

A felügyeleti (személyzeti) költségek arányosak a működő felvonók számával, mert minél több felvonó üzemel, annál több be- és kiléptető kabint kell megnyitni és felügyelni:

$$\bar{K}_{\bar{U}S} = \bar{K}_{\bar{U}S}(\bar{n}_{F\bar{U}}), \quad (3)$$

ahol $\bar{n}_{F\bar{U}}$ üzemelő felvonók száma.

Tehát az üzemeltetési költségek elsősorban a felvonók és palettamozgató egységek által felhasznált energiától, valamint az üzemelő felvonók átlagos számától függenek:

$$\bar{K}_{\bar{U}} = \bar{K}_{\bar{U}}(\bar{E}_F, \bar{E}_T, \bar{n}_{F\bar{U}}). \quad (4)$$

Vagyis az energiafelhasználás műveletenkénti átlagos értéke, valamint az adott időszakban működtetendő felvonók száma minimalizálандó:

$$\bar{E} \rightarrow \min, \text{ ahol } \bar{E} = \bar{E}_F + \bar{E}_T$$

$$\bar{n}_{F\dot{U}} \rightarrow \min$$

5.4.1.1. Felvonók műveletenkénti átlagos energiaigénye

$$\bar{E}_F = \frac{1}{n_F \cdot m_j} \sum_{j=1}^{n_F} \sum_{i=1}^{m_j} E_{ij}^F, \quad (5)$$

ahol:

n_F : tárolóblokkok száma a rendszerben,

m_j : műveletek száma a j -edik tárolóblokkban, ahol $j = 1, \dots, n_F$,

E_{ij}^F : a j -edik felvonó által az i -edik műveletben felhasznált energia, mely függ az üresjáratiról és hasznos úthosszról, valamint az egy emeletnyi üresjáratról, illetve hasznos járatról szükséges átlagos energiaigényről és a rakodás energiaigényéről:

$$E_{ij}^F = \bar{e}^{F\dot{U}} \cdot z_{ij}^{\dot{U}} + E_B^{FR} + \bar{e}^{FH} \cdot z_{ij}^H + E_K^{FR}, \quad (6)$$

ahol:

$\bar{e}^{FH}$, $\bar{e}^{F\dot{U}}$: a felvonó egy emeletnyi szállításhoz, illetve üresjáratról szükséges átlagos energiaigénye, mely függ a felvonó gépészeti kialakításától és a szállított gépkocsik tömegének eloszlásától, de jelen esetben a matematikai formula egyszerűsítése végett ezt átlagos állandóval helyettesítjük, amit azért tehetünk meg, mert a kis sebesség miatt az emelés erőszükséglete közel állandó,

z_{ij}^H : a j -edik felvonó által az i -edik művelet esetén végzett emelési/süllyesztési távolság emeletek számában mérve, mely függ jelentkező feladatok kiszolgálási sorrendjétől és a felkeresendő emeletek megválasztásától, illetve eloszlásától,

$z_{ij}^{\dot{U}}$: a j -edik felvonó által az i -edik művelet esetén végzett üresjáratiról távolság emeletek számában mérve, szintén a jelentkező feladatok kiszolgálási sorrendjétől és a felkeresendő emeletek megválasztásától, illetve eloszlásától függ,

E_B^{FR} , E_K^{FR} : a felvonók rakodási műveletének energiaigénye, mely a felvonóba telepített átvadó berendezésektől függő állandó, és független a diszponálási stratégiáktól.

Megjegyzés: E_B^{FR} és E_K^{FR} egyenlősége a be- és a kiléptető rendszerek kialakításától függ.

5.4.1.2. Tárolószinti palettamozgások blokkonkénti, műveletenkénti átlagos energiaigénye

$$\bar{E}_T = \frac{1}{n_F \cdot n_E \cdot m_j} \sum_{j=1}^{n_F} \sum_{k=1}^{n_E} \sum_{i=1}^{m_j} E_{ijk}^T, \quad (7)$$

ahol:

n_F : tárolóblokkok száma a rendszerben,

n_E : tárolószintek száma,

m_j : műveletek száma a j -edik tárolóblokkban, ahol $j = 1, \dots, n_F$,

E_{ijk}^T : a k -adik tárolószinten az i -edik művelet energiaigénye a j -edik blokkban:

$$E_{ijk}^T = E_{ijk}^T(\bar{e}^{Tx}, \bar{e}^{Ty}, x_{jk}, y_{jk}, \varphi_{jk}, \mathbf{S}_{jk}^p, \bar{T}_{jk}^{Bp}, t_{ijk}^{Bp}), \quad (8)$$

ahol:

$\bar{e}^{Tx}, \bar{e}^{Ty}$: egy tároló-szállító cella egy cellányi mozgatásához szükséges átlagos energiaigénye x , ill. y irányba, mely függ gépészeti kialakításától és a mozgatott gépkocsik tömegének eloszlásától,

x_{ijk}, y_{ijk} : a k -adik tárolószinten a j -edik blokkban az i -edik művelet során x , illetve y irányba történő egy cellányi elmozdulások száma,

φ_{jk} : a tárolótér kihasználtsági foka a k -adik tárolószinten a j -edik blokkban,

$\mathbf{P}_{jk}^p$: az induló állapotban a j -edik blokk a k -adik tárolószintjén lévő gépkocsik prioritási mátrixa (mely mutatja, hogy mely pozícióban van gépkocsi, és mi annak prioritása),

$\bar{P}_{jk}^{Bp}$: a j -edik blokk k -adik tárolószintjére betárolt gépkocsik prioritása vektora,

p_{ijk}^{Bp} : i -edik műveletben mozgatott gépkocsi prioritása k -adik tárolószint j -edik blokkjában.

5.5. Összefoglalás

A be- és kitárolási teljesítőképességet az (1) és (2) alapján a felvonók által végzett be-, ill. kitárolások átlagos ciklusideje határozza meg, ezért a továbbiakban elegendő ezen jellemzőket vizsgálni. Ezekben megjelenik tárolószintre való kirakodásra (paletta betárolása a tárolószintre), illetve onnan történő berakodásra (paletta kitárolása a tárolószintről) való várakozási idő is, ezért a tárolószinteken folyó mozgatásokat úgy kell megvalósítani, hogy biztosítva legyen kell az akadálytalan betárolás, illetve kitárolás.

Az átlagos várakozási idők és várakozó sorhosszak tekintetében a (8) és (10) alapján szintén a felvonók által végzett be-, ill. kitárolások átlagos ciklusideje a meghatározó.

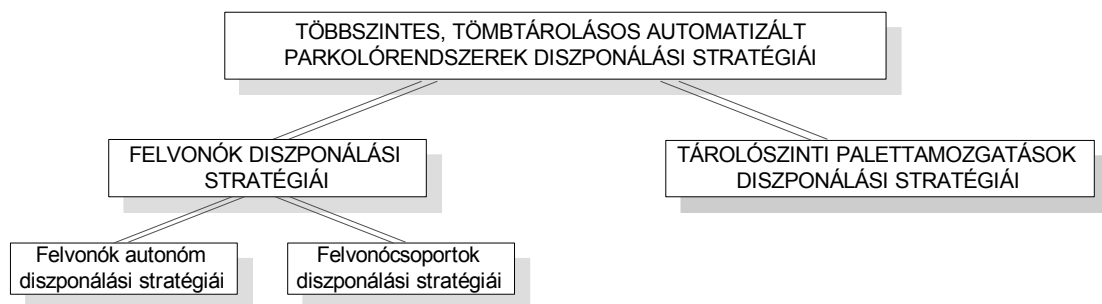
Az költségek, illetve energiafelhasználás vizsgálatánál (15) és (20) alapján elegendő figyelembe vennünk az üzemelő felvonók számát és a felvonók műveletenkénti hasznos és üresjáratú úthosszát, illetve (22) alapján a tárolótéri palettamozgatások műveletenkénti együttes (mindegyik, a művelet során mozdított palettára vonatkozó) úthosszát az általában a tömbtárolású rendszerekben alkalmazott, jellemzően alacsony manipulációs sebességek miatt.

6. DISZPONÁLÁSI FELADATOK

A parkolórendszerek kiszolgálóberendezéseinek diszponálási stratégiái hivatottak a rendszer kialakításából és állapotából adódó döntési helyzetekben az optimális működést elősegítő döntések meghozatalát. Az optimális működés feltételeit optimumkritériumok írják le, melyek alapján meghatározhatók a diszponálás célfüggvényei. A célfüggvények alapján kidolgozhatók a rendszer diszponálás stratégiái és az ezeket végrehajtó működési algoritmusok.

Mivel a többszintes, tömbtárolású automatikus parkolórendszerekben a függőleges irányú kiszolgálást mezőnként egy-egy felvonó végzi, illetve a mező egyes tárolószintjein a paletták mozgatását tömbös tárolást megvalósító szállító-tárolórendszer végzi, az diszponálási stratégiák két csoportra bonthatók:

- felvonók és felvonócsoportok diszponálási stratégiái,
- tárolószinti tömbötárolás diszponálási stratégiái.



21. ábra

A többszintes, tömbtárolású automatikus parkolórendszerek irányítási stratégiái

A felvonók irányítási stratégiái tovább bonthatók autonóm és csoportos irányítási stratégiákra. Az autonóm felvonó-irányítási stratégiák egy-egy, a rendszerben önállóan működő felvonónál jelentkező diszponálási feladatokat segítik, míg a felvonók csoportos irányítási stratégiái a rendszer felvonóit csoportokba foglalják megadott szempontok szerint, és az egyes csoportokkal kapcsolatos diszponálási feladatokat oldják meg:

6.1. Felvonók autonóm diszponálásának feladatai

- Mi legyen a következő művelet a felvonónál, ha az betárolást és kitárolást is végezhet?
- Melyik tárolószintre történjen a betárolás?
- Hol várakozzon a felvonó a következő feladatra?

Ezen irányítási stratégiák minden gépkocsi parkolóban a kiszolgálási láncban működő be- és/vagy kitárolási feladatokat ellátó felvonókra vonatkoznak.

6.2. Felvonócsoporthoz jelentkező diszponálási feladatok

- Az egyes időszakokban hány felvonó üzemeljen?
- Ha adott az üzemelő felvonók száma, akkor mely felvonók üzemeljenek?
- A bejövő gépkocsikat mely felvonókhoz kell irányítani?
- A kitárolandó gépkocsik kitárolása mely felvonókhoz kerül hozzárendelése?

6.3. Tömbtárolásos tárolótérben jelentkező diszponálási feladatok

- A betárolt paletta tárolószinten hová kerüljön elhelyezésre, ennek során milyen prioritások figyelembe vétele szükséges?
- Milyen rendező mozgások szükségesek a betárolt paletta kijelölt tárolóhelyre történő mozgatása során?
- Milyen rendező mozgások szükségesek, ill. engedhetők meg a kitárolandó felvonóhoz történő mozgatása során?
- Milyen rendező mozgások engedhetők meg alacsony forgalmi intenzitású, illetve alacsony kihasználtságú időszakokban?

7. FELVONÓK DISZPONÁLÁSI STRATÉGIÁI

7.1. Felvonók autonóm irányítási stratégiái

7.1.1. *Következő feladat kiválasztása a felvonó betárolandó, illetve kitárolandó várakozó soraiból*

Ha a be- és kitárolások végzésének optimális arányát keressük, akkor egyidejűleg a (1), (3), (7), és (14) célfüggvényeket javítjuk különböző mértékben.

A korábbi fejezetekben már említésre került, hogy a gépkocsivezetők kiléptetésre való várakozási ideje jóval nagyobb, mint a beléptetésre való sorbanállási idejük. Ezért a kitárolási igények prioritást élveznek a betárolási igényekkel szemben, mert a betárolási igények várakoztatásánál a gépkocsivezető már nincs jelen, így nem kell várakoznia.

Ha már kitárolt paletták várakoznak a kiléptetési belső szállítópályán, akkor felesleges további kitárolásokat előrevenni, főleg, ha ezzel a kiléptetési szállítópálya telítődik, mert ez a felvonó blokkolását okozhatja. Ugyanígy a betárolási ideiglenes tárolópálya sem telítődhet, mert az a beléptető kabin blokkolódását okozhatja.

Az egyidejűleg jelentkező be- és kitárolási feladatok időigényét és befejezési idejét figyelembe véve kombinált ciklusokra kell törekedni az üresjáratok csökkentése végett.

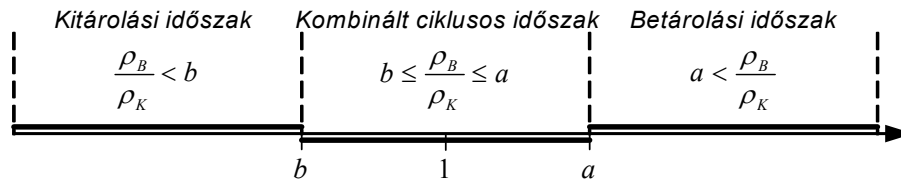
Ugyanakkor kitárolási igény jelentkezésekor a tárolószinten a gépkocsit a felvonóhoz kell juttatni. Ez a rendezettségétől és a telítettségétől függően több-kevesebb időt vesz igénybe. Ezzel párhuzamosan történhet a felvonó adott tárolószinthez történő mozgatása. Ha a kiléptetési igény nem soron kívüli, akkor a paletta tárolószinten való felvonóhoz történő mozgatásának ideje nem jelentős, így nagyobb valószínűséggel kell a palettának a felvonóra várakoznia, mint fordítva. Ez azért fontos, mert a felvonó szűk keresztmetszet lehet a rendszerben, ezért a paletta felvonóhoz való mozgatásának időtartama alatt a felvonót más – ez idő alatt elvégezhető – feladat elvégzésére kell kijelölni. Ehhez meg kell becsülni az egyes részfeladatok elvégzésének időtartamát, figyelembe véve a felvonó, üresjárat, tárolószinthez történő, illetve a paletták tárolószinten való mozgásának időigényét, és csak akkor célszerű a kitárolandót a felvonó várakozó sorába felvenni, ha a kitárolandó felvonóhoz való mozgatási idejéből már csak annyi van hátra, mint a felvonó aktuális feladatának befejezési időigénye és tárolószinthez való mozgatási ideje.

Ezek alapján meghatározhatók a feladattal szembeni korlátok és lokális optimumkritériumok:

- A kitárolandó prioritást élvez, de a kitárolási ideiglenes tárolópálya nem telítődhet.
- A betárolási ideiglenes tárolópálya nem telítődhet.

- Kombinált ciklusokra kell törekedni. [15]
- A felvonó ne várakozzon a tárolószinten a kitárolandó paletta kihozatalára.

A beérkező betárolási és kitárolási igények számának aránya alapján különböző időszakokat definiálhatunk, melyekhez meghatározott stratégia tartozik.



Ha a betárolási és a kitárolási várakozó sorok hosszának aránya:

$$\frac{\rho_B}{\rho_K} > a, \quad (9)$$

akkor az igények beérkezési sorrendje dominál, ettől csak az alábbi esetekben lehet eltérni:

- ha az igény szerinti kitárolásra beiktatandó gépkocsi nincs magasabban, mint a betárolás szintje, valamint várakozás nélkül el is végezhető, és a beiktatandó kitárolás az első várakozó igény,
- ha a kitárolásra beiktatandó gépkocsi vezetője $\Delta\tau$ -tól többet várakozott.

Ha a betárolás és a kitárolás várakozó sorhosszának aránya:

$$\frac{\rho_B}{\rho_K} < b, \quad (10)$$

akkor a kitárolások közé betárolást kell beiktatni:

- ha a kitárolandó gépkocsi tárolási szintjénél nem magasabb szintre kell betárolni, és a beiktatandó betárolásra nem kell várakozni, vagy
- ha a betárolási várakozó sor telítődése „várható”.

Ha a betárolás és a kitárolás várakozó sorhosszának aránya:

$$b < \frac{\rho_B}{\rho_K} < a, \quad (11)$$

akkor minden kitárolás közé egy betárolást kell beiktatni.

Az a és b paraméterek értékei szimulációs módszerrel határozhatók meg, attól függően, hogy az egyes célfüggvény értékeket milyen mértékben kívánjuk javítani a másik rovására, illetve milyen prioritási sorrendet írunk elő a célfüggvények érvényesítésében.

Ideális esetben a várakozó betárolási és kitárolási feladatok számának aránya 1, ekkor beszélhetünk kombinált ciklusos időszakról, 1 alatt kitárolási, 1 felett pedig betárolási időszakról. Az a és b értékek annyira térhet el 1-től, amennyit a puffersorok hossza, illetve egy kitárolási igény megengedett legnagyobb várakozási ideje megenged:

A betárolásokat nem szükséges azonnal elvégezni, azok korlátlan ideig várakozhatnak a belső puffersoron, amíg az nem telítődik, hisz ekkor a gépkocsivezető már nincs jelen. Így megvárható, amíg a soron következő kitárolási igények jelentkeznek, és ezekkel kombinálva hajthatók végre a betárolások. Viszont figyelembe kell venni az esetlegesen jelentkező betárolási dömpingeket, mert ekkor gyorsan telítődik a puffersor, és az újabb gépkocsik beléptetése csak egyszerű ciklusokkal, vagy már nem végezhető el az előírt $\tau_{B_{\max}}$ időkorláton belül, illetve a külső puffersor (beléptető kabin előtti) telítődik és a további gépkocsik behajtását el kell utasítani.

Kitárolásoknál nincs lehetőség a puffersoron való várakoztatásra, hisz ekkor a gépkocsivezető már jelen van és passzív várakozást folytat, így csak a kitárolási sorrend változtatható meg, és csak abban az esetben, ha $\tau_{K_{\max}}$ a várakozással együttes kitárolási idő nem kerül átlépésre. (A sorrendcsere nem minden közlekedési kultúrában szerencsés, figyelembe véve a gépkocsivezetők versengő mentalitását.) A sorrendcserével elérhető, hogy a betárolási és kitárolási feladatok közötti szintkülönbség minimális legyen.

A paraméterek meghatározásának szimulációs algoritmus:

1. A gépkocsik beérkezési és kilépési időpontjainak generálása a vizsgált időszak forgalmi viszonyait modellező eloszlásfüggvények szerinti.
2. A soron következő feladat jelentkezésének időpontjára lépteti a rendszeridőt*, és aktualizálja a rendszer és objektumai állapotjelzőit.
3. Megvizsgálja, hogy az azt követő feladatok beérkezési ideje és sorrendje lehetővé teszi-e a kombinált ciklusos időszak szerinti stratégiát, illetve a betárolási és kitárolási feladatok közötti szintkülönbség minimalizálását.
 - ha igen, eszerint szerint jár el, és optimalizálja a sorrendet,
 - ha nem, akkor egyszerű ciklusként diszponálja a feladatot kiválasztva a várakozó sorok hosszának aránya szerinti időszakhoz tartozó stratégiát.
4. Feljegyzi a várakozó sorok hosszának arányát.
5. Elvégzi a rendszer és objektumai állapotjelzőinek aktualizálását a feladat diszponálásának megfelelően.
6. Visszalép a 2. lépésre, amíg a vizsgált időszak összes feladatán* végig nem lépett.

7. A vizsgálat végén képezi az egyes egyszerű ciklusos időszakokban mért arányszámok átlagát: a betárolási időszaké adja a-t, a kitárolási időszaké b-t.

A szimulációs vizsgálat megbízhatóságához szükséges számú vizsgálatot kell elvégezni és az egyes vizsgálati esetekben kapott eredmények átlagát kell képezni.

* Az algoritmus szerkesztése a különleges állapotok elvén alapul.

7.1.2. A gépkocsik optimális tárolási szintjének meghatározása becsült parkolási idő alapján

A gépkocsik tárolási szintjének meghatározásánál cél a *tárolószintek egyenletes kihasználása* úgy, hogy a felvonóknak átlagosan minél kevesebb utat kelljen megtenniük mind terhelten, mind üresen. Ehhez célszerű a gépkocsikat nagyobb várható parkolási idő esetén magasabb szinteken, kisebb parkolási idő esetén szinteken elhelyezni.

Ha az adott időszakra ismert a gépkocsik várható parkolási idejének $F(t_p)$ eloszlása, akkor a t_p^i parkolási idejű gépkocsit arra a k -adik szintre kell elhelyezni, melyre igaz:

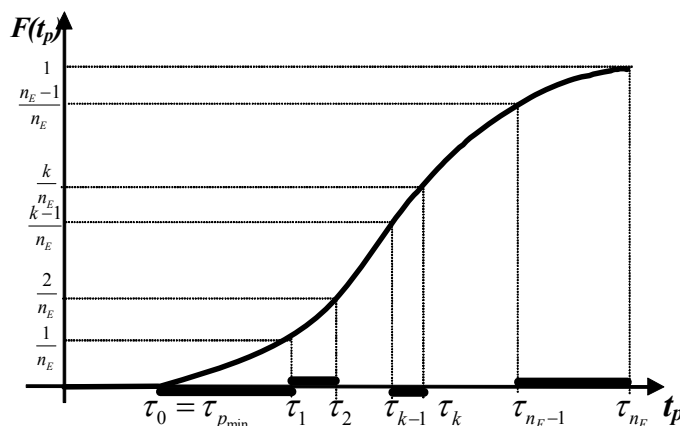
$$\tau_{k-1} < t_p^i \leq \tau_k, \quad (12)$$

$$F(\tau_k) = \frac{k}{n_E} \Rightarrow \tau_k = F^{-1}\left(\frac{k}{n_E}\right). \quad (13)$$

τ_k : a k -adik szintre betárolható gépkocsik parkolási idejének felső határa,

$k=1 \dots n_E$ (ahol n_E a tárolószintek száma).

Az időintervallumok határainak megállapítására az $F(t_p)$ inverz függvényét (13) használjuk. (22. ábra)



22. ábra

A járművek szintenkénti elosztása a becsült parkolási idő eloszlása alapján

Korrekción a parkolórendszer kihasználtságának figyelembevételével:

Ha a kihasználtság nem 100%-os, akkor a magasabb szintek kihasználtságát célszerű csökkenteni, hogy feleslegesen ne vigyék a felvonók a gépkocsikat magasabb szintekre, ha azok a lentebbi szinteken is elférnek. Ehhez korrigálni kell $F(t_p)$ inverz függvényének paraméterét úgy, hogy az időszakban várható számú gépkocsi a tárolószintek között a fentebbi szintek felé haladva a betárolható járműszámot egyenletesen csökkentve is elférjenek.

A blokkba beérkező gépkocsik egyes tárolószintekre betárolandó hányada nem a tárolószintek számának reciproka lesz, hanem az alábbi számtani sor adott tárolószinthez tartozó eleme:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \varepsilon_0 + (n_E - 1) \cdot d \\ \varepsilon_2 &= \varepsilon_0 + (n_E - 2) \cdot d \\ &\vdots \\ \varepsilon_k &= \varepsilon_0 + (n_E - k) \cdot d \\ &\vdots \\ \varepsilon_{n_E} &= \varepsilon_0 + \underbrace{(n_E - n_E)}_{=0} \cdot d = \varepsilon_0\end{aligned}\tag{14}$$

ahol:

ε_0 : a legfelső tárolószintre betárolandó hányada a blokkba beérkező gépkocsikhoz képest,

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta}{n_E},\tag{15}$$

Δ : az egyenletes kihasználás mértéke, amely:

$$0 \leq \Delta \leq 1.\tag{16}$$

- ha $\Delta = 1$, akkor nincs kihasználtság szerinti korrekció,
- ha $\Delta = 0$, akkor a legfelső tárolószintre nem kerül gépkocsi.

ε_k : a beérkező gépkocsik k -adik tárolószintre betárolandó hányada a blokkba beérkező gépkocsikhoz képest:

$$\sum_{k=1}^{n_E} \varepsilon_k = 1.\tag{17}$$

Az időintervallumok határainak megállapításához meg kell határozni d értéket. A számtani sor (14) sorösszegébe behelyettesítve ε_1 -t és ε_{n_E} -t kifejezhető d :

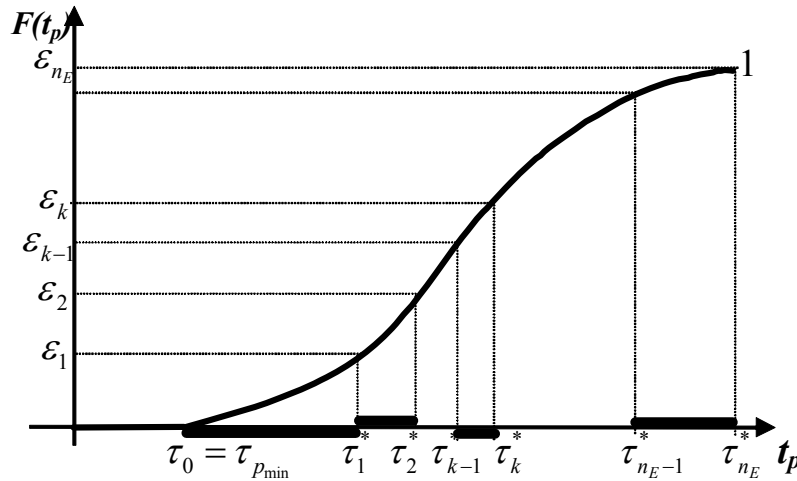
$$1 = n_F \cdot \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_{n_F}}{2} = n_F \cdot \frac{\varepsilon_0 + (n_E - 1) \cdot d + \varepsilon_0}{2} = n_E \cdot \frac{2 \frac{\Delta}{n_E} + (n_E - 1) \cdot d}{2}, \quad (18)$$

$$d = \frac{2 \cdot (1 - \Delta)}{n_E \cdot (n_E - 1)}. \quad (19)$$

Így ε_k értékekből meghatározhatók (12) τ_k kihasználtsággal korrigált intervallumhatárai. (23. ábra)

$$\tau_{k-1}^* < t_p^i \leq \tau_k^*, \quad (20)$$

$$\tau_k^* = F^{-1}\left(\sum_{i=1}^k \varepsilon_i\right), \quad (21)$$



23. ábra

A járművek szintenkénti elosztása a becslt parkolási idő eloszlása alapján a parkolórendszer kihasználtsága szerint korrigálva

A rendszer ν -edik blokkjában egy adott φ várható kihasználtság mellett a k -adik szinten elhelyezhető gépkocsik $n_{\nu k}^0$ száma:

$$n_{\nu k}^0 = \varepsilon_k \cdot \varphi \cdot n_F \cdot n_E \cdot n_{T0} = \varepsilon_k \cdot \frac{N_{gk}}{n_F}, \quad (22)$$

ahol:

$$\varphi = \frac{N_{gk}}{n_F \cdot n_E \cdot n_{T0}}, \quad (23)$$

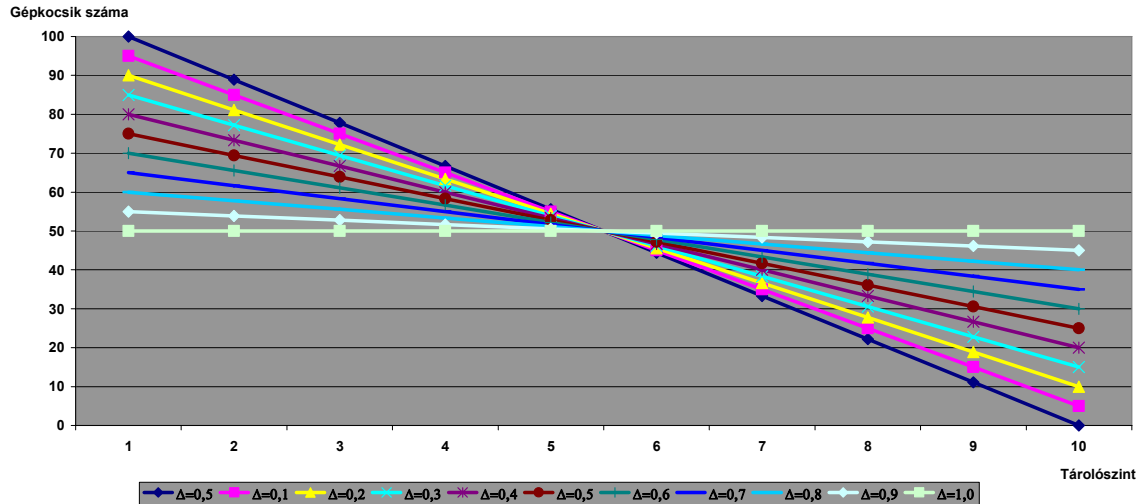
N_{gk} : a gépkocsik várható száma a rendszerben az adott időszakban,

n_{T0} : szintenkénti tárolóhelyek száma egy blokkban.

A 1. táblázat és a 24. ábra bemutatja egy blokk 10 tárolószintjének 50%-os kihasználtsága esetén a tárolószinteken elhelyezendő gépkocsik számának alakulását Δ értékének függvényében. (A tárolószintenkénti tárolóhelyek száma: 100.)

1. táblázat

$n_k = 10$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,1$		$\Delta=0,2$		$\Delta=0,3$		$\Delta=0,4$		$\Delta=0,5$		$\Delta=0,6$		$\Delta=0,7$		$\Delta=0,8$		$\Delta=0,9$		$\Delta=1,0$	
$n_{T0} = 100$		ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k
Tárolószint (k)	10.	0,0%	0	1,0%	5	2,0%	10	3,0%	15	4,0%	20	5,0%	25	6,0%	30	7,0%	35	8,0%	40	9,0%	45	10,0%	50
	9.	2,2%	11	3,0%	15	3,8%	19	4,6%	23	5,3%	27	6,1%	31	6,9%	34	7,7%	38	8,4%	42	9,2%	46	10,0%	50
	8.	4,4%	22	5,0%	25	5,6%	28	6,1%	31	6,7%	33	7,2%	36	7,8%	39	8,3%	42	8,9%	44	9,4%	47	10,0%	50
	7.	6,7%	33	7,0%	35	7,3%	37	7,7%	38	8,0%	40	8,3%	42	8,7%	43	9,0%	45	9,3%	47	9,7%	48	10,0%	50
	6.	8,9%	44	9,0%	45	9,1%	46	9,2%	46	9,3%	47	9,4%	47	9,6%	48	9,7%	48	9,8%	49	9,9%	49	10,0%	50
	5.	11,1%	56	11,0%	55	10,9%	54	10,8%	54	10,7%	53	10,6%	53	10,4%	52	10,3%	52	10,2%	51	10,1%	51	10,0%	50
	4.	13,3%	67	13,0%	65	12,7%	63	12,3%	62	12,0%	60	11,7%	58	11,3%	57	11,0%	55	10,7%	53	10,3%	52	10,0%	50
	3.	15,6%	78	15,0%	75	14,4%	72	13,9%	69	13,3%	67	12,8%	64	12,2%	61	11,7%	58	11,1%	56	10,6%	53	10,0%	50
	2.	17,8%	89	17,0%	85	16,2%	81	15,4%	77	14,7%	73	13,9%	69	13,1%	66	12,3%	62	11,6%	58	10,8%	54	10,0%	50
	1.	20,0%	100	19,0%	95	18,0%	90	17,0%	85	16,0%	80	15,0%	75	14,0%	70	13,0%	65	12,0%	60	11,0%	55	10,0%	50
$N = 500$		100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500	100%	500



24. ábra

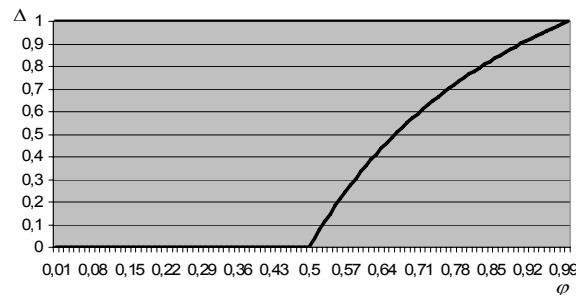
Egy blokk 10 tárolószintjének 50%-os kihasználtsága esetén a tárolószinteken elhelyezendő gépkocsik számának alakulását Δ értékének függvényében

Δ értékét az időszakra jellemző kihasználtság figyelembe vételével kell megválasztani úgy, hogy az alsóbb szintekhez rendelt gépkocsiszámok a korrekcióval ne lépjék át az egy tárolószinten rendelkezésre álló tárolóhelyek számát:

$$n_{T0} \geq \varepsilon_1 \cdot \frac{N_{gk}}{n_F} = \left(\frac{\Delta}{n_E} + (n_E - 1)d \right) \cdot \frac{N_{gk}}{n_F}, \quad (24)$$

Így Δ értékét nem csak (16) korlátozza, melynek alakulását várható kihasználtság függvényében a 25. ábra mutatja be:

$$2 - \frac{1}{\varphi} \leq \Delta \leq 1. \quad (25)$$



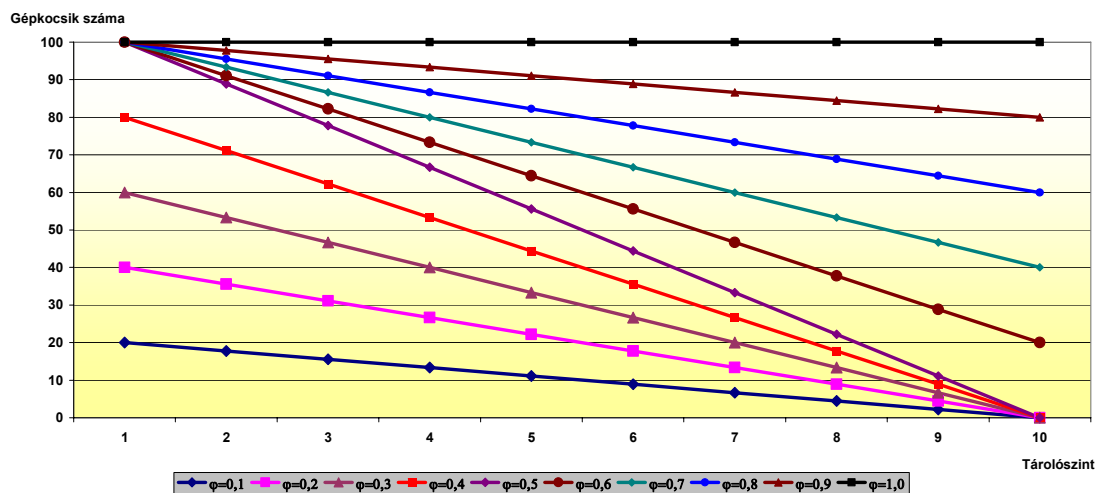
25. ábra

Δ értékének alakulása a várható kihasználtság függvényében

A 2. táblázat és a 26. ábra bemutatja különböző kihasználtságoknál elérhető maximális mértékű korrekció (Δ minimum értéke) esetén egy blokk 10 tárolószintjén az egyes szinteken elhelyezendő gépkocsik számának alakulását.

2. táblázat

$n_{\text{gk}} = 10$		$\varphi=0,1$		$\varphi=0,2$		$\varphi=0,3$		$\varphi=0,4$		$\varphi=0,5$		$\varphi=0,6$		$\varphi=0,7$		$\varphi=0,8$		$\varphi=0,9$		$\varphi=1,0$	
$n_{\text{gk}} = 100$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,0$		$\Delta=0,333$		$\Delta=0,571$		$\Delta=0,750$		$\Delta=0,889$		$\Delta=1,000$	
		k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	ε_k	n_{gk}^k	
Tárolószint (k)	10.	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	3,3%	20	5,7%	40	7,5%	60	8,9%	80	10,0%	100
	9.	2,2%	2	2,2%	4	2,2%	7	2,2%	9	2,2%	11	4,8%	29	6,7%	47	8,1%	64	9,1%	82	10,0%	100
	8.	4,4%	4	4,4%	9	4,4%	13	4,4%	18	4,4%	22	6,3%	38	7,6%	53	8,6%	69	9,4%	84	10,0%	100
	7.	6,7%	7	6,7%	13	6,7%	20	6,7%	27	6,7%	33	7,8%	47	8,6%	60	9,2%	73	9,6%	87	10,0%	100
	6.	8,9%	9	8,9%	18	8,9%	27	8,9%	36	8,9%	44	9,3%	56	9,5%	67	9,7%	78	9,9%	89	10,0%	100
	5.	11,1%	11	11,1%	22	11,1%	33	11,1%	44	11,1%	56	10,7%	64	10,5%	73	10,3%	82	10,1%	91	10,0%	100
	4.	13,3%	13	13,3%	27	13,3%	40	13,3%	53	13,3%	67	12,2%	73	11,4%	80	10,8%	87	10,4%	93	10,0%	100
	3.	15,6%	16	15,6%	31	15,6%	47	15,6%	62	15,6%	78	13,7%	82	12,4%	87	11,4%	91	10,6%	96	10,0%	100
	2.	17,8%	18	17,8%	36	17,8%	53	17,8%	71	17,8%	89	15,2%	91	13,3%	93	11,9%	96	10,9%	98	10,0%	100
	1.	20,0%	20	20,0%	40	20,0%	60	20,0%	80	20,0%	100	16,7%	100	14,3%	100	12,5%	100	11,1%	100	10,0%	100
$N_{\text{gk}} = 1000$		100%	100	100%	200	100%	300	100%	400	100%	500	100%	600	100%	700	100%	800	100%	900	100%	1000



26. ábra

Egy blokk 10 tárolószintjén elhelyezendő gépkocsik számának alakulása a kihasználtság függvényében
 Δ minimum értéke mellett

Korrekcio gépkocsik tömegének figyelembevételével:

A gépkocsik tömegét a beléptetésnél célszerű megállapítani a beléptető kabinba telepített mérleg segítségével a túlsúlyos járművek kiszűrésére. A mért értékek felhasználható a gépkocsik tárolószintek között tömeg alapján történő elosztására. Célszerű a nehezebb gépjárműveket a lentebbi szinteken elhelyezni, a könnyebeket pedig magasabb szinteken. Ehhez a gépkocsivezető által megadott becsült parkolási időt a gépkocsi tömegével súlyozással korrigálhatjuk és ezt a t_{p*}^i vehetjük figyelembe a tárolószintek közötti elosztáshoz:

$$t_{p*}^i = t_p^i + \beta \cdot \frac{t_{p\max}(\bar{m}^i - m^i)}{2(\bar{m}^i - m_{\min})}, \quad (26)$$

ahol:

$m^i, \bar{m}^i$: az i -edik ciklusban betárolandó gépkocsi tömege és annak várható értéke,

$m_{\min}$: a gépkocsik a parkolórendszerben előforduló legkisebb tömege,

β : az i -edik ciklusban betárolandó gépkocsi tömegének súlyozási tényezője.

$$\beta \begin{cases} > 1, \text{ akkor csökkentjük } m^i \text{ hatását,} \\ < 1, \text{ akkor növeljük } m^i \text{ hatását,} \\ = 1, \text{ akkor nem változtatunk } m^i \text{ hatásán,} \\ = 0, \text{ akkor nem vesszük figyelembe } m^i \text{ értékét.} \end{cases} \quad (27)$$

β értéke forgalmi időszakoként változhat aszerint, hogy az adott időszakban melyik célfüggvényt milyen mértékben kívánjuk érvényesíteni. Meghatározása bonyolult feladat, mert a becsült parkolási idő és a tömeg értékpárként együttesen kezelendő, és az egyes értékpárok forgási sebességét is figyelembe kell venni az energiamegtakarítás és jelentkező ciklusidő többlet meghatározásához. Mivel a becsült parkolási idő és egyes értékeinek gyakorisága határozza meg parkolási idő szerint megkülönböztetett gépkocsik forgási sebességét, a korrekció ciklusidő növekedést is eredményezhet, mert a tömeg nem befolyásolja a forgási sebességet. Így a minimális ciklusidő és minimális út célfüggvényeit együttesen kell figyelembe venni, melyhez azok súlyozási tényezőit is meg kell határozni. Ezért a korrekciót csak két egyszerűbb esetben célszerű alkalmazni:

Ha a parkolási idők eloszlásfüggvénye tartalmaz laposabb szakaszokat, akkor közel azonos becsült parkolási idejű gépkocsik kerülhetnek több tárolószintre, melyek között már célszerű tömeg alapján is különbséget tenni. Az ehhez tartozó korrekciós tényező:

$$\beta = \frac{\tau_{k_F} - \tau_{k_A}}{t_{v\max}}, \quad (28)$$

ahol τ_{k_A} és τ_{k_F} a laposabb eloszlásfüggvény-szakaszhoz tartozó legalsó alatti és legfelső tárolószinten érvényes korlátértékek.

A becsült parkolási időktől való eltérés várható értékét is figyelembe lehet venni a korrekció mértékének meghatározásához, hisz ez csak a tárolószintek korlátértékeihez a várható eltérésen belül eső gépkocsik tárolószintjét befolyásolják. Korrekciós tényezője:

$$\beta = \frac{\bar{t}_v^D}{t_{v\max}}, \quad (29)$$

ahol $\bar{t}_v^D$ becsült parkolási időktől való eltérés várható értéke.

7.1.3. Felvonó várakozási helyének meghatározása, ha a feladatok befejezésekor még nem ismert a következő feladat

Ha a betárolási és kitárolási ráták aránya:

$$c < \frac{\lambda_B}{\lambda_K}, \quad (30)$$

akkor – betárolási időszakban – a betárolási szintre megy várakozni.

Ha a betárolási és kitárolási ráták aránya:

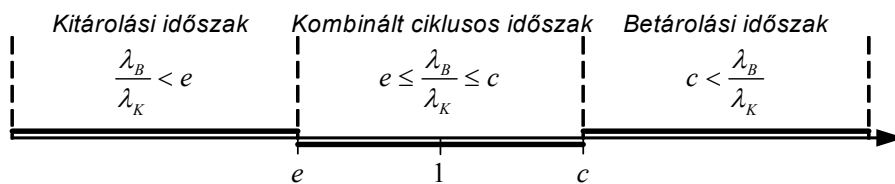
$$e < \frac{\lambda_B}{\lambda_K} < c, \quad (31)$$

akkor kombinált ciklosos időszakban ott várakozik, ahol előző feladatát befejezte.

Ha a betárolási és kitárolási ráták aránya:

$$\frac{\lambda_B}{\lambda_K} < e, \quad (32)$$

akkor – kitárolási időszakban – az előrejelzett soron következő P számú kitárolási igény centrumába megy várakozni.



A kombinált ciklusos időszak határait a c és e paraméterek értékei adják meg, melyek az alapján határozható meg, hogy mennyi a betárolási, illetve kitárolási feladat egymást követő kétszeri jelentkezésének valószínűsége. Kiindulásként alkalmazhatjuk a nagyobb valószínűség elvét, ekkor 50%-os valószínűség alapján kell a paraméterek értékeit számítani:

$$\left. \begin{aligned} P_{B,B} &= \left(\frac{\lambda_B}{\lambda_B + \lambda_K} \right)^2 \\ P_{B,B} &> 0,5 \\ \frac{1}{\sqrt{2}-1} &> \frac{\lambda_B}{\lambda_K} \\ \Downarrow \\ c &= \frac{1}{\sqrt{2}-1} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} P_{K,K} &= \left(\frac{\lambda_K}{\lambda_B + \lambda_K} \right)^2 \\ P_{K,K} &> 0,5 \\ \sqrt{2}-1 &< \frac{\lambda_B}{\lambda_K} \\ \Downarrow \\ e &= \sqrt{2}-1 \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Ezen értékek azonban nem veszik figyelembe a be- és kitárolási igények szórását, így ha a relatív szórás mértéke nagy, célszerű szimulációs vizsgálattal történő ellenőrzésük és pontosításuk, mely beépíthető a feladatok sorrendjét befolyásoló paraméterek vizsgálatának folyamatába annak 5. pontja után:

A vizsgált feladat diszponálása után meg kell vizsgálni, hogy a rendszer adott időpillanatában várakozik-e még feladat diszponálásra:

- ha igen, akkor vissza kell lépni a 2. pontra,
- ha nem, akkor:
 - meg kell vizsgálni a soron következő feladat típusát, annak figyelembe vételével meg kell határozni a parkolási pozíciót,
 - fel kell jegyezni az alkalmazott stratégiát.

A 7. pontban történő kiértékelésnél összesíteni kell az egyes stratégiák alkalmazása eseteinek számát.

A szimulációs vizsgálat megbízhatóságához szükséges számú vizsgálatot elvégezve képezhető az egyes esetek várható értéke, melyek az összes döntési helyzet számára vetítve megadja azok előfordulási valószínűségét. *Ekkor a vizsgált időszakban a stratégia kiválasztása már a nagyobb valószínűség alapján történik.*

Felvonó optimális parkolási pozíciója a kitárolási időszakban:

A kitárolási időszakban a felvonó a soron következő p számú kitárolási feladat centrumába megy várakozni. A kitárolási időpontok a gépkocsivezetők által becsült parkolási idők, illetve kilépési időpontok alapján határozhatók meg, melyek azonban nehezen tarthatók be és bizonyos mértékű eltérés jelenik meg. Ezen eltérés mértéke és eloszlása a hisztorikus adatok alapján határozható meg, melyet az aktuális időhöz hozzáadva a kapott

időhatáron belül eső kitárolási időponttal rendelkező gépkocsik tárolási szintjeinek centruma lesz a felvonó parkolási pozíciója:

$$z_p^F = \frac{\sum_{i \in \Theta_{\sigma_{TKi}}} z_i}{\|\Theta_{\sigma_{TKi}}\|}, \quad (34)$$

ahol:

z_i : i -edik gépkocsi tárolási szintje,

$\Theta_{\sigma_{TKi}}$: azon gépkocsik halmaza, melyek hátralevő becsült parkolási ideje a becsült parkolási időtől való eltérés várható értékén belül esik.

7.1.4. Stratégiáinak szimulációs vizsgálata

A felvonók autonóm és csoportos diszponálási stratégiái hatékonyságának meghatározására szimulációs vizsgálatot végeztem, mellyel meghatároztam a teljesítőképesség, a felhasználó gépkocsivezetők várakozó sorainak hossza és várakozási idői, valamint a felvonó által megtett úthosszak terén a hagyományos leggyorsabban elérhető szabad tárolóhely elvén alapuló stratégiához képesti javulás mértékét. A vizsgált esetek:

Feltöltés	Leggyorsabban elérhető szabad helyek elve
	Felvonók autonóm diszponálási stratégiái
Kiürítés	Leggyorsabban elérhető szabad helyek elve
	Felvonók autonóm diszponálási stratégiái
Normál üzem folyamatos fluktuáció esetén terhelés változása függvényében	Leggyorsabban elérhető szabad helyek elve
	Felvonók autonóm diszponálási stratégiái

A dömpingszerű feltöltés és kiürítés arra ad választ, hogy a stratégiák mellett milyen betárolási és kitárolási teljesítőképesség érhető el. A kiürítés mindig a feltöltés által eredményezett állapotból indul, melynek során a gépkocsi már rendelkezik kilépési időponttal. A kitárolás a kilépési időpont szerinti sorrendben valósul meg, de folyamatosan egymás után, tehát nem várja meg a rendszer, míg a parkolási idő letelik.

Normál üzem alatt már a kombinált ciklusokat teljesít a rendszer. A vizsgálatokat több esetben is elvégeztem, melyek az időegység (óra) alatt jelentkező feladatok számában különböznek: óránkénti 30 feladattól 135 feladatig. Ahogy az egyes esetek során a feladat-szám nő, úgy csökken az átlagos parkolási idő a beérkező gépkocsik számára megfelelő számú szabad férőhely biztosítása céljából. (28. ábra) A működés során a betárolási és ki-

tárolási feladatok aránya aszerint ingadozik, hogy az eloszlásokból milyen beérkezési és parkolási idők generálódnak.

A szimulációs vizsgálatban alkalmazott modell fejfelrendezésű, keresztirányú tárolású és az alábbi paraméterekkel rendelkezik:

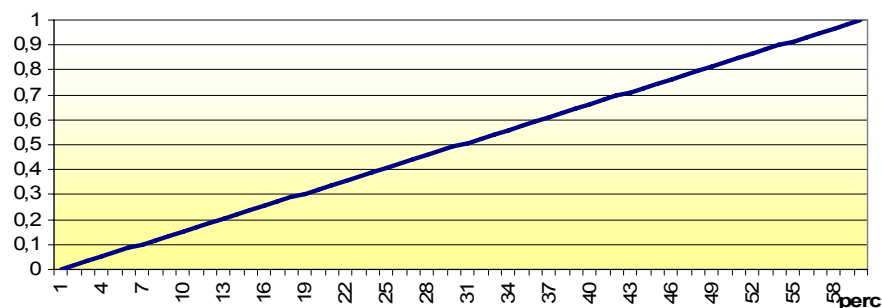
- Felvonók száma: 1 db felvonó (fejfelrendezés).
- Be- és kiléptető rendszer: egy állomás beléptetésre és egy állomás külön kiléptetésre.
- Palettafordító berendezés: a felvonó és az ideiglenes tárolópályák között.
- Ideiglenes tárolópálya kapacitása: 10 db paletta
- Várakozó pálya hossza: korlátlan

3. táblázat

A vizsgált rendszer adatlapja

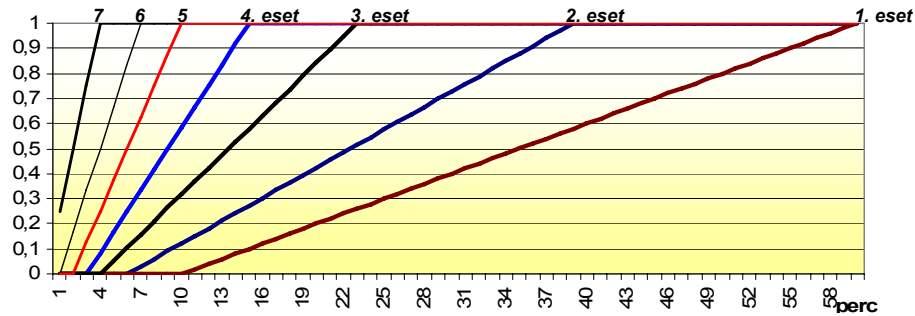
Geometriai paraméterek	
Tárolószintek száma	$n_e = 10$ emelet
Tárolósorok száma	$m = 3$ sor
Soronkénti tárolócellák száma	$n = 10$ cella
Egy cellányi szállítási út x irányban:	$s_x = 5,5$ m
Egy cellányi szállítási út y irányban:	$s_y = 2,2$ m
Egy emeletnyi szállítási út:	$s_z = 2,5$ m
Manipulációs sebességek	
x irányú szállítási sebesség:	$v_x = 1$ m/s
y irányú szállítási sebesség:	$v_y = 1$ m/s
Felvonó szállítási sebessége:	$v_z = 0,5$ m/s
Manipulációs idők	
Egy cellányi szállítási idő x irányban:	$t_x = 5,5$ s
Egy cellányi szállítási idő y irányban:	$t_y = 2,2$ s
Egy cellányi szállítási idő z irányban:	$t_z = 5$ s
Felvonóba/-ból rakodás időigénye:	$R_F = 2,35$ s
Palettaforgatás és átadás időigénye:	$R_{fp} = 8,5$ s

A forgalmi környezet jellemzői:



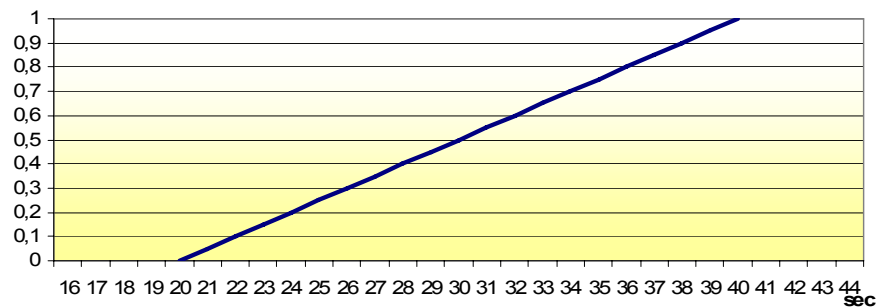
27. ábra

Gépkocsik beérkezési idejének eloszlása



28. ábra

Gépkocsik parkolási idejének eloszlása az egyes vizsgálati esetekben



29. ábra

Gépkocsivezetők beléptetési illetve kiléptetési idejének eloszlása

A normál üzem szimulációjánál figyelmet kell fordítani az induló állapotra, mivel már kitérő mozgások is történnek, melyek ismeretlen, a rendszer vizsgálatának indítása előtti időpontokban kerültek betárolásra. A megfelelő inicializálásra két lehetőség kínálkozik:

- a parkolórendszer üres, ez esetben a szimuláció elején tranziens szakasz zajlik le, amely torzítja az állandósult szakasz eredményeit, mert a rendszer a futás során soha nem tér vissza induló állapotába (végtelen futású rendszer) [19], az adatgyűjtés csak a tranziens szakasz vége után kezdhető meg, mely hosszúságának meghatározása Welch-módszerrel határozható meg,
- a maximális parkolási idő hosszúságú időintervallum alatt átlagosan beérkező számú gépkocsi inicializálása a megfelelő eloszlásfüggvények segítségével, és ezek közül azok regisztrálása a rendszerbe, amelyek kitérő mozgása a maximális parkolási idő hosszúságú intervallumon belül nem valósul meg, vagyis fennáll, hogy:

$$t_{Be}^{0i} + t_p^{0i} \geq t_{pmax} \quad (35)$$

A szimulációhoz a 2. módszert alkalmaztam egyszerűsége végett. A rétegzett mintavételezés (beérkezési idők és parkolási idők generálása) miatt célszerű a vizsgálatot többször elvégezni, mivel a pontosságot vizsgálati esetek számának az induló állapotok M_0

összes lehetséges számához viszonyított értéke is befolyásolja. Mivel a tárolási idők lehetséges értékeinek száma 1 perces időközök esetén:

$$e_m = t_{vmax} - t_{vmin} = 480 - 10 = 470 \text{ perc}, \quad (36)$$

az induló állapotok lehetséges száma az alábbi ismétléses kombináció:

$$M_0 = \binom{e_m}{n_m} = \binom{465}{n_m} \quad (37)$$

ahol n_m a szimuláció induló állapotában a tárolótérben lévő gépkocsik száma.

Ezért a vizsgálatokat egy adott esetre vonatkozóan 100 alkalommal végeztem el 24 óra hosszúságú T_0 vizsgálati időszakot alkalmazásával. Az ezalatt megvalósuló tranzakciók számát (be- és kitárolási műveletek együttes száma) a 4. táblázat foglalja össze:

4. táblázat
Normál üzem szimulációs vizsgálatánál megvalósult tranzakciószámok

Eset	1	2	3	4	5	6	7	8
Óránkénti várható tranzakciószám	30	45	60	75	90	105	120	135
Együttes tranzakciószám	731	1034	1436	1792	2198	2539	2791	3211

Ezen tranzakciószámok elegendőek a szükséges pontosság eléréséhez. Az egyes esetekre vizsgálatok eredményeit az 5. táblázat foglalja össze.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az autonóm diszponálási stratégiák alkalmazásával bizonyos határon belül számottevően csökkenthetők a várakozási idők és várakozó sorhosszak, emellett kisebb mértékben csökken a felvonó által műveletenként megtett hasznos és üresjáratú úthossz is. Bizonyos teljesítőképesség-igény felett azonban természetesen itt is megnövekednek a várakozási idők és sorhosszak, de ez a határ magasabbra tolható, mint a legközelebbi szabad hely elvét alkalmazó stratégiánál. Az egyes jellemzők alakulását a B. jelű mellékletben található diagramok is bemutatják.



5. táblázat

Szimulációs vizsgálatok összesített eredményei (átlagos értékek és szórások)

Csoport	Feltöltés/Kiürítés *		Normál üzem															
			(Folyamatos fluktuáció terhelés növelése mellett)															
Altípus	L egygyorsabban elérhető s szabad helyek elve	A utonóm d iszponálási s stratégiák mellett	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads	Lsh	Ads
Eset	(átlag/szórás)	(átlag/szórás)	$E_{Nf} = 30$		$E_{Nf} = 45$		$E_{Nf} = 60$		$E_{Nf} = 75$		$E_{Nf} = 90$		$E_{Nf} = 105$		$E_{Nf} = 120$		$E_{Nf} = 135$	
Betárolási idő	59,76 s	59,53 s	61,21 s	57,11 s	59,32 s	55,43 s	55,01 s	53,77 s	47,57 s	48,91 s	37,12 s	44,33 s	32,39 s	41,27 s	30,24 s	35,85 s	30,52 s	32,12 s
	0,30 s	0,07 s	1,34 s	0,21 s	1,46 s	0,43 s	1,35 s	0,32 s	1,24 s	0,23 s	1,54 s	0,68 s	1,75 s	0,43 s	1,97 s	0,52 s	1,98 s	0,68 s
Kitárolási idő	63,17 s	62,44 s	63,93 s	59,18 s	61,34 s	59,47 s	58,53 s	54,14 s	52,96 s	53,80 s	40,56 s	47,89 s	35,21 s	43,40 s	31,98 s	37,80 s	30,34 s	34,70 s
	1,06 s	1,13 s	1,54 s	2,51 s	1,25 s	2,04 s	1,35 s	3,99 s	1,15 s	3,27 s	1,13 s	2,94 s	1,14 s	3,27 s	0,12 s	3,77 s	1,13 s	3,86 s
Várakozási idő beléptetésre			2,09 s	2,10 s	9,88 s	7,09 s	21,34 s	15,98 s	39,53 s	27,16 s	60,12 s	43,22 s	182,32 s	113,78 s	398,43 s	287,20 s	712,34 s	421,60 s
			0,04 s	0,03 s	0,57 s	0,43 s	0,93 s	1,92 s	1,44 s	3,99 s	2,35 s	6,10 s	19,32 s	3,99 s	36,23 s	6,10 s	64,73 s	9,21 s
Várakozási idő kiléptetésre			58,01 s	57,70 s	69,23 s	57,11 s	107,43 s	49,55 s	178,43 s	50,43 s	218,42 s	84,01 s	412,43 s	199,72 s	632,23 s	309,47 s	1092,21 s	634,95 s
			1,96 s	1,98 s	2,87 s	2,57 s	3,35 s	3,74 s	6,24 s	5,20 s	10,34 s	6,43 s	25,43 s	5,20 s	49,35 s	6,43 s	54,35 s	10,24 s
Belső sorhossz betároláshoz			0,06 db	0,05 db	1,34 db	0,87 db	2,82 db	1,43 db	5,33 db	3,08 db	10,00 db	7,54 db	10,00 db	10,00 db	10,00 db	10,00 db	10,00 db	10,00 db
			0,00 db	0,01 db	0,35 db	0,13 db	0,45 db	0,35 db	0,92 db	0,23 db	0,03 db	0,59 db	0,00 db	0,29 db	0,00 db	0,00 db	0,00 db	0,00 db
Belső sorhossz kitároláshoz			0,03 db	0,35 db	0,34 db	0,76 db	0,40 db	1,20 db	9,21 db	4,98 db	10,00 db	5,23 db	10,00 db	6,35 db	10,00 db	9,43 db	10,00 db	10,00 db
			0,03 db	0,09 db	0,03 db	0,10 db	0,03 db	0,32 db	1,20 db	0,45 db	0,00 db	0,83 db	0,00 db	0,13 db	0,00 db	0,45 db	0,00 db	0,00 db
Külső sorhossz ¹ beléptetéshez			0,02 db	0,01 db	0,25 db	0,03 db	0,64 db	0,53 db	2,13 db	1,20 db	4,42 db	3,10 db	9,23 db	6,72 db	17,23 db	11,50 db	26,25 db	17,40 db
			0,00 db	0,00 db	0,01 db	0,00 db	0,01 db	0,03 db	0,09 db	0,22 db	0,32 db	0,98 db	1,24 db	2,32 db	3,32 db	3,01 db	3,24 db	4,24 db
Külső sorhossz ² kiléptetéshez			1,01 db	0,96 db	1,45 db	1,10 db	2,03 db	1,75 db	3,23 db	2,10 db	7,01 db	4,90 db	13,54 db	11,36 db	23,42 db	19,74 db	39,21 db	27,54 db
			0,10 db	0,12 db	0,13 db	0,14 db	0,20 db	0,44 db	0,40 db	0,76 db	1,21 db	1,20 db	1,23 db	2,25 db	5,49 db	4,69 db	15,34 db	5,34 db
Felvonó által megtett hasznos úthossz	13,25 m	13,25 m	13,37 m	12,09 m	13,65 m	12,32 m	13,48 m	12,38 m	13,45 m	11,93 m	13,41 m	11,72 m	13,27 m	11,46 m	13,35 m	10,40 m	13,26 m	9,91 m
	0,00 m	0,00 m	1,54 m	0,21 m	1,66 m	0,51 m	1,23 m	0,78 m	1,19 m	0,81 m	1,13 m	0,49 m	1,34 m	0,56 m	1,54 m	0,58 m	2,02 m	1,81 m
Felvonó által megtett üresjáratú úthossz	13,24 m	13,25 m	12,57 m	11,96 m	11,43 m	11,06 m	10,99 m	9,77 m	9,96 m	6,83 m	9,08 m	5,99 m	8,56 m	5,48 m	7,94 m	5,29 m	7,66 m	5,02 m
	0,01 m	0,01 m	1,34 m	0,10 m	1,12 m	0,43 m	0,97 m	0,81 m	1,32 m	1,00 m	1,54 m	1,31 m	1,33 m	1,35 m	1,35 m	0,13 m	1,64 m	0,94 m

* A megadott stratégia szerint feltöltött (rendezett) állapotból való kiürítés

¹ Gépkocsivezető szabad beléptető kabinra való várakozásánál

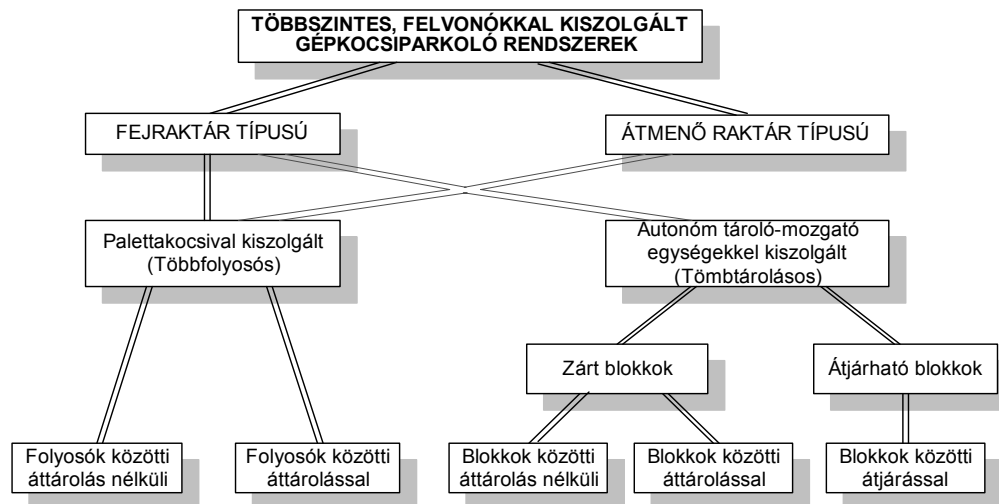
² Gépkocsivezető gépjárművének kiléptető kabinba kihozatalára való várakozásánál

7.2. Felvonók csoportos diszponálási stratégiái

Felvonócsoporthoz irányításánál az alábbi diszponálási kérdésekre kell választ adniuk:

- Mikor, hány felvonó üzemeljen?
- Mely felvonók üzemeljenek, ha adott a számuk?
- A bejövő gépkocsikat mely felvonókhoz kell irányítani?
- A kitárolandó gépkocsikat mely felvonókhoz kell irányítani?

Itt fontos vizsgálni azt is, hogy ha egy felvonó leállításra kerül, akkor hogyan tudja az ott jelentkező feladatokat másik felvonó ellátni. Ebből a szempontból az osztott kiszolgálású parkolórendszerek több csoportba sorolhatók, melyben a palettakocsis rendszereket is célszerű megemlíteni, mert egyes változatainál jellegüknek fogva ugyanazon diszponálási stratégiák alkalmazhatók, mint tömbtárolásos rendszereknél. A felvonóval kiszolgált többszintes automatizált gépkocsitároló rendszerek a 30. ábra szerint csoportosíthatók.



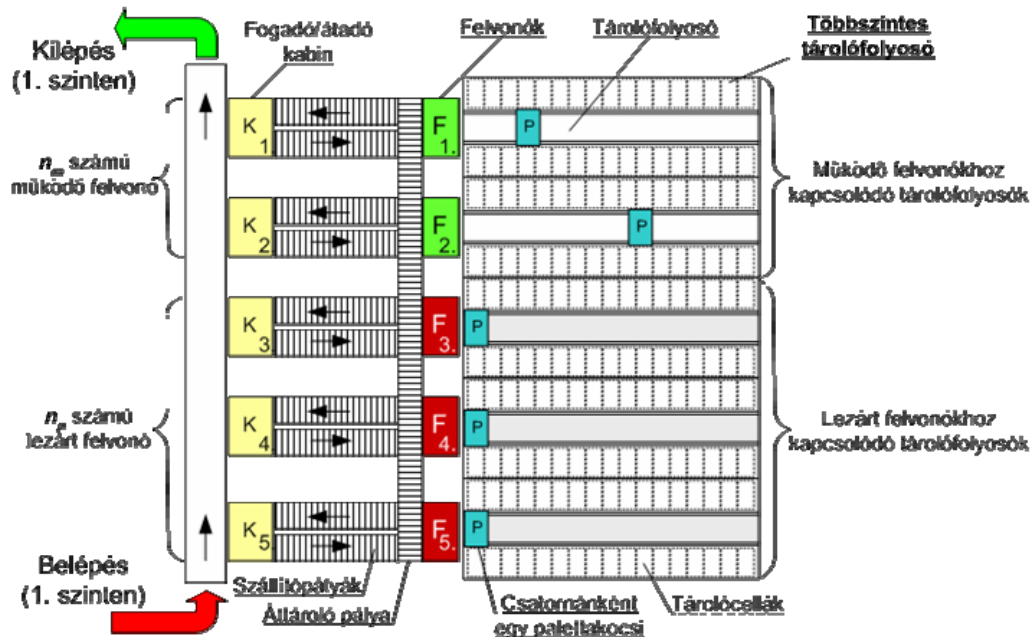
30. ábra

Többszintes, felvonókkal kiszolgált automatikus parkolórendszerek változatainak struktúrája

A struktúrából a fejelrendezésű tárolórendszerekkel foglalkozunk, melyeknél egy-egy felvonó által kiszolgált tömbtárolásos blokk, illetve **palettakocsis folyosó** lehet:

- zárt blokkok, illetve folyosók közötti áttárolás nélküli: a felvonók leállítását úgy kell elvégezni, hogy az általuk kiszolgált blokkból, illetve folyosóból ne jelentkezzen a leállítás időszakában kitárolás, illetve az üzemelő felvonók által kiszolgált blokkok, illetve folyosók rendelkezzenek megfelelő szabad tárolókapacitással a leállítás időszakában beérkező gépkocsik fogadására,
- zárt blokkok, illetve folyosók közötti áttárolással: ekkor a leállítás időszaka előtti időszakban a leállítandó felvonó áttárolja a többi felvonó által kiszolgált blokkba, illetve folyosóba a leállítás időszakában kitárolandó palettákat,

- átjárható blokkok közötti áttárolásos (csak tömbtárolásnál): az adott tárolószinten a nyitott blokkok között tetszőlegesen átadhatók a paletták, így egy blokkot kiszolgáló felvonó leállítása esetén a kitárolandók átirányíthatók az üzemelő felvonókhoz.



2. ábra

Többszintes, felvonóval kiszolgált áttárolásos rendszerváltozat

7.2.1. Üzemeltetendő felvonók számának meghatározása

Az adott időszakban üzemeltetendő felvonók számát úgy kell megválasztani, hogy az adott időszakban várható be és kitárolási kiszolgálási igényeket minél alacsonyabb várakozási idők mellett, de minél kevesebb számú felvonóval tudja a rendszer kiszolgálni.

Általános feltételek: Bármely blokkba bármely beérkező gépkocsi betárolható, amelyet a parkolóház fogadni tud, nincs a blokkok között rendezés, valamint a blokkok lezárása költségmegtakarítást eredményez.

$\Delta T_\varepsilon = T_{1\varepsilon} - T_{2\varepsilon}$ időintervallumon belül az n_F számú felvonóból n_p számú blokkban nincs szükség kitárolásra, így csak $n_m = n_F - n_p$ számú blokkban is elegendő működni a felvonóknak, ha az alábbi kiegészítő feltételek teljesülnek:

Kiegészítő feltételek:

1. $n_m = n_F - n_p$ számú blokkban van annyi tárolóhely, ahová be lehet tárolni a ΔT_ε időszakban beérkező gépkocsikat,
2. a be- és kitárolási teljesítőképesség n_m üzemelő blokkokban elegendő a ΔT_ε időszakban jelentkező kitárolási igények kiszolgálására,
3. a sorbanállási idők be- és kitárolásnál nem lépi túl az előírt $\Delta \tau$ korlátot!

A ΔT_ε időintervallumok célszerűen akkorák, melyben lehetőség van azon erőforrások használatának szüneteltetésére, melyek költséget jelentenek, pl. felügyelő és biztonsági személyzet, vagy világítás. Az emberi erőforrások használatának ilyen módon történő ki-mélésének feltétele, hogy a ΔT_ε intervallum és határai igazodjanak a munkaműszak hosz-szához, illetve kezdési és befejezési időpontjához. A kérdést két módon vizsgálhatjuk:

- **Globális vizsgálattal:** amikor az elemzéseknél nem egyes blokkokra, hanem a teljes rendszerre vizsgáljuk a tárolókapacitást, a be- és kitárolás teljesítőképességét, ill. meg-lévő kapacitást. Ha ezen vizsgálat során a szükséges tartalékok rendelkezésre állnak, a globális vizsgálat elegendő.
- **Részletes vizsgálattal:** amikor az egyes blokkokra elemzésének összegzésével jutunk el a teljes rendszer jellemzéséhez. Akkor válik szükségessé, ha a globális vizsgálat so-rán a szükséges tartalékok nem állnak rendelkezésre, és a leállítandó felvonók számát csökkenteni kell.

A vizsgálatok közül a globális vizsgálattal érdemes kezdeni, kivéve az alábbi feltételek fennállása esetén, mert ekkor a globális vizsgálat nem ad megbízható eredményt:

- az egyes működő blokkoknál $\Delta T_{\varepsilon 2}$ időpontig rendelkezésre álló szabad kapacitásnak nagy a szórása, így lehet, hogy a szabad tárolókapacitással bíró blokknak nincs elegendő szabad teljesítőképessége a betárolások elvégzésére,
- az összes rendelkezésre álló tárolókapacitás és a ΔT_ε időszakban kitárolandó N_ε^B gépkocsiszám aránya:

$$\omega_R = \frac{R_{1\varepsilon} + N_\varepsilon^K}{N_\varepsilon^B} < \omega_{R0}, (\omega_{R0} = 1, 2 \dots 1, 4), \quad (38)$$

- az összes be- és kitárolási teljesítőképesség és a működő felvonóknál rendelkezésre álló teljesítőképesség aránya közel van a teljes kihasználáshoz:

$$\phi_P = \frac{\lambda_\varepsilon^B + \lambda_\varepsilon^K}{\mu_{R\varepsilon} \frac{n_F - n_P}{n_P}} > \phi_{P0}, (\phi_{P0} = 0, 8 \dots 0, 9). \quad (39)$$

Ekkor a globális vizsgálatot elhagyva a részletes vizsgálatot kell elvégezni.

Globális vizsgálat:

1. feltétel: a tárolókapacitás vizsgálata:

ΔT_ε időszakban alatt:

- $N_\varepsilon^B = \lambda_\varepsilon^B \Delta T_\varepsilon$ db gépkocsi érkezik be, ahol λ_ε^B a gépkocsik beérkezési rátája,

- a rendszer $n_m = n_F - n_p$ blokkjából $N_\varepsilon^K = \lambda_\varepsilon^K \Delta T_\varepsilon$ db gépkocsi kerül kitárolásra, ahol λ_ε^K a gépkocsik kilépési rátája a rendszerből.
- a megnövekedő tárolókapacitás szükséglet:

$$\Delta R_\varepsilon = N_\varepsilon^B - N_\varepsilon^K. \quad (40)$$

1. Ha az ΔT_ε időszak $T_{1\varepsilon}$ kezdetén $R_{1\varepsilon} \geq \Delta R_\varepsilon$ tárolókapacitás áll rendelkezésre, akkor elegendő a ΔT_ε időszakban beérkező gépkocsik számára az n_m üzemeltetendő felvonók által kiszolgált blokkok szabad tárolókapacitása:

- ha $\Delta R_\varepsilon \geq 0$, akkor a kezdetéhez képest azonos, vagy csökken a szabad tárolókapacitás,
- ha $\Delta R_\varepsilon < 0$, akkor növekszik a szabad tárolókapacitás.

2. Ha $R_{1\varepsilon} < \Delta R_\varepsilon$, akkor ΔT_ε időszakban meg kell nyitni olyan blokkokat, ahol nem várható kitárolás, vagyis n_p -t csökkenteni kell $n_p^* < n_p$ -re, így a tárolókapacitás növekszik:

$$R_{1\varepsilon}^* = R_{1\varepsilon} + \sum_{v=1}^{\Theta_{\Delta n_m}} r_{1\varepsilon v}, \quad (41)$$

ahol:

$\Theta_{\Delta n_m}$: üzemeltetésre kiválasztott blokkok halmaza, ahol csak betárolásra kerül sor,

$r_{1\varepsilon v}$: a v -edik blokkban $T_{1\varepsilon}$ időpontban rendelkezésre álló szabad helyek száma.

n_m üzemeltetendő felvonók számának növelését úgy kell elvégezni, hogy:

$$\Delta n_m = n_m + (n_p^* - n_p) \rightarrow \min. \quad (42)$$

Ehhez sorrendbe kell állítani az egyes blokkokat $r_{1\varepsilon v}$ szerint és Δn_m növelését addig kell folytatni $\max_{v=1 \dots \Theta_{n_p}} \{r_{1\varepsilon v}\}$ -et kiválasztva, amíg $R_{1\varepsilon}^* \geq \Delta R_\varepsilon$ nem teljesül.

2. feltétel: a teljesítőképesség vizsgálata:

ΔT_ε időszakban a betárolandó és a kitárolandó gépkocsik száma: $N_\varepsilon = N_\varepsilon^B + N_\varepsilon^K$.

μ_ε^m : a kiszolgálási ráta a ΔT_ε időszakban n_m felvonó működése esetén:

$$\mu_\varepsilon^m = \mu_{R\varepsilon} \frac{n_F - n_p}{n_F}, \quad (43)$$

$\mu_{R\varepsilon}$ a be- és kitárolások átlagos redukált kiszolgálási rátája az egész rendszerre vonatkozóan, ha n_F felvonó működik.

$$\mu_{R\varepsilon} = (1 - \gamma_C) \mu_E + \gamma_{C\varepsilon} \mu_C, \quad (44)$$

ahol:

μ_E : egyszerű be-, ill. kitárolási ráta,

μ_C : kombinált be-, ill. kitárolási ráta ($\mu_C > \mu_E$),

$\gamma_{C\varepsilon}$: a kombinált ciklus aránya, mely lehet időszakoktól függő, de időszakon belül állandó.

1. Ha $N_\varepsilon \leq \mu_\varepsilon^m \Delta T_\varepsilon$, akkor ΔT_ε időszakban elegendő $n_m = n_F - n_p$ blokk működtetése, ahol

2. Ha $N_\varepsilon > \mu_\varepsilon^m \Delta T_\varepsilon$, akkor csökkenteni kell a működésen kívüli felvonók számát $n_p^* < n_p$ -

ra, amíg $N_\varepsilon \leq \mu_\varepsilon^{m*} = \mu_{R\varepsilon} \frac{n_F - n_p^*}{n_F} \Delta T_\varepsilon$ nem teljesül.

Megjegyzés: Itt nem szükséges sorrendet állítani a leállítandó blokkok között, mivel ezekben nem várható kitárolás, így a teljesítőképesség mindegyiknél azonos nagyságú.

3. feltétel: a sorbanállási idők vizsgálata:

$t_{s\varepsilon}$ a sorbanállási idő be- és kitárolásnál a ΔT_ε időszakban, mely függ a forgalmi intenzitástól: $t_{s\varepsilon} = t_{s\varepsilon}(\phi_\varepsilon)$, ahol:

ϕ_ε : a forgalmi intenzitás a ΔT_ε időszakban n_m felvonó működése esetén:

$$\phi_\varepsilon = \frac{\lambda_\varepsilon^B - \lambda_\varepsilon^K}{\mu_\varepsilon^m}, \quad (45)$$

A sorbanállási idők nem léphetik át a maximális $\Delta \tau$ sorbanállási időt: $t_{s\varepsilon} \leq \Delta \tau$.

Ehhez biztosítandó teljesítőképesség: $\mu_{\Delta \tau}$, mely meghatározható $\Delta \tau = t_{s\varepsilon}(\phi_{\Delta \tau})$ -ból és a jellegzetes eloszlásokból (beérkezés és kiszolgálás) vagy szimulációs vizsgálattal.

1. Ha $\mu_\varepsilon^m \geq \mu_{\Delta \tau}$, akkor a ΔT_ε időszakban n_p felvonó leállítható.

2. Ha $\mu_\varepsilon^m < \mu_{\Delta \tau}$, akkor a leállítandó felvonók számát csökkenteni kell $n_p^* < n_p$ -ra, amíg $\mu_\varepsilon^m \geq \mu_{\Delta \tau}$ nem teljesül.

Megjegyzés: Hasonlóképpen a 2. feltételhez nem szükséges sorrendet állítani a leállítandó blokkok között, mivel ezekben nem várható kitárolás, így a teljesítőképesség mindegyiknél azonos nagyságú.

Részletes vizsgálat:

A részletes vizsgálat a blokkonként rendelkezésre álló tárolókapacitást és teljesítőképességet együttesen vizsgálja. A globális vizsgálatnál leginkább abban tér el, hogy a kitárolással felszabaduló tárolóhelyeket nem együttesen vizsgálja, hanem blokkonként.

1. és 2. feltétel együttes vizsgálata:

A ν -edik blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás a ΔT_ε időszakban:

$$r_{\varepsilon\nu} = r_{1\varepsilon\nu} + n_{\varepsilon\nu}^K, \quad (46)$$

ahol:

$r_{1\varepsilon\nu}$ a $T_{1\varepsilon}$ időpontban rendelkezésre álló tárolókapacitás a ν -edik blokkban,

$n_{\varepsilon\nu}^K$ a ΔT_ε időszakban ν -edik blokkból kitárolt gépkocsik száma.

Egy-egy blokknál ΔT_ε időszakban kiszolgálható gépkocsik száma:

$$n_{\varepsilon\nu}^0 = \frac{\mu_R}{n_F} \Delta T_\varepsilon. \quad (47)$$

A ν -edik blokkban betárolásra rendelkezésre álló teljesítőképesség a ΔT_ε időszak alatt:

$$n_{\varepsilon\nu}^{B0} = n_{\varepsilon\nu} - n_{\varepsilon\nu}^K, \quad (48)$$

ahol $n_{\varepsilon\nu}^K$ konkrétan adott.

– Ha $n_{\varepsilon\nu}^{B0} \geq r_{\varepsilon\nu}$, akkor a szabad tárolókapacitás ténylegesen fel is használható:

$$r_{\varepsilon\nu f} = r_{1\varepsilon\nu} + n_{\varepsilon\nu}^K. \quad (49)$$

– Ha $n_{\varepsilon\nu}^{B0} < r_{\varepsilon\nu}$, akkor a szabad tárolókapacitásból csak a kiszolgálhatók használhatók fel ténylegesen:

$$r_{\varepsilon\nu f} = n_{\varepsilon\nu}^0 = n_{\varepsilon\nu}^{B0} + n_{\varepsilon\nu}^K. \quad (50)$$

A n_m blokkba betárolható gépkocsiszámnak biztosított összes tárolókapacitás és betárolási teljesítőképesség a ΔT_ε időszakban:

$$R_\varepsilon^B = \sum_{\nu=1}^m r_{\varepsilon\nu f}, \quad (51)$$

– Ha $R_\varepsilon^B \geq N_\varepsilon^B$, akkor n_p felvonó leállítására lehetőség van.

– Ha $R_\varepsilon^B < N_\varepsilon^B$, akkor a leállítható n_p felvonószámot csökkenteni kell n_p^* -re, amíg $R_\varepsilon^B \geq N_\varepsilon^B$ nem teljesül úgy, hogy $\Delta n_m \rightarrow \min$ teljesüljön, melyhez sorrendbe kell állítani az egyes blokkokat $r_{\varepsilon\nu f}$ szerint, és mindig $\max_{\nu=1 \dots \Theta_{\Delta n_m}} \{r_{1\varepsilon\nu}\}$ -et kell kiválasztani.

3. feltétel: a sorbanállási idők vizsgálata:

$t_{s\varepsilon}$: a sorbanállási idő be- és kitárolásnál a ΔT_ε időszakban a forgalmi intenzitástól függ $t_{s\varepsilon} = t_{s\varepsilon}(\phi_\varepsilon)$, ahol $\phi_\varepsilon = \frac{\lambda_\varepsilon^B - \lambda_\varepsilon^K}{\mu_\varepsilon^m}$. Az 1. és 2. feltétel alapján $\mu_\varepsilon^m = \frac{R_\varepsilon^B}{\Delta T_\varepsilon}$.

A sorbanállási idők nem léphetik át a maximális $\Delta\tau$ sorbanállási időt: $t_{s\varepsilon} \leq \Delta\tau$. Ehhez biztosítandó teljesítőképesség: $\mu_{\Delta\tau}$, mely kiszámítható $\Delta\tau = t_{s\varepsilon}(\phi_{\Delta\tau})$ -ből.

1. Ha $\mu_\varepsilon^m \geq \mu_{\Delta\tau}$, akkor a ΔT_ε időszakban n_p felvonó leállítható.
2. Ha $\mu_\varepsilon^m < \mu_{\Delta\tau}$, akkor a leállítandó felvonók számát csökkenteni kell $n_p^* < n_p$ -ra, amíg $\mu_\varepsilon^m \geq \mu_{\Delta\tau}$ nem teljesül.

Megjegyzés: Itt nem szükséges sorrendet állítani a leállítandó blokkok között, mivel ezekben nem várható kitárolás, így a teljesítőképesség mindegyiknél azonos nagyságú.

7.2.2. Mely felvonók működjenek, ha számuk már adott?

1. Ha $n_m = n_F - n_p$ felvonó elegendő a feladatok ellátására, akkor azokban a blokkokban működjön az n_m db felvonó, ahol ΔT_ε időszakban várható kitárolás.
2. Ha $n_m^* = n_F - n_p > n_m$, akkor:
 - n_m számú felvonó azon blokkokban működjön, ahol várható kitárolás,
 - $\Delta n_m = n_m^* - n_m$ számú maradék felvonó azon blokkokban:
 - ahol a legtöbb szabad tárolóhely van,
 - ha több ilyen felvonó van, ahol a kívánt mennyiségű tárolóhely biztosított, akkor amelynél a t_v^B átlagos betárolási idő a legkisebb, vagyis:

$$\bar{t}_v^B = \frac{1}{f_v^B} \sum_{i=1}^{f_v^B} t_{iv}^B \rightarrow \min, v = 1 \dots \Theta_{\Delta n_m} \quad (52)$$

ahol:

$\Theta_{\Delta n_m}$: az üzemeltetésre kiválasztott felvonók halmaza, ahol a ΔT_ε időszakban nem jelentkezik kitárolási igény,

f_β^B : betárolási feladatok száma,

$t_{i\beta}^B$: i -edik feladat kiszolgálási ideje.

7.2.3. Melyik blokkba mennyi gépkocsi kerüljön betárolásra a ΔT_ε időszakban?

Elsődleges célfüggvény:

A függőleges mozgás időszükséglete legyen minimális, azaz:

$$\sum_{v \in \Theta_{\varepsilon}} \sum_{i=1}^{n_{\varepsilon v}^B} t_{vi}^y \rightarrow \min, \quad (53)$$

ahol:

Θ_{ε} : a ΔT_{ε} időszakban üzemelő felvonók halmaza,

i : az egyes blokkokba való betárolásra alkalmas helyek száma a kiszolgálási idők növekvő sorrendjében,

Másodlagos célfüggvény:

A vízszintes síkban való mozgás időszükséglete legyen minimális, azaz:

$$t_{vj}^x = \min_j, \quad (j \in \Theta_{kv}), \quad (54)$$

ahol:

j : a vízszintes síkban a szabad tárolóhely sorszáma elérési idő szerinti sorrendben,

Θ_{kv} a v -edik blokk k -adik szintjén lévő szabad helyek száma

A másodlagos célfüggvényt akkor kell alkalmazni, ha az elsődleges célfüggvényénél azonos értékek adódnak. A blokkban optimálisan elhelyezhető gépkocsiszám meghatározásának algoritmus:

- meghatározzuk minden blokkban a $T_{1\varepsilon}$ időpont szabad tárolóhelyeknél, valamint ΔT_{ε} időszakban kitárolással felszabaduló tárolóhelyeknél a betárolási időket függőleges, ill. vízszintes síkban,
- blokkonként az elsődleges, ill. másodlagos célfüggvények alapján rakjuk növekvő sorrendbe a kiválasztható tárolóhelyeket,
- az n_F számú blokkból válasszuk ki azt a legkevesebb számú blokkot, amellyel a kívánt tárolóhely igény kielégíthető,
- válasszuk ki az elsődleges, ill. másodlagos célfüggvény alapján az összes betárolandó gépkocsi számára a betárolási helyet valamelyik blokkban egyidejűleg figyelembe véve az egyes blokkoknál a rendelkezésre álló tárolókapacitást is, így megkapjuk a ΔT_{ε} időszakban blokkonként betárolandó gépkocsik $n_{\varepsilon v}^{BT}$ számát.
- határozzuk meg blokkonként a $\bar{t}_{\varepsilon v}^y$ függőleges irányú átlagos ciklusidőt:
 - $n_{\varepsilon v}^K$ számú kitárolásnál, ill. $n_{\varepsilon v}^{BT}$ számú betárolásnál:
 - φ hányadban kombinált ciklussal,
 - $1-\varphi$ hányadban egyszerű ciklussal számoljunk.

- egyszerű ciklusnál a ciklusidő számításnál 2-es szorzót, kombinált ciklusnál ρ szorzót alkalmazunk, mely értéke 1,2-1,3 között alakul.

$$\bar{t}_{\varepsilon v}^y = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\varepsilon v}^B} t_{\varepsilon v i}^{yB} \left(2 \frac{n_{\varepsilon v}^{BT} - n_{\varepsilon v}^K}{n_{\varepsilon v}^{BT}} + 2((1-\varphi) + \rho\varphi) \frac{n_{\varepsilon v}^K}{n_{\varepsilon v}^B} \right) + \sum_{i=1}^{n_{\varepsilon v}^K} t_{\varepsilon v i}^{yK} (2(1-\varphi) + \rho\varphi)}{n_{\varepsilon v}^{BT} + n_{\varepsilon v}^K}, \quad (55)$$

ahol $t_{\varepsilon v i}^{yB}$ és $t_{\varepsilon v i}^{yK}$ a v -edik blokkban az i -edik betárolási, illetve tárolási feladat függőleges irányú átlagos ciklusideje a ΔT_{ε} időszakban,

kiszámítható a $\bar{t}_v^y$ szórása és a kiszolgálási ráta:

$$\mu_{\varepsilon v} = \frac{1}{\bar{t}_{\varepsilon v}^y}, \quad (56)$$

mely csak a v -edik blokkra vonatkozik, ill. az igények beérkezési rátája:

$$\lambda_{\varepsilon v} = \frac{n_{\varepsilon v}^{BT} + n_{\varepsilon v}^K}{\Delta T_{\varepsilon}}. \quad (57)$$

Tételezzük fel, hogy az igények beérkezése Poisson-eloszlást ad, emellett a kiszolgálás tetszőleges eloszlású. Ekkor a sorbanállás esetén a sorbanállási irodalom alapján számítható a kiszolgálási ráta, a Kendall képlettel:

$$t_{Sv} = t_{Sv}(\lambda_{Bv}; \sigma_{Bv}; \sigma_{Kv}) \quad (58)$$

1. Ha $t_{Sv} \leq \Delta\tau$, akkor megfelelő a v blokkban a betárolások kiosztása,
2. Ha $t_{Sv} > \Delta\tau$, akkor addig kell csökkenteni a v -edik blokkba a betárolandó gépkocsik számát ($n_{\varepsilon v}^{B*}$), amíg $t_{Sv}^* \leq \Delta\tau$ nem teljesül úgy, hogy olyan blokkok, ahol $t_{Sv}^* \leq \Delta\tau$ teljesül, vizsgálni kell, hogy nem növelhető-e a betárolások száma.

Végül ha a várható beérkező gépkocsiszám elosztásra került a blokkok között, akkor:

$$\sum_{v=1}^m n_{\varepsilon v}^{BT*} = N_B. \quad (59)$$

Ha a vizsgált n_m blokkszámánál a blokkok közötti tárolóhely kiosztásának módosításával minden feltétel nem teljesül, akkor növelni kell a működő blokkok számát:

$$n_m^* = n_m + 1. \quad (60)$$

A leírt algoritmust n_m^* meg kell ismételni.

7.2.4. *Kitárolandó gépkocsik felvonók közötti elosztása*

Zárt blokkok rendszerek esetén a kitárolást végző felvonó eleve adott, hisz fizikailag nincs lehetőség a tárolószinten más blokkba átlépni. Így a kitárolást felvehetően az a blokkhoz tartozó felvonó végzi, amely a betárolást is, kivéve ha a palettát időközben másik blokkba tárolja át a rendszer.

Átjárható tömbtárolásos blokkok esetén viszont már lehetőség van arra, hogy a kitárolást egy másik blokk felvonója végezze.

Alapesetben a blokkhoz tartozó felvonó végzi a kikért gépkocsi kitárolását. Eltérti ettől akkor lehet, ha a blokkhoz tartozó felvonó feladatainak sora jelentősen hosszabb a szomszédos blokkok felvonói feladatainak várakozó soránál, valamint lehetséges a szomszédos blokkba történő átlépés. Ekkor a legkisebb költséggel átléptethető kitárolandó paletta kerül átléptetésre, melytől akkor lehet eltérni, ha van olyan kitárolandó, amelyik az előírt $\Delta\tau$ időtől többet fog várakozni a kiszolgálásra.

7.2.5. *A ΔT_ε időszakban leállítandó felvonók számának növelése áttárolással*

Ha a forgalmi viszonyok olyan alacsonyak, hogy a jelentkező be- és kitárolási igények kiszolgálásához szükséges szabad tárolókapacitás és be- és kitárolási teljesítőképesség kevesebb számú blokkban is teljesíthető, akkor további n_p^A számú felvonó leállítására is lehetőség van, azzal a feltétellel ezekhez a felvonókhoz kapcsolódó blokkokból a ΔT_ε időszakban kitárolandó gépkocsikat az azt megelőző $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a parkolóház be- és kiléptető szintjén az erre a célra kialakított áttároló pálya segítségével át kell tárolni a ΔT_ε időszakban működtetendő felvonókhoz kapcsolódó blokkokba. Ennek hatásai az áttárolás nélküli esethez képest a következők:

- A ΔT_ε időszakban működtetendő n_m számú felvonókhoz kapcsolódó blokkokkal szemben a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időintervallumban az áttárolandó gépkocsik ide történő betárolása miatt megnövekszik:
 - a tárolókapacitás szükséglet,
 - a betárolási teljesítőképesség.
- A ΔT_ε időszakban leállítandó n_p számú felvonókhoz kapcsolódó blokkokkal szemben a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időintervallumban az áttárolandó gépkocsik innen történő kitárolása miatt megnövekszik a kitárolási teljesítőképesség igény.

- A ΔT_ε időszakban működtetendő n_m számú felvonókhoz kapcsolódó blokkokkal szemben a ΔT_ε időszakban megnövekszik:
 - a tárolókapacitás szükséglet, mert:
 - a ΔT_ε időszakban betárolni csak a működő felvonókhoz kapcsolódó blokkokba lehet,
 - az áttárolt gépkocsik is tárolókapacitást igényelnek az n_m számú működő felvonókhoz kapcsolódó blokkokban,
 - a kitárolási teljesítőképesség igény, mert az áttárolt gépkocsikat ki is kell majd ezekből tárolni.

A $\Delta \mathcal{G}$ intervallum a ΔT_ε -nél rövidebb is lehet, arra a ΔT_ε hosszára vonatkozó megszorítások nem érvényesek, csak a blokkok leállításával járó esetleges áttárolások elvégzésének időigényéhez kell igazodniuk.

A vizsgálat menete azonos az áttárolás nélküli esetével kiegészítve az áttárolás miatti hatások vizsgálatával:

- Meg kell határozni n_p^A áttárolással leállítandó blokkok számát az alábbi feltételek és kritériumok szerint:
 - az n_m számú üzemeltetendő blokkban a ΔT_ε időszakban igényelt szabad tárolókapacitás rendelkezésre álljon a $\Delta \mathcal{G}$ időintervallumban áttárolandó, illetve a ΔT_ε időszakban betárolandó gépkocsik számára,
 - a $\Delta \mathcal{G}$ időintervallumban rendelkezésre álljon szabad tárolókapacitás $n_p = n_p^A + n_p^N$ számú blokkban a ΔT_ε időszakban ki nem tárolandó gépkocsik fogadására, ahol n_p^N azon blokkok száma, amelyek áttárolás nélkül leállíthatók,
 - az áttárolással leállítandó felvonók n_p^A száma minél nagyobb legyen,
 - az áttárolandó gépkocsik ΔN_g^A száma minimális legyen,
 - a ΔT_ε időszakban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás minél nagyobb legyen.
- Meg kell vizsgálni, hogy a ΔT_ε időszak előtti $\Delta \mathcal{G}$ időintervallumban rendelkezésre áll-e a:
 - n_p számú ΔT_ε időszakban leállítandó blokkban a megnövekedett kitárolási teljesítőképesség,

- n_m számú ΔT_ε időszakban működtetendő blokkban a megnövekedett igényeknek megfelelő betárolási teljesítőképesség.
- Meg kell vizsgálni, hogy ΔT_ε időszakban a megnövekedett betárolási, ill. kitárolási igényekhez a teljesítőképesség a működtetendő n_m számú blokknál rendelkezésre áll-e.

A kérdést itt is globális, illetve részletes vizsgálattal elemezhetjük:

Ezek közül a globális vizsgálat akkor ad elegendő információt a döntéshez, ha az alábbi feltételek teljesülnek:

- a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az m számú ΔT_ε időszakban működtetendő blokkok:
 - átlagos szabad tárolókapacitásának szórása:

$$\sigma_R^g \leq \varepsilon_0, \quad (61)$$

- rendelkezésre álló együttes szabad tárolókapacitása nagyobb, mint a betárolandó és áttárolandó gépkocsik által igényelt szabad tárolókapacitás:

$$\rho^g = \frac{R_0^g + N_K^g}{N_B^g + \Delta N_A^g} \geq \rho_0, (\rho_0 = 1, 2 \dots 1, 4); \quad (62)$$

- -ban jelentkező teljesítőképesség igény nem nagyobb, mint az összes be- és kitárolási teljesítőképesség:

$$\omega^g = \frac{\mu_K \frac{n-p}{n} \Delta \mathcal{G}_\varepsilon}{N_B^g + N_K^g + \Delta N_A^g} \geq \omega_0, (\omega_0 = 1, 1 \dots 1, 2). \quad (63)$$

- a ΔT_ε időszakban az m számú működő blokkok:
 - átlagos szabad tárolókapacitásának szórása:

$$\sigma_R^T \leq \varepsilon_0, \quad (64)$$

- rendelkezésre álló együttes szabad tárolókapacitása nagyobb, mint a betárolandó gépkocsik által igényelt szabad tárolókapacitás:

$$\rho^T = \frac{R_0^T + N_K^T + \Delta N_A^g}{N_B^T} \geq \rho_0, (\rho_0 = 1, 2 \dots 1, 4); \quad (65)$$

- -ban jelentkező igény nem nagyobb, mint az összes be- és kitárolási teljesítőképesség:

$$\omega^T = \frac{\mu_K \frac{n-p}{n} \Delta T_\varepsilon}{N_B^T + N_K^T + \Delta N_A^g} \geq \omega_0, (\omega_0 = 1, 1 \dots 1, 2). \quad (66)$$

Az ε_0 , ρ_0 , ill. ω_0 értékek szimuláció segítségével határozhatók meg.

Ha a fenti feltételek közül akár csak egy nem teljesül, akkor a globális vizsgálat helyett a részletes vizsgálatot kell elvégezni.

Globális vizsgálat:

A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban $N_g^B = \lambda_g^B \Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ számú gépkocsi érkezik, ahol λ_g^B a gépkocsik beérkezési rátája az $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban. Ebből N_g^{Bm} számú gépkocsira igaz, hogy távozásának előrejelzett időpontja beleesik a ΔT_ε időszakba, ezért a ΔT_ε időszakban üzemeltetendő blokkokban kell betárolni. Ezen gépkocsik érkezési rátája: λ_g^{Bm} . A többi $N_g^{Bp} = N_g^B - N_g^{Bm}$ számú gépkocsinak a tárolási ideje nem esik a ΔT_ε intervallumba, ezért bármelyik blokkba betárolható. Ezen gépkocsik rátája: $\lambda_g^{Bp} = \lambda_g^B - \lambda_g^{Bm}$.

N_g^K a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban kitárolandó gépkocsik száma, λ_g^K a gépkocsik kilépési rátája. $\lambda_g^K = \lambda_g^{Km} + \lambda_g^{Kp}$, ahol λ_g^{Km} a ΔT_ε intervallumban üzemelő blokkokból kilépő gépkocsik kilépési rátája, illetve λ_g^{Kp} a ΔT_ε intervallumban leállítandó blokkokból kilépő gépkocsik kilépési rátája. ($N_g^K = \lambda_g^K \Delta \mathcal{G}_\varepsilon = (\lambda_g^{Km} + \lambda_g^{Kp}) \Delta \mathcal{G}_\varepsilon$)

A n_p számú lezárandó blokkból, illetve blokkból az n_m számú továbbra is üzemeltetendő blokkba $\Delta N_g^A (= N_g^{Kp})$ gépkocsik tárolandó át a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban.

A ΔT_ε időszakban $N_\varepsilon^B = \lambda_\varepsilon^B \Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ számú gépkocsi érkezik, ahol λ_ε^B a gépkocsik beérkezési rátája az ΔT_ε időszakban. Emellett $N_\varepsilon^K = \lambda_\varepsilon^K \Delta T_\varepsilon$ számú gépkocsi tárolandó ki a ΔT_ε időszakban, ahol λ_ε^K a gépkocsik kilépési rátája.

1. feltétel: A rendelkezésre álló tárolókapacitás vizsgálata

1. Áttárolással leállítandó felvonók számának meghatározása

A ΔT_ε időszakban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás áttárolással leállított blokkok figyelembe vételével:

$$R_{1,g} = \sum_{v=1}^{n_m - n_p^A} r_{1,gv}. \quad (67)$$

Figyelembe véve n_p^A blokkból $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időintervallumban áttárolandó gépkocsik ΔN_g^A számát, valamint a leállítás miatt átirányítandó gépkocsik N_g^{Bm} számát, illetve a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon + \Delta T_\varepsilon$ időszakokban együttesen a betárolandó gépkocsik számára szükséges tárolókapacitást:

$$\Delta R_{g+\varepsilon}^m = N_g^{Bm} - N_g^{Km} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} (\Delta n_{g\varpi}^A - n_{g\varpi}^K) + N_\varepsilon^B - N_\varepsilon^K. \quad (68)$$

A $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban biztosított a szükséges tárolókapacitás a beérkező, de a ΔT_ε intervallumban ki nem tárolandó gépkocsik részére:

$$\Delta R_g^p = N_g^{Bp} - N_g^{Kp} - \Delta N_g^A. \quad (69)$$

A $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszak elején a $n_m + n_p^A$ blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás:

$$R_{1g}^m = \sum_{\delta=1}^{n_m+n_p^A} r_{1g\delta}^p. \quad (70)$$

- Ha $R_{1g}^p \geq \Delta R_g^p$, akkor a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban biztosított a szükséges tárolókapacitás a beérkező, de a ΔT_ε intervallumban ki nem tárolandó gépkocsik részére.
- Ha $R_{1g}^p < \Delta R_g^p$, akkor a $\Delta R_g^p - R_{1g}^p$ számú gépkocsit az n_m számú blokkba kell betárolni feltéve, hogy $N_g^B + N_g^K \leq R_{g1}^m + R_{g1}^p$, vagyis nem érkezik a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban több gépkocsi, mint a $\Delta\mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban rendelkezésre álló összes szabad kapacitás. Ebben az esetben $\Delta R_{g+\varepsilon}^m$ módosul az alábbiak szerint:

$$\Delta R_{g+\varepsilon}^m = N_g^{Bm} + N_g^{Bp} - \left(\sum_{\delta=1}^{n_p^A+n_p^N} r_{1g\delta}^p + N_g^{Kp} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} \Delta n_{g\varpi}^A \right) - N_g^{Km} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} (\Delta n_{g\varpi}^A - n_{g\varpi}^K) + N_\varepsilon^B - N_\varepsilon^K. \quad (71)$$

n_p^A meghatározásában szerepet játszó feltétel szerint:

$$R_{1g}^m \geq \Delta R_{g+\varepsilon}^m, \quad (72)$$

$$\sum_{\delta=1}^{n_m+n_p^A} r_{1g\delta}^p \geq N_g^{Bm} - N_g^{Km} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} (\Delta n_{g\varpi}^A - n_{g\varpi}^K) + N_\varepsilon^B - N_\varepsilon^K, \text{ illetve} \quad (73)$$

$$\sum_{\delta=1}^{n_m+n_p^A} r_{1g\delta}^p \geq N_g^{Bm} + N_g^{Bp} - \left(\sum_{\delta=1}^{n_p^A+n_p^N} r_{1g\delta}^p + N_g^{Kp} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} \Delta n_{g\varpi}^A \right) - N_g^{Km} + \sum_{\varpi=1}^{n_p^A} (\Delta n_{g\varpi}^A - n_{g\varpi}^K) + N_\varepsilon^B - N_\varepsilon^K. \quad (74)$$

$$n_p^A = 1, \dots, n_p. \quad (75)$$

Az áttárolással leállítandó blokkok n_p^A száma meghatározható (72) segítségével. A behelyettesítés után n_p^A az összegző index felső határa, ezért (73)-t, illetve ha $R_{1g}^p < \Delta R_g^p$, akkor (74)-t n_p^A minden lehetséges értéke mellett (75), azon belül pedig a működő blokkok minden kombinációját kiválasztva vizsgálni, mikor teljesül az egyenlőtlenség.

A vizsgálatok száma:

$$V_{n_p^A} = \binom{n_p^A}{1} \cdot \binom{n_p^A}{2} \cdot \dots \cdot \binom{n_p^A}{n_p^A}. \quad (76)$$

Ha több olyan változat is van, amely mellett (72) teljesül, akkor a kritériumok szerinti célfüggvények alapján kell a megfelelő értéket kiválasztani:

Elsődleges célfüggvény: az áttárolással leállítandó felvonók száma minél nagyobb:

$$n_p^A \rightarrow \max. \quad (77)$$

Másodlagos célfüggvény: az áttárolandó gépkocsik száma minimális legyen:

$$\Delta N_g^A = \sum_{g=1}^{n_p^A} \Delta n_{g\sigma}^A \rightarrow \min. \quad (78)$$

Harmadlagos célfüggvény: a ΔT_ε időszakban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás minél nagyobb legyen:

$$R_{1\varepsilon} = \sum_{v=1}^{n_m - n_p^A} r_{1\varepsilon v} \rightarrow \max. \quad (79)$$

Megjegyzés: az első feltétel azt írja elő, hogy a rendelkezésre álló tárolókapacitás minimum akkora legyen, mint az igényelt. De ha a másodlagos célfüggvény több értéknél azonos eredményt ad, akkor célszerű a nagyobb tárolókapacitást biztosító esetet választani arra az esetre, ha a vártnál több gépkocsi érkezne a ΔT_ε időszakban. Az elsődleges és másodlagos célfüggvény prioritása felcserélhető az irányítás célfüggvényeitől függően.

2. feltétel: A megnövekedő be- és kitárolási teljesítőképesség igény vizsgálata

1. *A n_p számú leállítandó felvonónál a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az áttárolások miatt megnövekedő teljesítőképesség igény vizsgálata:*

A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a n_p számú leállítandó felvonónál rendelkezésre álló összes teljesítőképesség:

$$D_g^{p0} = \mu_{Rg} \frac{n_p}{n_F} \Delta \mathcal{G}_\varepsilon, \quad (80)$$

Ebből az áttárolások miatti kitárolások részére szabadon maradó teljesítőképesség:

$$D_g^{pA} = D_g^{p0} - (N_g^{Bp} + N_g^{Kp}). \quad (81)$$

- Ha $D_g^{pA} \geq \Delta N_g^A$, akkor a rendelkezésre álló teljesítőképesség elegendő az áttárolás során történő kitároláshoz,
- Ha $D_g^{pA} < \Delta N_g^A$, akkor csökkenteni kell a leállítandó felvonók számát n_p^* -ra, mert nem lehet áttárolni az összes, a ΔT_ε időszakban kitárolandó gépkocsit az akkor üzemeltetendő blokkokba.

2. A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az n_m számú továbbra is működő felvonónál az áttárolások miatt megnövekedő betároló teljesítőképesség igény vizsgálata:

- A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az n_m számú továbbra is működő felvonónál rendelkezésre álló összes teljesítőképesség:

$$D_g^{m0} = \mu_{Rg} \frac{n_m}{n_F} \Delta \mathcal{G}_\varepsilon, \quad (82)$$

Ebből az áttárolások miatti betárolásokra szabadon maradó teljesítőképesség:

$$D_g^{mA} = D_g^{m0} - (N_g^{Bm} + N_g^{Km}). \quad (83)$$

- Ha $D_g^{mA} \geq \Delta N_g^A$, akkor a rendelkezésre álló teljesítőképesség elegendő az áttárolás során történő kitároláshoz,
- Ha $D_g^{mA} < \Delta N_g^A$, akkor csökkenteni kell a leállítandó felvonók számát n_p^* -ra, mert nem lehet áttárolni az összes, a ΔT_ε időszakban kitárolandó gépkocsit az akkor üzemeltetendő blokkokba.
- A ΔT_ε időszakban az n_m számú továbbra is működő felvonónál az n_p számú felvonó leállítása és az áttárolt gépkocsik kitárolása miatt megnövekedő teljesítőképesség igény vizsgálata:

3. A ΔT_ε időszakban az n_m számú továbbra is működő felvonónál rendelkezésre álló összes teljesítőképesség:

$$D_\varepsilon^0 = \mu_{R\varepsilon} \frac{n_m}{n_F} \Delta T_\varepsilon, \quad (84)$$

A ΔT_ε időszakban az n_m számú továbbra is működő felvonókkal szemben támasztott teljesítőképesség igény:

$$D_\varepsilon = N_\varepsilon^B + N_\varepsilon^K + \Delta N_g^A. \quad (85)$$

- Ha $D_\varepsilon \leq D_\varepsilon^0$, akkor a rendelkezésre álló teljesítőképesség elegendő az n_m számú blokkban a ΔT_ε időszakban.
- Ha $D_\varepsilon > D_\varepsilon^0$, akkor csökkenteni kell a leállítandó felvonók számát n_p^* -ra, mert nem tudja a n_m számú blokk a ΔT_ε időszakban jelentkező igényeket kiszolgálni.

3. feltétel: A sorbanállási idők vizsgálata betárolásnál és kitérőnél

$t_{sg} = t_{sg}(\phi_g)$ a sorbanállási idő be- és kitérőnél ΔT_ε időszakban, mely függ ϕ_ε ΔT_ε időszak forgalmi intenzitásától (n_m felvonó működése esetén):

$$\phi_g = \frac{\lambda_g^B + \lambda_g^K + 2 \frac{\Delta N_g^A}{\Delta \mathcal{G}_\varepsilon}}{\mu_{Rg}}, \quad (86)$$

A sorbanállási idők nem léphetik át a maximális $\Delta \tau$ sorbanállási időt: $t_{sg} \leq \Delta \tau$.

Ehhez biztosítandó teljesítőképesség: $\mu_{\Delta \tau}$, mely kiszámítható $\Delta \tau = t_{sg}(\phi_{\Delta \tau})$ -ből és a jellegzetes eloszlásokból (beérkezés és kiszolgálás) vagy szimulációs vizsgálat segítségével.

1. Ha $\mu_{Rg} \geq \mu_{\Delta \tau}$, akkor a ΔT_ε időszakban n_p felvonó áttárolással leállítható.
2. Ha $\mu_{Rg} < \mu_{\Delta \tau}$, akkor a leállítandó felvonók számát csökkenteni kell $n_p^* < n_p$ -ra, amíg $\mu_{Rg} \geq \mu_{\Delta \tau}$ nem teljesül, így csökken az áttárolásokból származó többletkiszolgálás.

A sorbanállási idő betárolásnál és kitérőnél a ΔT_ε időszakban az áttárolás nélküli esethez hasonlóan határozható meg.

Részletes vizsgálat:

1. feltétel: Rendelkezésre álló tárolókapacitás vizsgálata

A vizsgálat két részre terjed ki:

1. $A \Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az áttárolt gépkocsik részére a ν -edik blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás:

$$r_{g\nu}^A = r_{1g\nu} + n_{g\nu}^K - n_{g\nu}^B, \quad (87)$$

ahol:

$r_{1g\nu}$: a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszak kezdetén a ν -edik blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás,

$n_{g\nu}^B, n_{g\nu}^K$: a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszak a ν -edik blokkba be-, ill. kitárolandó gépkocsik száma,

2. $A \Delta T_\varepsilon$ időszakban betárolásra rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás:

$$r_{\varepsilon\nu} = r_{g\nu}^A - \Delta n_{g\nu}^A + (n_{\varepsilon\nu}^K + \Delta n_{g\nu}^A) = r_{g\nu}^A + n_{\varepsilon\nu}^K, \quad (88)$$

ahol:

$\Delta n_{g\nu}^A$: a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a ν -edik blokkba áttárolandó gépkocsik száma, melyek $T_{1\varepsilon}$ idején foglalják a helyet, de $T_{2\varepsilon}$ -ig kitárolásra kerülnek,

$n_{\varepsilon\nu}^K$: a ΔT_ε időszakban a ν -edik blokkból kitárolandó gépkocsik száma.

A ΔT_ε időszakban a ν -edik blokkba betárolható gépkocsik száma a fentiek mellett még a rendelkezésre álló be- és kitárolási teljesítőképességtől is függ!

2. feltétel: A megnövekedő be- és kitárolási teljesítőképesség vizsgálata

1. Áttárolás miatti kitárolási teljesítőképesség az n_p számú leállítandó blokkban:

Egy-egy blokkban a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időintervallumban kiszolgálható gépkocsik száma:

$$n_{g\nu}^0 = \frac{\mu_{Rg}}{n_F} \Delta \mathcal{G}_\varepsilon, \quad (89)$$

Ha $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban $n_{g\nu}^B$ és $n_{g\nu}^K$ a be- és kitárolandó gépkocsik száma ν -edik blokkban, akkor meghatározható az áttárolásra rendelkezésre álló kitárolási teljesítőképesség:

$$n_{g\nu}^{A0} = n_{g\nu}^0 - (n_{g\nu}^B + n_{g\nu}^K). \quad (90)$$

- Ha $n_{g\nu}^{A0} \geq \Delta n_{g\nu}^A$, akkor a ν -edik blokk ΔT_ε időszakban szüneteltethető, mert adott az áttárolásra a teljesítőképesség.
- Ha $n_{g\nu}^{A0} < \Delta n_{g\nu}^A$, akkor megvizsgáljuk, hogy a ν -edik blokkba betárolandó gépkocsik egy részét át lehet-e a többi blokkba irányítani. Az átirányítandó betárolandó gépkocsik száma a ν -edik blokkban:

$$\Delta n_{g\nu}^B = \Delta n_{g\nu}^A - n_{g\nu}^{A0}. \quad (91)$$

A n_p számú leállítandó blokkokból való áttárolás miatt az n_m számú blokkban való többlet betárolások száma:

$$\Delta N_g^B = \sum_{\nu \in \Theta_g} \Delta n_{g\nu}^B, \quad (92)$$

ahol Θ_g azon a ΔT_ε időszakban leállítandó blokkokból áttárolás miatt a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a betárolandó gépkocsikat fogadni nem tudó blokkok halmaza.

Ezután vizsgálni kell, hogy $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az n_m számú blokkban a betárolások átírányítása miatt megnövekedett tárolókapacitás-szükséglet rendelkezésre áll-e:

- Ha igen, vagyis:

$$R_{1g}^m \geq N_g^B - N_g^K + \Delta N_g^B, \quad (93)$$

akkor n_m blokk működése mellett vizsgálható, hogy rendelkezésre áll-e a megfelelő be- és kitároló teljesítőképesség.

- Ha nem, vagyis:

$$R_{1g}^m < N_g^B - N_g^K + \Delta N_g^B, \quad (94)$$

akkor a leállítandó felvonók számát csökkenteni kell $n_p^* > n_p$ -re.

2. *A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban az áttárolás miatt az n_m számú blokkban megnövekedett betárolási teljesítőképesség igény vizsgálata:*

A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a ν -edik blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás a be- és áttárolandó gépkocsik részére:

$$r_{g\nu} = r_{1g\nu} + n_{g\nu}^K, \quad (95)$$

ahol $r_{1g\nu}$ a $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszak kezdetén a ν -edik blokkban rendelkezésre álló szabad tárolókapacitás.

A $\Delta \mathcal{G}_\varepsilon$ időszakban a rendelkezésre álló teljesítőképességgel felhasználható tárolókapacitás a ν -edik blokkban:

$$n_{g\nu}^{B0} = n_{g\nu}^0 - n_{g\nu}^K, \quad (96)$$

ahol $n_{g\nu}^K$ a kitárolandó gépkocsik száma a ν -edik blokkban és konkrétan adott.

- Ha $n_{g\nu}^{B0} \geq r_{g\nu}^0$, akkor a tényleges felhasználható szabad tárolókapacitás:

$$r_{g_{vf}} = r_{1,g_v} + n_{g_v}^K. \quad (97)$$

- Ha $n_{g_v}^{B0} < r_{g_v}^0$, akkor a tényleges felhasználható szabad tárolókapacitás:

$$r_{g_{vf}} = n_{g_v}^0 + n_{g_v}^K. \quad (98)$$

Az n_m működtetendő felvonókhoz tartozó blokkokban, az áttárolandó gépkocsikat is beleértve ténylegesen betárolható gépkocsiszámnak biztosított teljesítőképesség:

$$R_g^B = \sum_{v=1}^m r_{g_{vf}}. \quad (99)$$

- Ha

$$R_g^B \geq N_g^B + \Delta N_g^B + \sum_{v=1}^m \Delta n_{g_v}^A, \quad (100)$$

akkor a n_p felvonó leállítása a Δg_ε időszak terhelése miatt megoldható.

- Ha

$$R_g^B < N_g^B + \Delta N_g^B + \sum_{v=1}^m \Delta n_{g_v}^A, \quad (101)$$

akkor leállítható felvonószámot csökkenteni kell $n_p^* > n_p$ -re.

3. A ΔT_ε időszakban az n_m számú továbbra is működő blokkokkal szemben megnövekedett be- és kitárolási teljesítőképesség igény vizsgálata:

A vizsgálat megegyezik az áttárolás nélküli esettel, figyelembe véve az áttárolt gépkocsik kitárolási teljesítőképesség-igényét (48)-ben.

Egy-egy blokkban a Δg_ε időintervallumban kiszolgálható gépkocsik száma:

$$n_{\varepsilon v}^0 = \frac{\mu_{R\varepsilon}}{n_F} \Delta T_\varepsilon, \quad (102)$$

A ΔT_ε időszakban betárolásra rendelkezésre álló teljesítőképesség, figyelembe véve, hogy az áttárolt gépkocsikat is ki kell tárolni:

$$n_{\varepsilon v}^{B0} = n_{\varepsilon v}^0 - n_{\varepsilon v}^K - \Delta n_{g_v}^A. \quad (103)$$

- Ha $n_{\varepsilon v}^{B0} \geq r_{\varepsilon v}$, akkor a tényleges felhasználható szabad tárolókapacitás:

$$r_{\varepsilon v f} = r_{\varepsilon v}. \quad (104)$$

- Ha $n_{\varepsilon v}^{B0} < r_{\varepsilon v}$, akkor a tényleges felhasználható szabad tárolókapacitás:

$$r_{\varepsilon v f} = n_{\varepsilon v}^0 + n_{\varepsilon v}^K. \quad (105)$$

Az n_m működtetendő felvonókhoz tartozó blokkokban, az áttárolandó gépkocsikat is beleértve ténylegesen betárolható gépkocsiszámnak biztosított teljesítőképesség:

$$R_{\varepsilon}^B = \sum_{v=1}^m r_{\varepsilon v f}. \quad (106)$$

- Ha $R_{\varepsilon}^B \geq N_{\varepsilon}^B$, akkor p számú felvonó leállítására lehetőség van.
- Ha $R_{\varepsilon}^B < N_{\varepsilon}^B$, akkor a leállítható felvonószámot csökkenteni kell.

7.2.6. Melyik blokkba mennyi gépkocsi kerüljön betárolásra áttárolás esetében?

Áttárolásos esetben a beérkezők blokkok közötti elosztása két szempontból tér el:

- Első lépésben a $\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}$ időszakban áttárolandó gépkocsikat kell a működésre kijelölt blokkokhoz hozzárendelni, illetve azok között elosztani.
- Második lépésben kerül sor a $\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}$ időszakban betárolandók blokkokhoz történő hozzárendelésére.
- Az üzemelésre kijelölt blokkokban a $\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}$ időszakban rendelkezésre álló szabad tárolóhelyek sorrendbe rendezésének, illetve a $\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}$ időszakban betárolandó gépkocsikhoz való hozzárendelésének másodlagos célfüggvénye harmadlagossá válik, a másodlagos célfüggvény pedig az áttárolási blokk távolság minimuma lesz, vagyis minél közelebbi blokkba kerüljön áttárolásra az áttárolandó:

$$\Delta z_{vj} \rightarrow \min, \quad (107)$$

ahol Δz_{vj} az áttárolásnál a blokkok közötti távolsága blokkszámban mérve.

- A v -edik blokkban az igények tervezett beérkezési rátája kiegészül $\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}$ időszakban az áttárolások rátájával, illetve ΔT_{ε} időszakban az áttárolt gépkocsik kitárolási rátájával is:

$$\lambda_{g_v}^T = \frac{n_{g_v}^{BT} + n_{g_v}^K + \Delta n_{g_v}^A}{\Delta \mathcal{G}_{\varepsilon}}, \quad (108)$$

$$\lambda_{\varepsilon v}^T = \frac{n_{\varepsilon v}^{BT} + n_{\varepsilon v}^K + \Delta n_{\varepsilon v}^{AT}}{\Delta T_{\varepsilon}}. \quad (109)$$

A ΔT_e időszakban betárolandó gépkocsik blokkok közötti elosztásához alkalmazott célfüggvények és az elosztás algoritmus megegyezik az áttárolás nélküli esetével.

7.2.7. Kitárolandó gépkocsik felvonók közötti elosztása

Zárt blokkok esetén a kitárolást végző felvonó eleve adott, hisz fizikailag nincs lehetőség a tárolószinten más blokkba átlépni. Így a kitárolást felvehetően az a blokkhoz, illetve blokkhoz tartozó felvonó végzi, amely a betárolást is, kivéve ha a palettát időközben másik blokkba tárolja át a rendszer.

Átjárható tömbtárolásos blokkok esetén viszont már lehetőség van arra, hogy a kitárolást egy másik blokk felvonója végezze.

Alapesetben a blokkhoz tartozó felvonó végzi a kikért gépkocsi kitárolását. Eltélni ettől akkor lehet, ha a blokkhoz tartozó felvonó feladatainak sora jelentősen hosszabb a szomszédos blokkok felvonói feladatainak várakozó soránál, valamint lehetséges a szomszédos blokkba történő átlépés. Ekkor a legkisebb költséggel átléptethető kitárolandó paletta kerül átléptetésre, melytől akkor lehet eltérni, ha van olyan kitárolandó, amelyik az előírt $\Delta \tau$ időtől többet fog várakozni a kiszolgálásra.

8. TÖMBÖS TÁROLÓTÉRI DISZPONÁLÁSI STRATÉGIÁK

A gépkocsivezetők beléptetésre, illetve kiléptetésre való várakozási ideje más-más rendszerjellemzőktől függ. Míg beléptetésnél a gépkocsivezetőnek csak a beléptető kabin felszabadulását kell megvárnia, addig kiléptetésnél az erre vonatkozó igény bejelentése után meg kell várnia, hogy a rendszer a gépkocsiját a tárolótérből a kiléptető kabinba szállítsa. Ez jóval több időt vehet igénybe, mint a beléptetésre való várakozás ideje, mely elsősorban a rendszer kialakításától függ. A várakozási idők csökkenthetők:

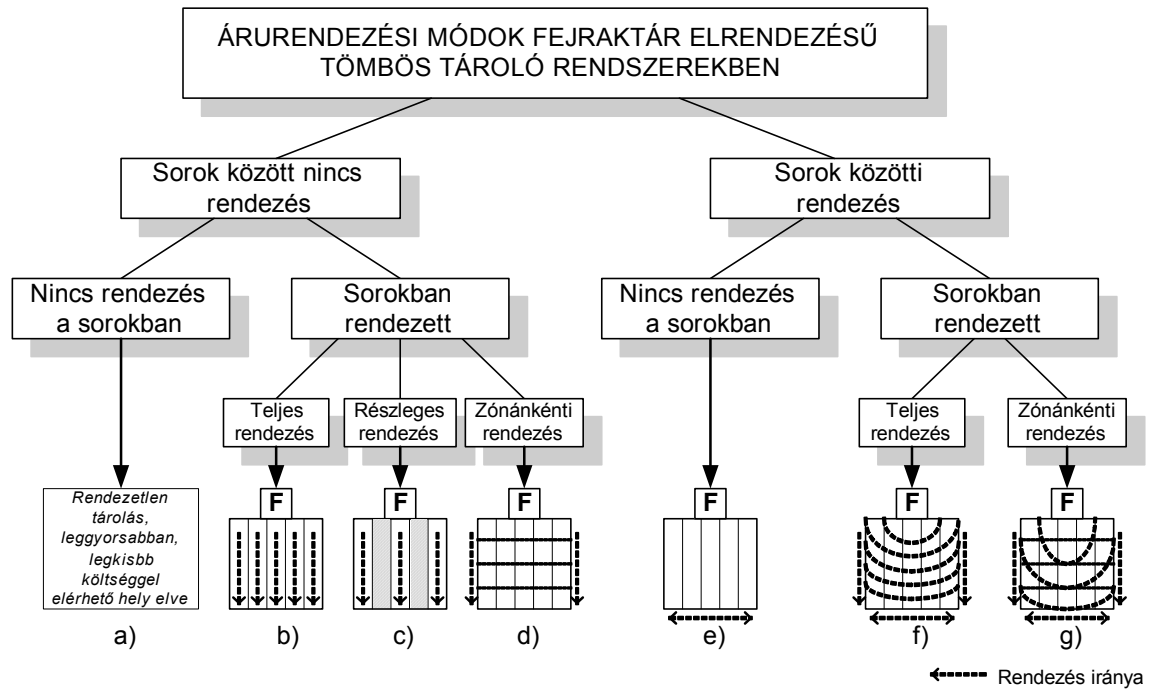
- a kiszolgáló csatornák és berendezések számának növelésével,
- berendezések manipulációs sebességének növelésével,
- ideiglenes tárolósorok telepítésével (csak beléptetésnél).

A kiléptetési idők csökkentésénél az ideiglenes tárolósorok telepítése csak a kiléptető kabinra való várakozási időt csökkenthetik, mert ha a gépkocsivezető nem érkezik meg gépkocsijáért, akkor a visszatárolás idő- és energiaigényén túl technikai megoldása is meglehetősen nehézkes, így csak a gépkocsivezető kérésére célszerű a kitárolást megkezdeni.

A fentiek miatt célszerű a dinamikus tárolású automatikus parkolórendszerekben a gépkocsikat a tárolótérbe való betárolás során a gépkocsivezető által megbecsült és a beléptetésnél megadott parkolási idő szerint rendezni. Ennek előnye, hogy a paletták a várható kitárolási időpont közeledtével közelednek a felvonóhoz, tehát gyorsabban teljesíthető lesz a majdan jelentkező kitárolási igény, és a gépkocsivezetőnek kevesebbet kell várnia. Ez csak közelítő időtartam, pontosan kevés gépkocsivezető tudja betartani. Az erre alapozott diszponálási stratégiák elsősorban olyan forgalmi környezetekben alkalmazhatók hatékonyan, ahol a parkolási időket a gépkocsivezetők jól meg tudják becsülni (pl. irodaházak, lakóközpontok, ahol a munkakezdéshez, ill. befejezéshez igazodik a bemenő, illetve kimenő forgalom [3]), valamint olyan helyeken, ahol hosszúak – 8-10 óra, napok, hetek – a parkolási idők (vasútállomások, repülőterek).

Egyes magáncélú – zárt felhasználói körű – automatikus parkolórendszerek már képesek „megtanulni” a gépkocsitulajdonosok távozási és érkezési szokásait, és ezek szerint próbálják rendezni a tárolótérben a gépkocsikat. [77]

A fejraktár elrendezésű tömbtárolásos gépkocsi-tároló rendszerekben a fenti prioritás szerint megvalósítható rendezések struktúráját a 31. ábra foglalja össze. Az ábrán a szaggatott nyilak jelölik a parkolási idők növekedésének irányát.



31. ábra

Fejraktár elrendezésű tömbös tároló-rendszerekben lehetséges rendezések struktúrája

Sorok közötti rendezés esetén az egyes sorokhoz parkolási idő intervallumok kerülnek hozzárendelésre, ezek szerint elosztásra kerülnek a beérkező gépkocsik. Az intervallum határok a szélső soroktól a felvonó felé csökkennek, így a kisebb parkolási idejű gépkocsik a felvonóhoz közelebbi sorokba kerülnek tárolásra. Az intervallumok a szomszédos sorokat átfedhetik, ebben az esetben a tárolósor egy adott gépkocsi számára több sorból kerül kijelölésre további elvek figyelmebevételével, pl. a sorok telítettségétől függően. Ha két vagy több sornál teljesen átfedésre kerül az időintervallum, akkor zónás rendezésről beszélünk. A zónához tartozó sorok között a rendezés már nem idő szerint, hanem további elvek szerint történik. Ha nincs a sorok között rendezés, akkor a betárolt paletták bármely sorba elhelyezésre kerülhetnek.

Az egyes sorokon belül is lehetséges a rendezés. Ennek több módja van: lehet minden sor rendezve, ekkor teljes rendezésről beszélünk, illetve lehet részleges a rendezés, ekkor nincs mindegyik sor rendezve. A tárolótérben parkolási időintervallumok alapján a cellaoszlopokból zónák is definiálhatók, ez esetben a zónák között kerülnek rendezésre a paletták, a zónákon belül viszont tetszőlegesen helyezkedhetnek el, vagyis a sorokban nem lesznek szigorúan monoton csökkenő sorrendbe rendezve, ami kevesebb rendező mozgást igényel. Az intervallum határok a tárolótér hátsó zónái felől a felvonó felé csökkennek.

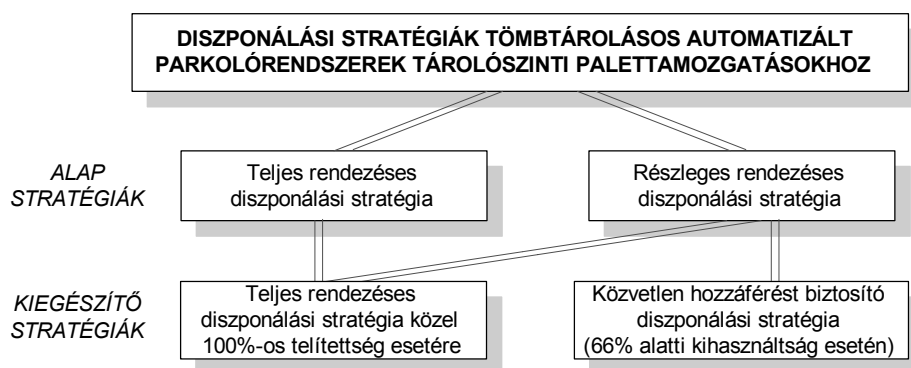
Az előzőekben leírt elvek szerint az alábbi rendezési változatok alakíthatók ki:

- rendezetlen tárolás: a leggyorsabban és/vagy a legkisebb költséggel elérhető cella elve,

- soronkénti teljes rendezés: sorok között rendezetlen, minden sorban rendezett,
- soronkénti részleges rendezés: sorok között rendezetlen, nem minden sorban rendezett,
- soronkénti zónás rendezés: sorok között rendezetlen, sorokban kialakított zónák között rendezett,
- csak sorok között rendezett,
- sorok között és minden sorban teljesen rendezett,
- sorok között és sorokban zónák között rendezett.

A tömbtárolásos rendszerek irányításánál alapvető probléma, hogy a tetszőleges elmozdulások lehetősége nagyfokú szabadságot nyújt, így a tárolótér lehetséges állapotainak száma nagyon nagy, és kombinatorikus növekszik a tárolótér méreteinek növekedésével. Emiatt olyan diszponálási rendszert kell kialakítani, amely bármely lehetséges állapotot tudja kezelni, valamint megvalósítja az előírt rendezési elveket.

A kutatómunka során elsősorban sorokban rendezett tömbös tárolótéri diszponálási stratégiák kerültek kidolgozásra figyelembe véve, hogy a vizsgálatra kiválasztott rendszer-változat elrendezési változatainak blokkjai a palettakocsival kiszolgált rendszerek tárolófolyosóihoz hasonlóan kerülnek kialakításra. Ezek közül kettő teljes rendezéses és kettő részleges rendezéses stratégia, de osztályozhatók más szempontból is: alap stratégiák illetve kiegészítő stratégiák. Utóbbiak az alap stratégiákat egészítik ki szélsőséges esetekben, amikor egy tárolószint alacsony vagy nagy kihasználtsági foka csökkenti azok hatékonyságát. A kidolgozott diszponálási stratégiákat a 32. ábra foglalja össze.

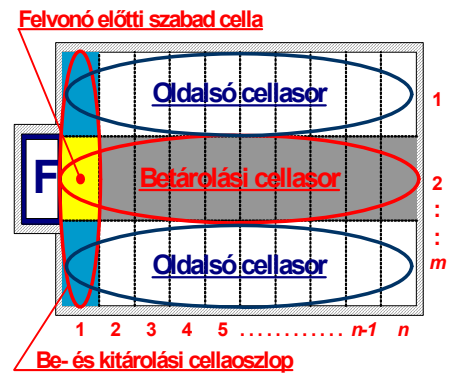


32. ábra

Tömbtárolásos tárolószintek diszponálási stratégiáinak struktúrája

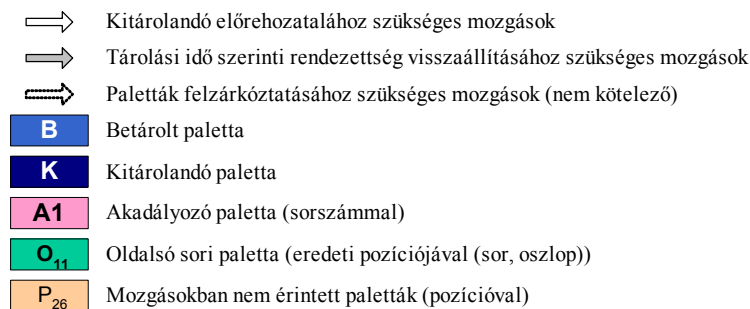
A 100%-os kihasználtsághoz közeli esetben alkalmazható diszponálási stratégia biztosítja a alap stratégiákhoz a parkolási idő lejártától eltérő, vagyis soron kívüli kitárolások esetén történő kihozatal, míg a közvetlen hozzáférést biztosító stratégia mellett történik a tárolótér feltöltése 66%-os kihasználtságig részleges rendezéses stratégia esetén. A kidolgozott tárolószinti diszponálási stratégiák három tárolósoros struktúrán alapulnak:

- Betárolási cellasor: a felvonóval egy vonalban lévő tárolósor.
- Oldalsó cellasorok: A betárolási cellasort két oldalsó tárolósor fogja közre.
- Be- és kitárolási cellaoszlop: első tárolóoszlop.



33. ábra

A tárolószintek térképe



34. ábra

Az ábrákon alkalmazott jelölések és színek

8.1. Teljes rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia

A stratégia alkalmazásához minimum négy szabad cellára van szükség:

- egy a betárolási sorban a kombinált ciklusban működő felvonók kirakodásához és az azt követő berakodásához,
- egy a betárolási sorban és egy-egy az oldalsó sorokban a rendező mozgásokhoz.

Így egy blokk egy tárolószintjén elérhető maximális alapterület-kihasználás arányos az oszlopok számával:

$$\varphi_{jk}^{TR} = \frac{(m - n_F)(n - 1) + n_F(n - 2)}{m \cdot n}. \quad (110)$$

8.1.1. Betárolás utáni rendező mozgások

1. Ha a betárolási sor üres, akkor annak harmadik pozíciója lesz kijelölve, hogy a következő betárolt paletta ne akadályozza az esetlegesen vele kombinált ciklusban kitárolandó paletta felvonóba történő mozgását.
2. Ha a betárolási sor nem üres, akkor a betárolt paletta részére a betárolási sorban a parkolási idejénél kisebb parkolási idejű paletták mögötti és egyben az ennél nagyobb vagy ugyanakkora parkolási idejű paletták előtti tárolócella kerül kijelölésre.

3. A kisebb parkolási idejű A1 és A2 jelű paletták a betárolási sorból átlépnek valamelyik oldalsó sorba, mert akadályozzák B-t a kijelölt hely elérésében. A rendezettség fenntartásához A1 és A2 akkor léphet adott oldalirányba, ha az alábbiak teljesülnek:

- a) A célcella kisebb parkolási idejű palettát tárol, vagy üres.
- b) A mögötte levő paletta parkolási ideje nagyobb vagy egyenlő.

Feltételek teljesülése:

- a) Ha mindkét feltétel teljesül, akkor beléphet a célcellába. (Ha mindkét oldalon teljesülnek a feltételek, akkor az 5. pont szerint választ az oldalsó sorok közül.)
- b) Ha csak az első teljesül, akkor hátra kell mozdulnia, melyhez szabad helyet a betárolási sorban mögötte álló paletták hátrafelé való mozgásával lehet elérni. Ha a betárolási sor hátrafelé teljesen telített, akkor keresni kell a mögötte levő paletták között az oldalirányú kitérés feltételeit teljesítőt (a legutolsó paletta mindenképp teljesíti a feltételt).
- d) Ha egyik feltétel sem teljesül, akkor viszont előre kell lépnie, és ott folytatni a keresést. Így előbb-utóbb megtalálja a megfelelő helyet.

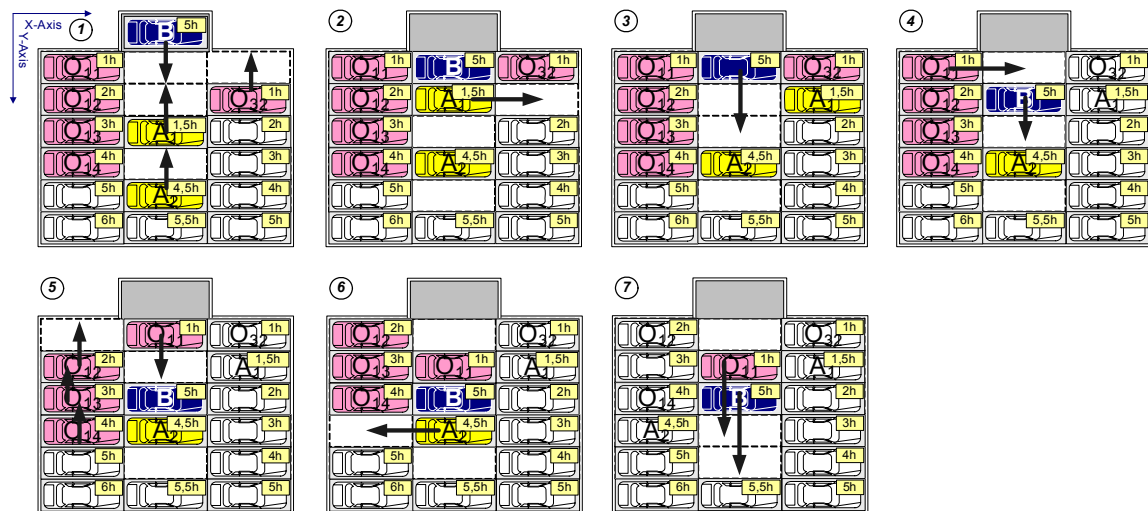
A fenti vizsgálat mindkét oldalirányban egy jósági függvény segítségével kerülhet értékelésre, mely pontokat ad az egyes feltételek fennállása esetén:

- 2 pont, ha az adott oldalon kisebb parkolási idejű paletta található,
- +4 pont, ha ezen paletta mögött található palettának is kisebb a parkolási ideje,
- +1 pont, ha az adott oldalon levő sorban kevesebb paletta található, mint a másik oldalon található sorban. (Ha ugyanannyi, akkor 5. pont szerint dönt.)

Ezután a rendezés az alábbi algoritmus szerint történik:

- 6 pont felett arra az oldalra lép, ahol a függvény értéke nagyobb. Ha mindkét oldalon egyenlő, akkor azt választja, amelyik másik mezővel nem határos.
 - 2 pont felett 6 pont alatt: hátralép, előtte a mögötte álló paletta oldalra lép,
 - 2 pont alatt előre lép, és tovább keres.
4. Ha A1 és A2 oldalirányba történő belépéséhez helyet kell biztosítani az oldalsó sorban, akkor az elfoglalandó célcella és az az előtti palettákat előre kell mozgatni (pl.: O₃₂, 29/1. ábra). Ha ehhez nincs elég szabad hely az adott oldalsó sorban, akkor a felvonó felőli legelső paletták (pl.: O₁₁) a betárolási sorba lépnek, de csak miután B elhaladt mellettük (29/4. ábra).
5. A betárolási sorokból telítődés esetén az oldalsó sorokba lépnek a paletták:
- a) a két oldal közül azt az oldalt választja, amelyikben kevesebb paletta van,
 - b) ha az előző pontban a két oldalsó sor között egyenlőség áll fenn, valamint:

- 1) a szomszédos blokk azonos tárolószintjén kisebb kihasználtságú és az eltérés előírt nagyságú,
 - 2) emellett a szomszédos blokk szomszédos oldalsó sora képes fogadni palettát a rendezettség fenntartása mellett,
- akkor a blokkhatáron lévő oldalsó sort választja, így megvalósítható a telítettség blokkok közötti kiegyenlítése is,
- c) ha az előző pont feltételei nem teljesülnek, akkor a tárolószint falával szomszédos oldalsó sort kell választani.

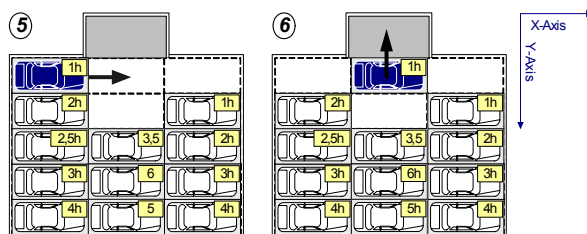


35. ábra

Betárolás utáni rendező mozgások teljes rendezéses stratégia esetén

8.1.2. Kitérolandó paletta felvonóhoz való mozgatása

1. A parkolási idő csökkenésével a paletták a rendezés következtében közelednek a felvonókhoz. Ha pontosan érkeznek a sofőrök, gépkocsijuk rendre a sorban legelől található. Mivel a felvonó előtti pozíció szabad, ezért a kitérolási igény megjelenésekor a K jelű kitérolandó paletta akadálytalanul mozgatható a felvonóba. (30. ábra)



36. ábra

Parkolási idő lejárt szerinti kitérolás folyamata teljes rendezéses stratégia esetén

2. Optimális esetben K az oldalsó sorok valamelyikében áll, nem pedig a betárolási sorban. Ha mégis a betárolási sorban áll, és a felvonó kombinált ciklusban ugyanerre a

szintre tárol be, akkor az oldalsó sorok valamelyikébe kell lépnie, melyben van szabad cella, hogy a betárolandó elhagyhassa a felvonót. Ha egyikben sincs szabad cella, akkor a 8.1.1. alfejezet 3/d pontja szerint valamelyik oldalsó sor feltételt teljesítő palettája elhagyja a sort a blokk betárolási sora vagy a szomszédos blokk felé:

- a) az oldalsó sorok közül az a sor lesz erre kiválasztva, amelyiknél a feltételt teljesítő paletta közelebb van a felvonóhoz, így kevesebb palettát kell az oldalsó sorban hátrafelé, illetve az átlépő palettát fogadó sorban előre felé mozgatni,
- b) ha az előző pontban a két oldalsó sor között egyenlőség áll fenn, akkor a 8.1.1. alfejezet 5/b-c pontja szerint kell a célsort megválasztani.

3. A parkolási idő lejártá után – ha a gépkocsivezető nem érkezett meg a járművéért – a nyilvántartott parkolási idő tovább csökken, és abszolút értéke alapján a paletta elkezd távolodni a felvonótól, továbbra is részt véve az esetleges rendező mozgásokban. Ezzel történik a „pontatlan gépkocsivezetők büntetése”, amely miatt a gépkocsi kitárolása esetlegesen hosszabb időt fog igénybe venni. Ugyanígy korai érkezés esetén is akadályozhatják paletta kitárolását más paletták, ezért ezeket el kell mozgatni a kitárolandó útjából. Soron kívüli kitárolás esetén a 100%-hoz közeli kiegészítő stratégiák szerint történhet a kitárolandó paletta felvonóhoz juttatása. (8.4.2. alfejezet)

8.1.3. A teljes rendezéses diszponálási stratégia idő- és útigénye

Mivel a betárolási, ill. kitárolási teljesítőképességet a be-, ill. kitárolások átlagos ciklusideje határozza meg, ezért a továbbiakban csak ezeket vizsgáljuk.

Az energiafelhasználás vizsgálatánál elegendő az elmozdulásokat figyelembe venniünk azzal a feltétellel, hogy az erőszükséglet a palettamozgatáson belül közel azonos.

Betárolás utáni rendezések betárolásonkénti időigénye:

$$t_{Be}^{TR}(n_A) = n_A(s_x + 2s_y). \quad (111)$$

ahol n_A a betárolt palettának kijelölt tárolócella és a felvonó között tárolt paletták száma.

Betárolás utáni rendezések betárolásonkénti együttes útigénye:

$$s_{Be\max}^{TR}(n_A) = n_A \left[2s_x + \left(4 + \sum_{i=2}^{n_A+1} i \right) s_y \right]. \quad (112)$$

Maximális értékek:

Az akadályozó paletták számának maximális értéke a tárolótér n hosszirányú kiterjedésétől (mélységétől) függ (a betárolási sorban két szabad cellát kell fenntartani):

$$n_{A\max} = n - 2, \quad (113)$$

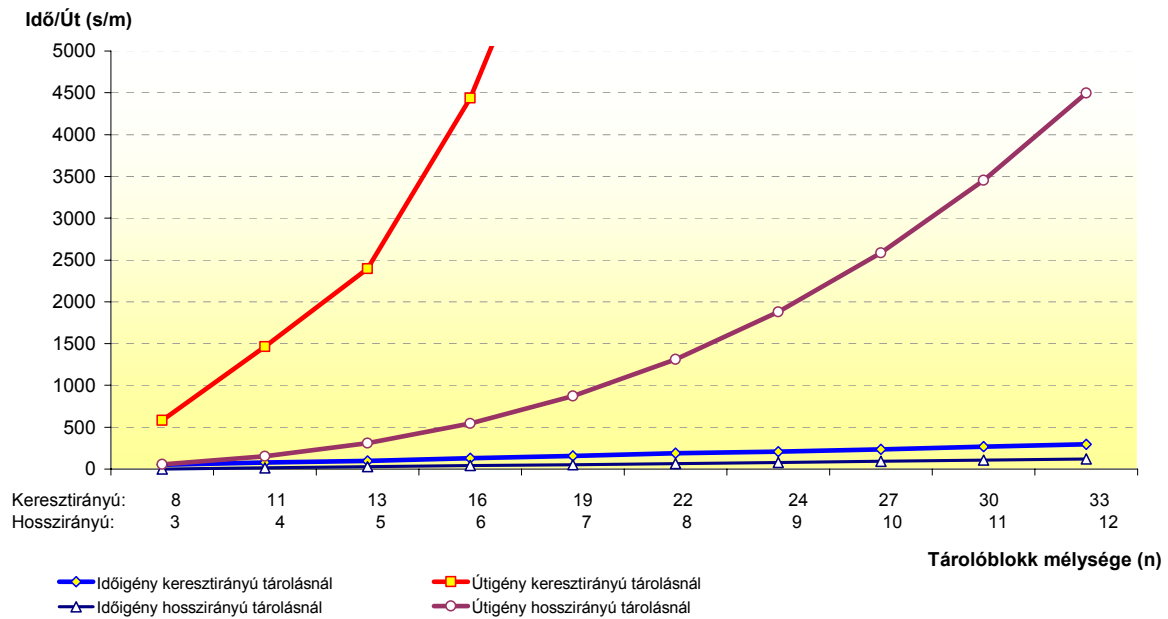
A betárolás utáni rendezések betárolásonkénti maximális idő- és útigény (111) és (112) alapján a tárolószint n mélységétől függ:

$$t_{B_{\max}}^{TR}(n) = (n-2)(2s_x + s_y) \quad (114)$$

$$s_{B_{\max}}^{TR}(n) = (n-2) \left[2s_x + \left(4 + \sum_{i=2}^{n-1} i \right) s_y \right]. \quad (115)$$

A kereszt- és hosszirányú palettatárolási módok esetén jelentkező maximális idő- és útigény összehasonlításához meg kell vizsgálni, hogy egy adott hosszúságú blokkban adott számú hosszirányban elrendezett tárolócella helyén keresztirányban hány tárolócella helyezhető el, melyet a C melléklet 8. táblázata foglal össze. (Ennek során a blokk szélességének változásától eltekintünk.)

A 37. ábra bemutatja a teljes rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásai maximális idő- és útigényének alakulását a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú és hosszirányú tárolási módnál. Ehhez a C melléklet 9. táblázatában összefoglalt paraméterek kerülnek felhasználásra a VDI 4466 ajánlás [13] alapján:



37. ábra

Betárolás utáni rendezés maximális idő- és útigénye teljes rendezéses stratégiánál

A 37. ábra alapján a teljes rendezéses tárolótéri diszponálási stratégia betárolás utáni rendezési mozgások legnagyobb időigénye a hosszirányú elrendezésnél a kedvezőbb, az eltérés a tárolótér hosszirányú növekedésével növekszik. Az útgény szintén a hosszirányú elrendezésnél a kedvezőbb, de mindkét esetben a tárolótér hosszirányú kiterjedésének növekedésével exponenciálisan növekszik.

Kitárolás során történő rendezések kitárolásonkénti idő- és útigénye parkolási idő lejártá szerinti kitárolásnál állandó:

$$t_{Ki}^{TR} = t_x + 2t_y, \quad (116)$$

$$s_{Ki}^{TR} = s_x + 2s_y. \quad (117)$$

A C melléklet 9. táblázatban szereplő alapadatok szerint a:

- kitárolás időigénye:
 - a) keresztirányú tárolási módnál: $t_{Ki}^{TR} = 9,9$ s,
 - b) hosszirányú tárolási módnál: $t_{Ki}^{TR} = 13,2$ s,
- kitárolás alatt megtett összút:
 - a) keresztirányú tárolási módnál: $s_{Ki}^{TR} = 9,9$ m,
 - b) hosszirányú tárolási módnál: $s_{Ki}^{TR} = 13,2$ m.

Soron kívüli kitárolások során történő és az azt követő rendező mozgásokkal a 8.5.2.-8.5.4. alfejezetekben tárgyalt 100%-hoz közeli kihasználtság esetén alkalmazható tárolószinti diszponálási stratégiák foglalkozik.

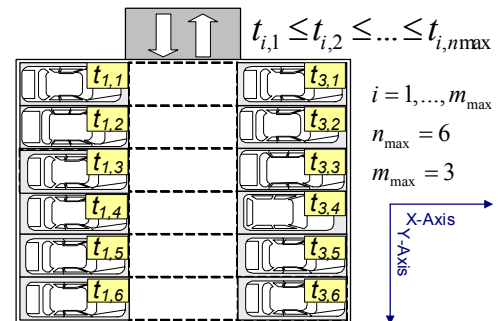
8.2. Részleges-rendezéssel tömbös tárolószinti diszponálási stratégia

A részleges rendezéssel a gépkocsikat a tárolószintnek csak egyes részterületein – a tárolóblokkok oldalsó tárolósoraiban – rendezi a várható tárolási idő szerint. A stratégia alkalmazásához blokkonként két szabad tárolócellára van szükség:

- a betárolási sorban egy a rendező mozgásokhoz,
- a betárolási sorban egy a kombinált ciklusban működő felvonó kirakodásához és az azt követő berakodásához (nem feltétlenül szükséges: ha nincs, akkor a felvonónak várakoznia kell a kombinált ciklusban, amíg a betárolás utáni rendezés befejeződik).

Ezzel a maximálisan elérhető tárolószintenkénti, blokkonkénti alapterület-kihasználás:

$$\varphi_{jk}^{RR} = \frac{(m - n_F)n + n_F(n - 2)}{m \cdot n}. \quad (118)$$



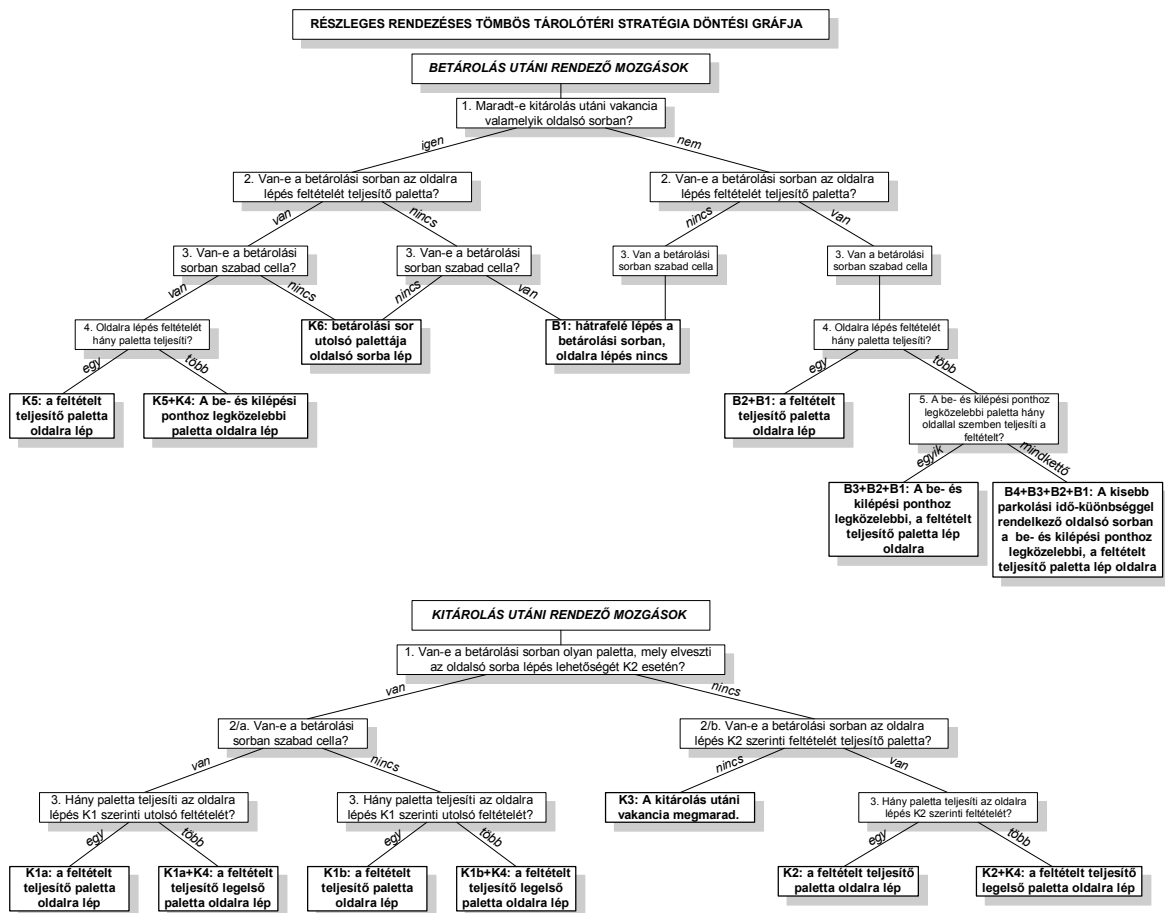
38. ábra

Ezzel a stratégiával a nagyobb parkolási idejű paletták a tárolószinten a betárolási sorban

Részleges rendezéssel diszponálási stratégia
kiinduló állapota

befelé rendezetlenül haladnak, majd a parkolási idejük csökkenésével az oldalsó sorokba átlépve rendezve kifelé haladnak. Így gyorsabban elvégezhető a betárolás, viszont a betárolási sorból történő soron kívüli kitarolás több rendező mozgást és időt igényelt. A rendezés az oldalsó sorokba lépéskor valósul meg.

Kiinduló állapotában a tárolótér már nem üres: a feltöltés közvetlen hozzáférést biztosító stratégiával (8.3. alfejezet) történt, mely a gépkocsikat az oldalsó sorokba helyezi el becsült parkolási idő szerint rendezve, melyek így teljesen telítettek (38. ábra). A 39. ábra bemutatja a stratégia döntési gráfját be-, illetve kitarolás és az utáni rendezések esetére.



39. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia betárolás utáni, illetve kitarolás és utánirendezési folyamatainak döntési gráfja

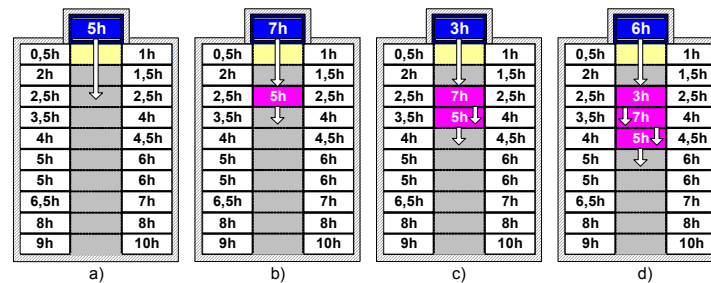
8.2.1. Betárolás utáni rendező mozgások

A részleges-rendezéses diszponálási stratégia kiinduló állapotában az adott elrendezési változatra jellemző, közvetlen hozzáféréssel stratégiánál elérhető maximális alapterület-kihasználási értékének átlépésekor a tárolásra kijelölt sorok teljesen telítettek.

1. **Betárolt paletták elhelyezése:** Az újonnan betárolt paletták az eddig szabadon hagyott betárolási sorban kerülnek elhelyezésre beérkezési sorrendben úgy, hogy a be-

tárolási sorban a felvonó előtti és az azt követő cella szabadon marad. Ahogy újabb paletták kerülnek betárolásra az egyes tárolószintek adott mezőjébe, a betárolási sorban lévő paletták folyamatosan haladnak hátrafelé, így a sor telítődik. (40. ábra)

2. **Betárolás utáni rendezések:** A betárolási sorban egy paletta addig haladhat hátrafelé, amíg olyan cellába nem lépett, amelyre teljesül, hogy valamelyik oldalsó sorban a vele azonos oszlopban tárolt paletta parkolási ideje nagyobb, vagy egyenlő. (Az egyenlőség megengedésével a kitárolás utáni vakancia egyszerű módon szüntethető meg.) Ekkor az adott oldalsó sorban az adott oszloptól hátrafelé levő paletták egy cellát hátrálépnek, és a rendezetlen betárolási sorból a paletta átlép a felszabadult cellába a parkolási idő szerinti rendezettség fenntartása mellett. (41/d ábra)

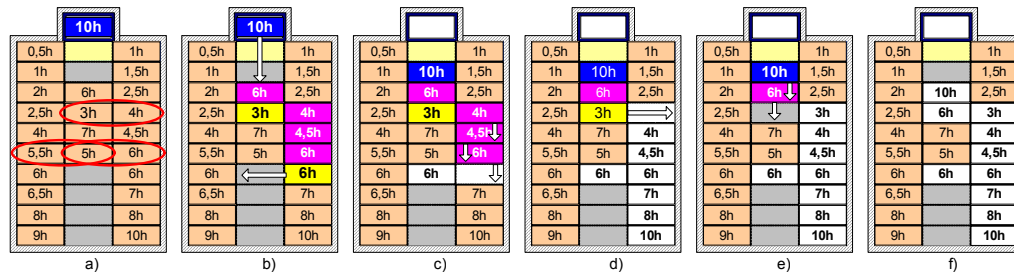


40. ábra

Részleges rendezéses tárolószinti diszponálási stratégia betárolási folyamata

3. Ha a betárolási sorban levő paletták közül a feltételt több is teljesíti (41/a ábra): akkor a felvonóhoz legközelebbit kell kiválasztani (41/b ábra), mivel:
 - a) ez rendelkezik legkisebb parkolási idővel, így várhatóan ez kerül a leghamarabb kitárolásra,
 - b) ha egy hátrébb levő paletta kerülne oldalsó sorba, akkor a feltételt teljesítő paletták közül felvonóhoz közelebb esőknek kellene lépniük hátrafelé, és azon palettáknál, ahol a 2. pontbeli feltétel mindkét oldalsó sorral szemben fennáll, vagy az egyik oldalsó sorba lépés lehetősége már elveszett egy kitárolás miatt (lásd. 8.3.2. alfejezet), elveszne a rendezettség megtartásának esélye,

Ezzel a feltételt teljesítő többi palettának nem kell hátrafelé lépnie, így oldalsó sorba történő mozgásuk áttehető a következő betárolási ciklusra, illetve nem történnek felesleges mozgások, ha esetleg megváltozik a tárolótér állapota egy kitárolás miatt.



41. ábra

Részleges rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendezési folyamata

4. Ha a 2. pontban leírt feltételt teljesítő legelső paletta esetében mindkét oldalsó sorra teljesül a feltétel, akkor azon oldalsó sor választandó, ahol nagyobb az átlagos parkolási idő. Ezzel a nagyobb parkolási idejű gépkocsik mozognak hátrafelé.
5. Mivel az oldalsó sorok teljesen telítettek, az azokban álló palettákból egyet vissza kell mozgatni a betárolási sorba. (41/b ábra) A legelső olyan paletta lesz erre kiválasztva, amelyikkel szomszédosan a betárolási sorban lévő cella szabad. Ezzel:
 - a) kevesebb palettát kell az oldalsó sorban hátrafelé mozgatni,
 - b) a kisebb tárolási idejű paletták a betárolási sorba visszalépve nem fognak hátrafelé haladni, és kedvező esetben a betárolási sor ezen hátsó részében is rendezve lesznek a visszaléptetett paletták.

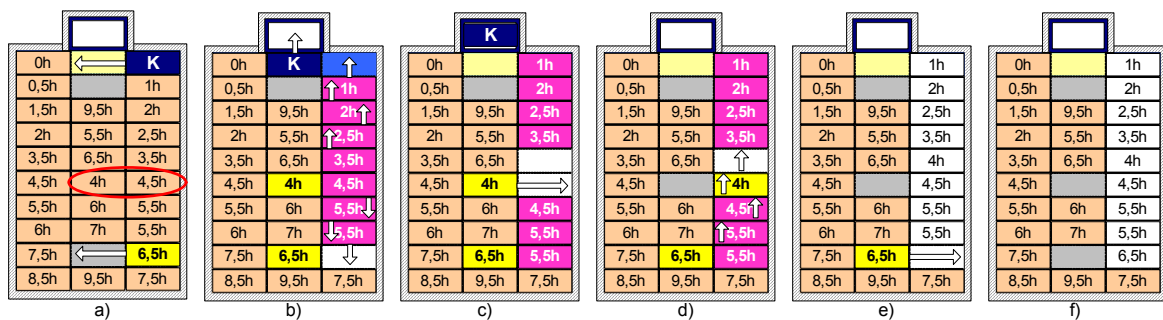
8.2.2. Kitérő utáni rendező mozgások

A részleges rendezéses diszponálási stratégia kitérő utáni rendezési folyamata megegyezik a részleges rendezéses stratégiánál alkalmazható rendezettség szerint – a gépkocsik előre megadott várakozási idejüket pontosan betartva – történő kitérő utáni rendezési folyamattal (8.1.2. alfejezet), illetve kiegészül egy rendezési folyamattal, mely célja az elhagyott oldalsó sor maximális telítettségének helyreállítása, hogy a betárolási sor minél kisebb telítettségű legyen. Ez azért fontos, mert kitérő után az adott oldalsó sor elején keletkező vakanciát csak a paletták felvonó felé történő mozdításával lehet feltölteni, így ezen sor palettáihoz képest a betárolási sorban levő paletták hátrafelé mozognak, és elveszthetik az oldalsó sorba lépés lehetőségét a rendezettség fenntartása mellett. Ezt elkerülendő:

1. Ha van paletta a betárolási oszlopban, melyek elvesztenék az oldalsó sorba történő lépés rendezettség fenntartása melletti utolsó lehetőségét is, akkor át kell lépnie az oldalsó sorba, melyre két módon van lehetősége:
 - a) ha a betárolási sorban az oldalra léptetendő paletta mögött van üres cella, akkor az oldalsó sorból a szabad cellával szomszédos paletta átlép a betárolási sorba, majd az oldalsó sorban az oldalra léptetendővel szomszédos paletta hátralép a

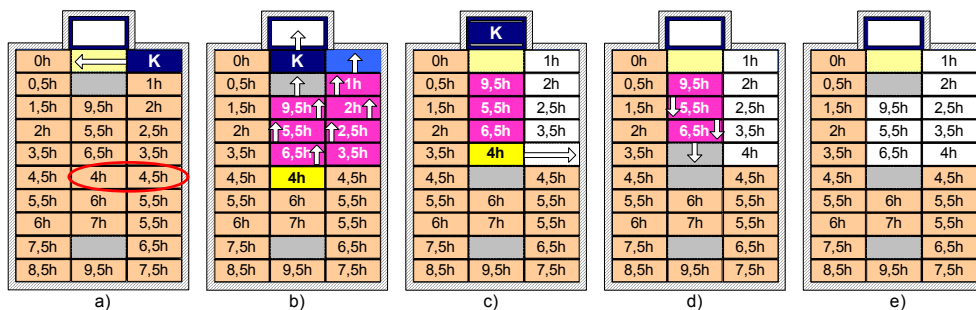
mögötte állókkal, utat engedve az oldalra léptetendőnek. Ezután az oldalsó sorból a betárolási sorba léptetett paletta visszalép, melyhez az eredeti celláját foglaló paletta az előtte állókkal előre lép feltöltve a vakanciát (42. ábra),

- b) ha a betárolási sorban nincs szabad cella (ekkor a tárolóblokk adott szintje tele van (118) szerint), akkor a felvonó irányába kell előre mozdulnia az előtte álló palettákkal együtt, majd oldalra lépnie. Az oldalsó sori célcellában álló palettának az előtte állókkal együtt előre kell lépnie egy cellát, így megszűnik a vakancia. Ezután a betárolási sorban előre fel elmozdult paletták visszalépnek eredeti helyükre (43/e ábra), amit a következő betároláskor is megtehetnek.



42. ábra

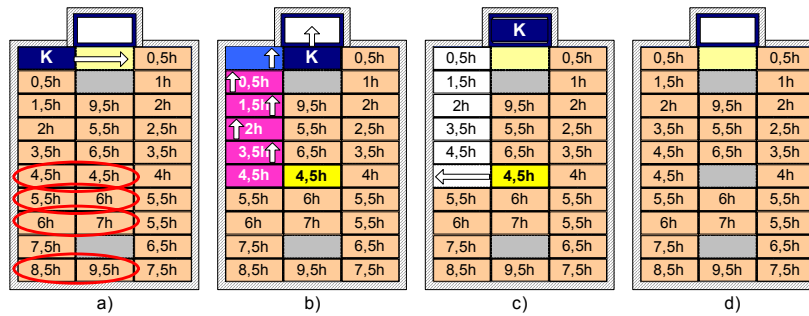
Parkolási idő lejárt szerinti kitárolás és azt követő rendezés részleges rendezési stratégiánál 1



43. ábra

Parkolási idő lejárt szerinti kitárolás és azt követő rendezés részleges rendezési stratégiánál 2

- Ha nincs ilyen, de van olyan paletta a betárolási oszlopban, mely parkolási ideje az oldalsó sor eggyel hátrébb lévő cellájában tárolténál nagyobb vagy egyenlő, valamint az oldalsó sor azonos oszlopában kisebb, vagy egyenlő, akkor a legelső ilyen paletta át kell lépjen a telítetlen oldalsó sorba, melyhez a célcellát felszabadítandó a benne tárolt paletta az előtte állókkal együtt egy cellát előre mozdul. (44. ábra)
- Ha nincs sem 1.), sem 2.) pontbeli feltételt teljesítő paletta, akkor az oldalsó sor feltöltése a következő betárolások valamelyike során történő rendezések során valósulhat meg, de a betárolásnál leírtaktól eltérően, az 5. és 6. pont szerint!



44. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás és az azt követő rendezési folyamata 2

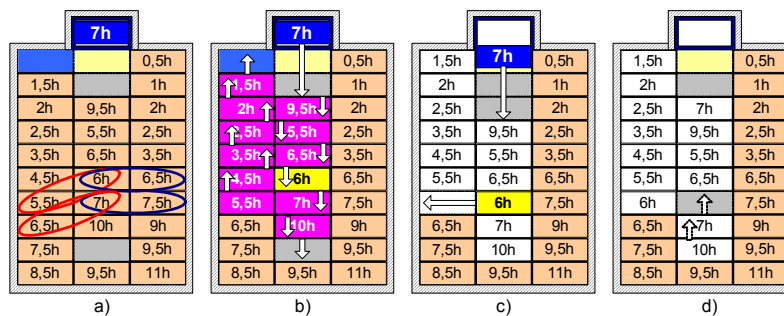
4. Ha több olyan paletta is van, amelyik az érvényesítendő kitárolás utáni rendezés szerinti feltételt teljesíti, akkor mindig a felvonóhoz legközelebbinek visszalépnie, így a feltételeket teljesítő többi ilyen paletták oldalra lépési lehetősége megmarad.

8.2.3. Betárolás utáni rendező mozgások oldalsó sori vakancia esetén

1. Legelső paletta lép oldalra azok közül, melyek a vakanciát tartalmazó oldalsó sorban:
 - a) a vele szomszédos paletta nálánál kisebb tárolási idejű (egyenlőség esetén a kitárolás 2-es változata szerint történik, amely egyben a legkedvezőbb eset),
 - b) valamint a mögötte álló paletta nálánál nagyobb vagy egyenlő tárolási idejű.

Ekkor a betárolási sor hátrafelé történő mozgásával párhuzamosan az oldalsó sorban a feltételeket teljesítő betárolási sori palettával az oldalsó sorban szomszédos palettáig bezárólag előrelépnek a paletták. (45/b ábra)

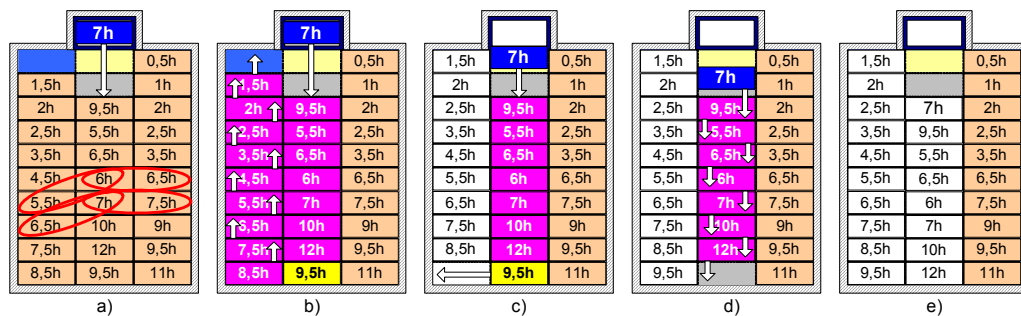
A műveletsorral a 45/a ábrán kézzel bekarikázott, oldalra lépés lehetőségét teljesítő paletták elveszthetik egyik lehetőségüket, mégpedig a vakanciát nem tartalmazó oldalsó sorral szemben, de ez a 45/d ábrán látható lépéssel visszanyerhető, mely elvégzése lehetséges, de nem szükséges, mert a következő betárolások és kitárolások során újra hátra kellene lépnie (pl. ha ugyanazon oldalsó sorból történik kitárolás).



45. ábra

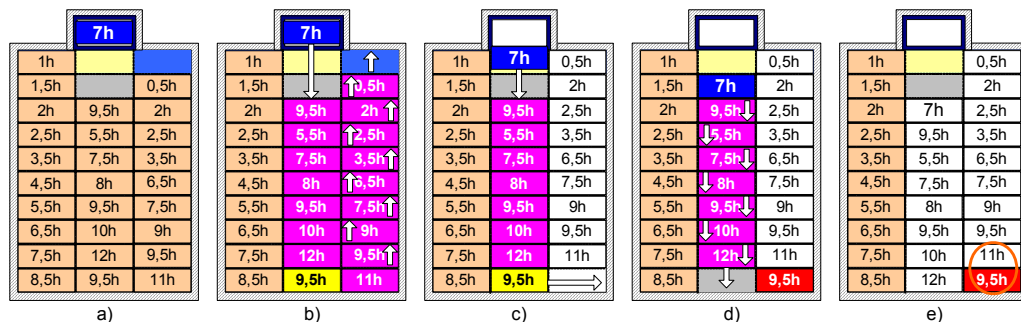
Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán 1

2. Az 5. pontban leírt rendezésnek feltétele, hogy a betárolási sor hátsó cellái közül valamelyik szabad legyen, vagyis a tárolóblokk adott szintje még ne legyen tele a (118) szerint. Ellenkező esetben nincs lehetőség oldalra léptetésre, helyette a betárolási sor utolsó palettája tér vissza az oldalsó sorba, mely egyes esetekben az oldalsó sori rendezettség elrontásával járhat:
- az oldalsó sorból betárolási sorba léptetett ugyanazon oldalsó sorba történő visszatérése, ez esetben a rendezettség megmarad, (46. ábra)
 - korábban a másik oldalsó sorból a betárolási sorban léptetett oldalsó sorba léptetése, ekkor a rendezettség borulhat, mivel a két oldalsó sorban eltérő lehet a paletták parkolási idejének eloszlása, így később a rendezettséget a lehetőségek szerint rendezni kell, amikor a (47. ábra)
 - olyan paletta oldalsó sorba lépése, amely még csak a betárolási sorban volt és ott haladt hátrafelé, mivel a blokk legnagyobb parkolási idejével rendelkezik, így a rendezettség szintén fennmarad.



46. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 1



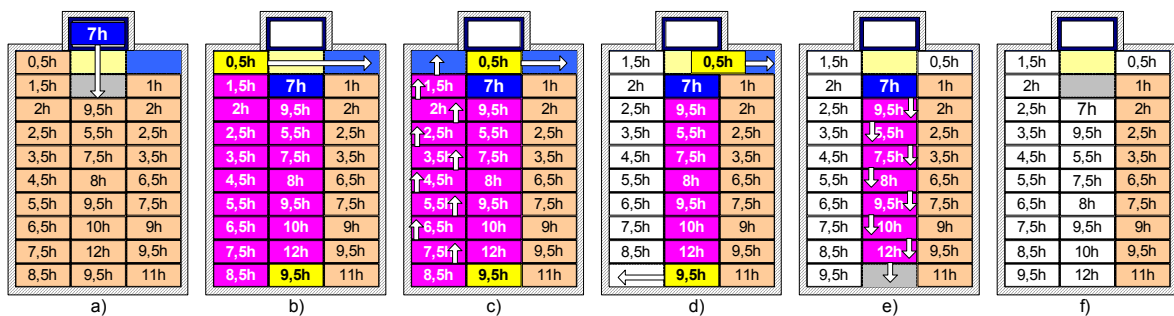
47. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 2

3. A b. pont esetén a rendezettség fenntartásához lehetőség van a rendezetlenséget okozó paletta eredeti oldalsó sorába történő visszavitelére:

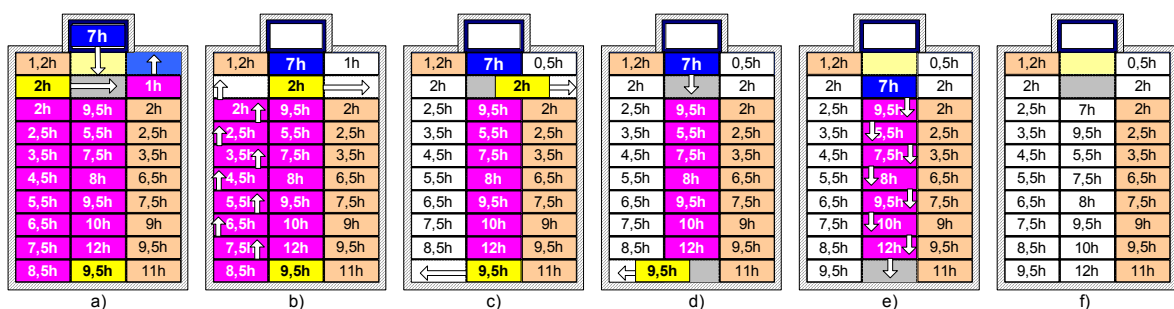
- a telített oldalsó sor első cellájában tárolt paletta átmozgatására a másik oldalsó sor vakanciája helyére (48. ábra), ha annak parkolási ideje kisebb, vagy egyenlő a másik oldalsó sor vakancia utáni palettájához képest,
- a telített oldalsó sor második cellájában tárolt paletta átmozgatására a másik oldalsó sor vakanciája helyére (49. ábra), ha annak parkolási ideje nagyobb vagy egyenlő a másik oldalsó sor vakancia utáni palettájához képest, és kisebb vagy egyenlő az azt követő paletta parkolási idejénél,
- a rendezetlenséget okozó paletta eredeti oldalsó sorában keletkező vakancia esetén a betárolási és az oldalsó sor palettáinak felvonó felé léptetésével.

Ha ezen megoldások nem lehetségesek, akkor egy szabad cellás lokális rendezésre van szükség, mely idő- és útigénye a paletták parkolási idejének eloszlásától függ.



48. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 3



49. ábra

Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia parkolási idő lejártá szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 4

Soron kívüli kitárolások során és az azt követő rendező mozgásokkal a 8.4.2.-8.4.4. alfejezetekben tárgyalt 100%-hoz közeli kihasználtság esetén alkalmazható tömbös tárolószintű diszponálási stratégia foglalkozik.

8.2.4. A részleges rendezés stratégia idő- és útigénye

A következő táblázatok összefoglalják a stratégia egyes mozgásváltozatainak idő- és útigényét mind betárolás utáni, mind kitárolás és az azt követő rendezések esetén:

Betárolások utáni rendezések idő- és útigénye:			
	B1	B2	
t_{Ki}^{RT}	$2t_y$	$2t_x + 2t_y$	
s_{Ki}^{RT}	$n_{BS}s_y$	$2s_x + (n_{BS} + 2)s_y$	
Betárolás utáni rendezések idő- és útigénye vakancia esetén:			
	VB1	VB2a és VB3c	VB3a és VB3b
t_{Ki}^{RT}	$\max \{2t_y; t_x + t_y + (t_y)\}$	$t_x + 2t_y$	$2t_x + 3t_y$
s_{Ki}^{RT}	$s_x + (n_O + n_{BS} + 2)s_y + (2s_y)$	$s_x + (2n - 2)s_y$	$3s_x + (2n - 2)s_y$
Kitárolások utáni rendezések idő- és útigénye:			
	K1a	K1b	K2
t_{Ki}^{RT}	$3t_x + 2t_y$	$2t_x + 2t_y$	$2t_x + t_y$
s_{Ki}^{RT}	$4s_x + (2n_V - n_O + 1)s_y$	$2s_x + (3n_O + 7)s_y$	$2s_x + (n_{BS} - 1)s_y$

Jelölések:

n_{BS} : a betárolási sorban elől tárolt paletták száma,

n_V : oldalsó sorból betárolási sorba mozgatandó paletta pozíciója,

n_O : betárolási sorból oldalsó sorba mozgatandó paletta pozíciója.

A betárolások utáni rendezések betárolásonkénti maximális idő- és útigénye maximális telítettség mellett:

A műveletenkénti maximális értékek meghatározásához meg kell határozni a képletekben szereplő változók maximális értékét, és meg kell vizsgálni, hogy melyik esetben adódnak ki a legnagyobb értékek.

$$n_{BS\max} = n - 3, \quad (119)$$

(-2 a szabadon hagyott cellák, -1 az utolsó betárolás által elfoglalandó cella miatt),

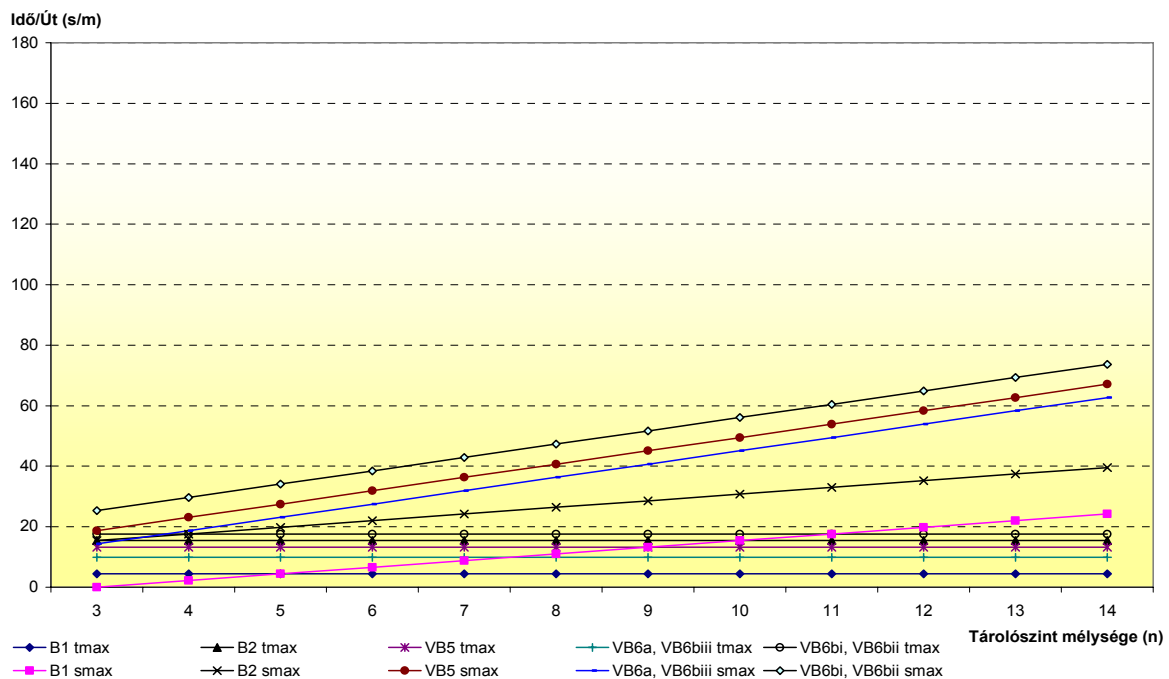
$$n_{V\max} = n - 1, \quad (120)$$

$$n_{O\max} = \begin{cases} n - 2, & \text{ha } n_V \text{ is megjelenik a képletben,} \\ n - 1, & \text{ha } n_V \text{ nincs a képletben,} \end{cases}, \quad (121)$$

mert az oldalsó sorból visszamozgatandó paletta mindig hátrébb van az oldalsó sorba mozgatandóhoz képest. Az alábbi táblázat összefoglalja a változók maximális értékeit behelyettesítve az egyes eseteknél jelentkező maximális idő- útigényeket.

Betárolások utáni rendezések maximális idő- és útigénye:			
	B1	B2	
$t_{Ki\max}^{RT}$	$2t_y$	$2t_x + 2t_y$	
$s_{Ki\max}^{RT}$	$(n-3)s_y$	$2s_x + (n-1)s_y$	
Betárolás utáni rendezések maximális idő- és útigénye vakancia esetén:			
	VB1	VB2a és VB7c	VB7a és VB7b
$t_{Ki\max}^{RT}$	$\max \{2t_y; t_x + t_y + (t_y)\}$	$t_x + 2t_y$	$2t_x + 3t_y$
$s_{Ki\max}^{RT}$	$s_x + 2(n-1)s_y + (2s_y)$	$s_x + (2n-2)s_y$	$3s_x + (2n-2)s_y$

A 50. és 51. ábrák bemutatják a részleges rendezési stratégia betárolás utáni rendezési változatainak maximális idő- és útigényét keresztirányú, ill. hosszirányú palettaelrendezésnél. Ehhez a 9. táblázatban szereplő adatok kerülnek felhasználásra (8.2.3. alfejezet).

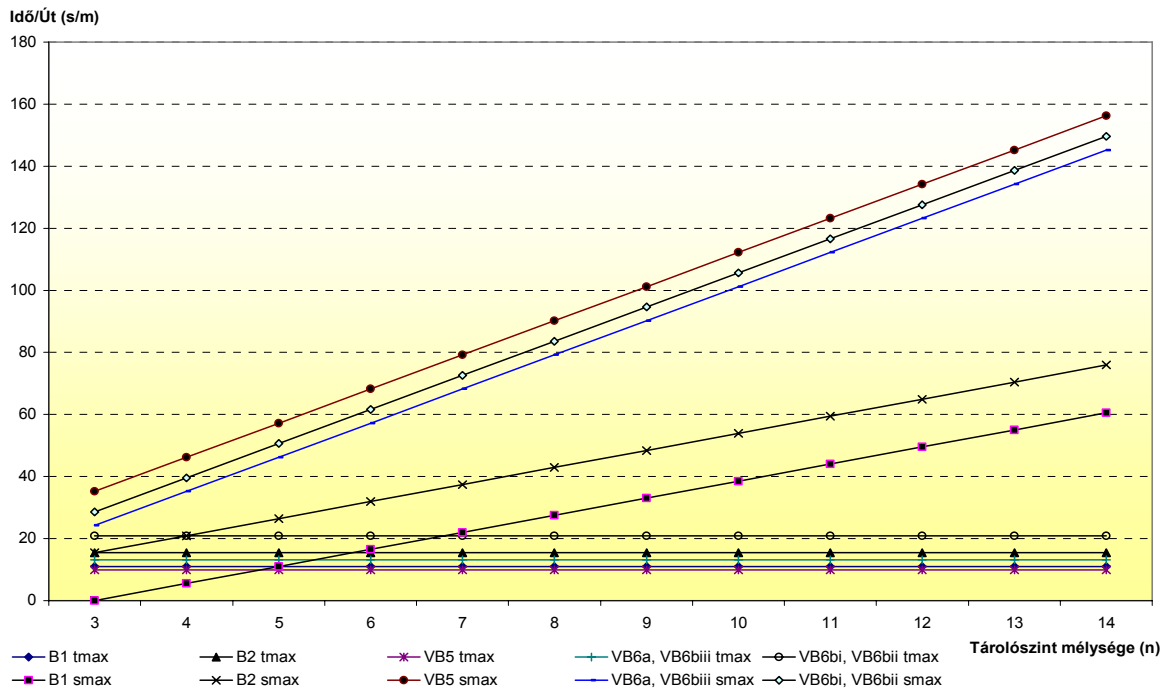


50. ábra

Részleges rendezési stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál

Mivel a rendezések időigényében nem szerepelnek változók, ezért azok függetlenek a tárolótér hosszirányú kiterjedésétől. Az útigények a vakanciás betárolásoknál kétszer meredekebben emelkednek a vakancia nélküli betárolások utáni rendezések útigényénél.

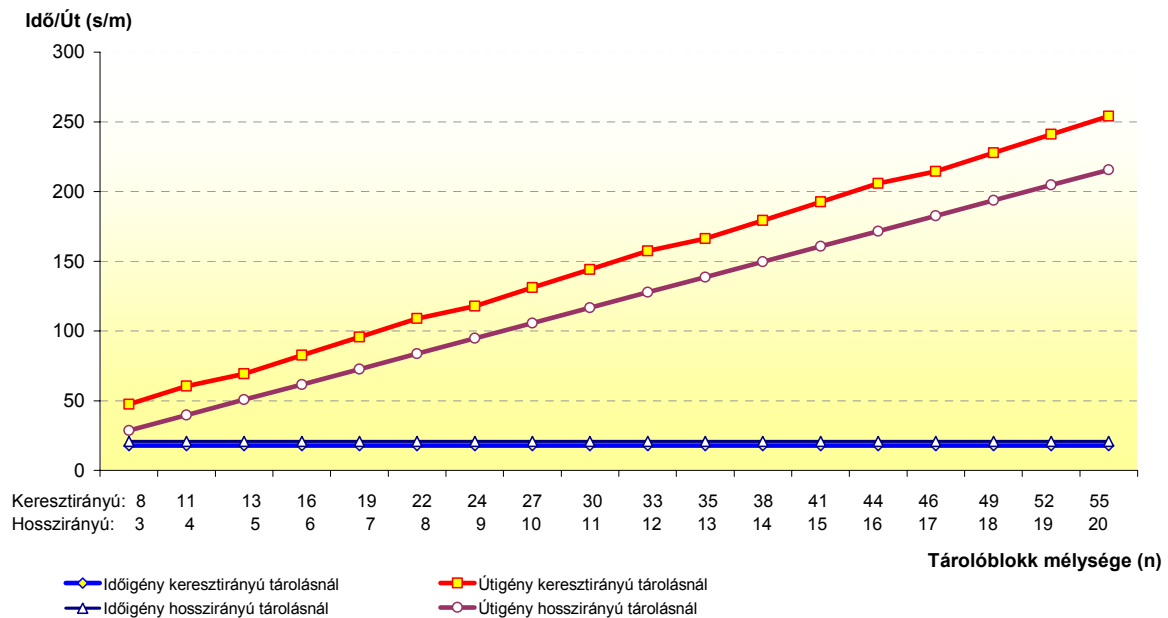
A legnagyobb idő- és útigény keresztirányú tárolásnál a VB3a és VB3b változatnál jelentkezik, hosszirányú tárolásnál viszont útigényben a VB1 lesz a legnagyobb, de az eltérés a második legnagyobb útigényű VB3a és VB3b változathoz képest csak a felzárkóztató mozgások miatt jelentkezik melyektől, ha eltekintünk, akkor ismét a VB3a és VB3b változat lesz a legnagyobb útigényű.



51. ábra

Részleges rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál

Teljes rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú és hosszirányú tárolási módnál



52. ábra

Részleges rendezéses stratégiánál jelentkező maximális idő- és útigény a betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében

A 52. ábra alapján a részleges rendezéses stratégia betárolás utáni rendezési mozgások legnagyobb időigénye a keresztirányú elrendezésnél a kedvezőbb, az eltérés 19,8%. Az

útigény viszont a hosszirányú elrendezésnél a kedvezőbb, és az eltérés kis mértékben növekszik a keresztirányú elrendezésnél meredekebb emelkedő útigény miatt.

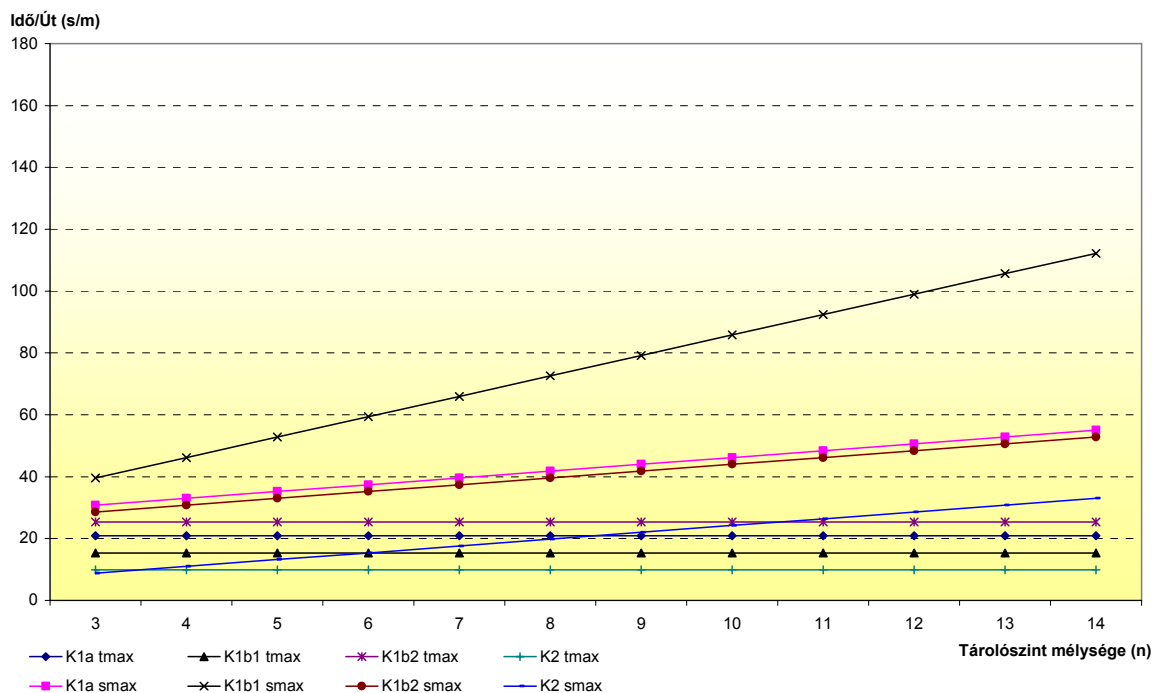
Kitárolások utáni rendezések maximális idő- és útigénye:

	K1a	K1b1	K1b2	K2
$t_{Ki\max}^{RT}$	$3t_x + 2t_y$	$2t_x + 2t_y$	$3t_x + 3t_y + (2t_y)$	$2t_x + t_y$
$s_{Ki\max}^{RT}$	$4s_x + (n+1)s_y$	$2s_x + (3n+4)s_y$	$4s_x + (n-4)s_y + (4s_y)$	$2s_x + (n-4)s_y$

A 53. és 54. ábrák bemutatják a részleges rendezéses stratégia parkolási idő szerinti kitárolás és az azt követő rendezési változatainak maximális idő- és útigényét keresztirányú, illetve hosszirányú palettaelrendezésnél.

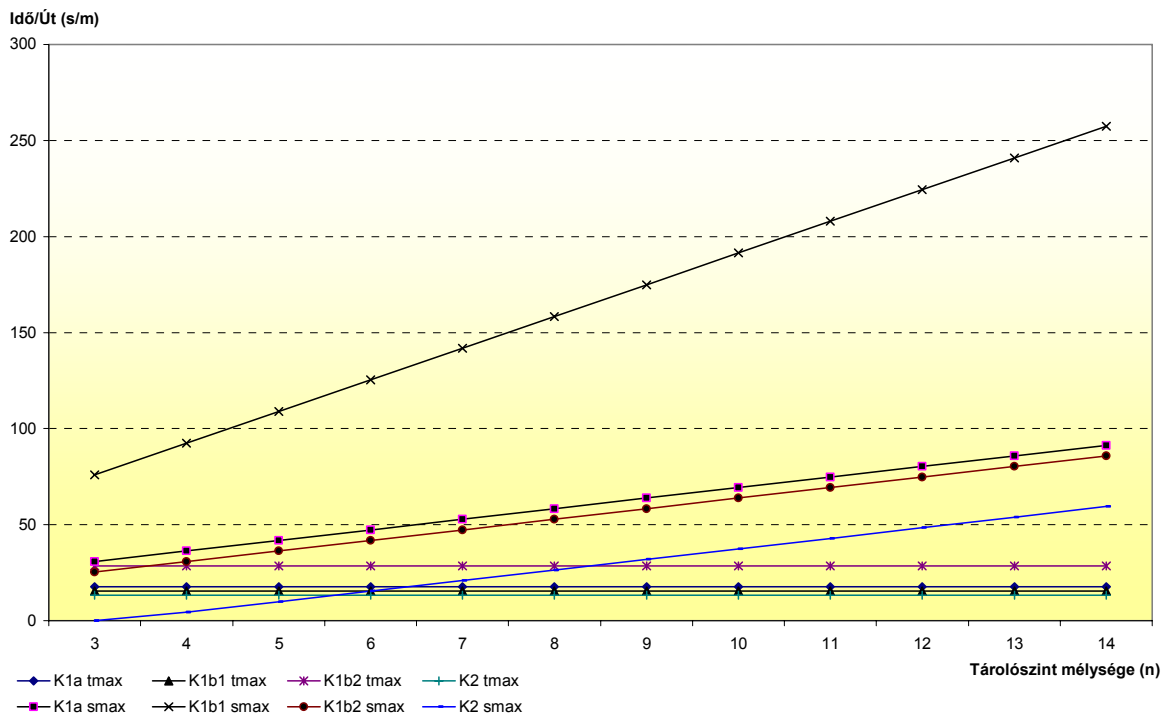
Mivel a rendezések időigényében nem szerepelnek változók, ezért azok függetlenek a tárolótér hosszirányú kiterjedésétől. Az útigény a tárolószint növekedésével egyenes arányosan növekszik a vakanciás betárolásoknál kétszer meredekebben emelkednek a vakancia nélküli betárolások esetén alkalmazható rendezések útigényénél.

A legnagyobb időigény keresztirányú és hosszirányú tárolásnál egyaránt a K1b2 változatnál jelentkezik, a legnagyobb útigény viszont a K1b1 változatnál. Mivel a két változat helyettesíthető egymással, ezért célszerű a K1b2 változatot figyelembe venni, mivel az útigény K1b1-nél jóval meredekebben emelkedik, az időigénye viszont állandó. Ez alapján a részleges rendezéses diszponálási stratégia maximális idő- és útigénye a tárolótér hosszirányú kiterjedésének függvényében a 55. ábra szerint alakul:



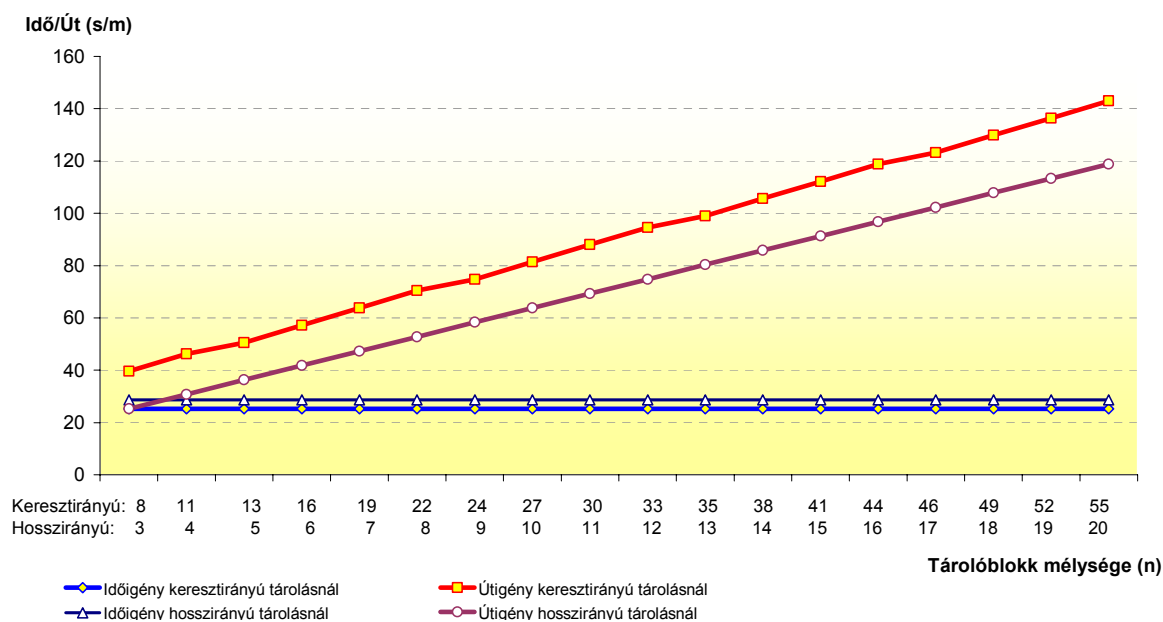
53. ábra

Részleges rendezéses diszponálási stratégia parkolási idő szerinti kitárolási rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál



54. ábra

Részleges rendezéses diszponálási stratégia parkolási idő szerinti kitárolási rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál



55. ábra

Betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatásának maximális idő- és útigénye részleges rendezéses tömbös tárolótéri stratégiánál

A 55. ábra alapján a részleges rendezéses stratégia kitárolás és az azt követő rendezési mozgásainak legnagyobb időigénye a keresztirányú elrendezésnél a kedvezőbb, az eltérő

rés 13%. Az igény viszont a hosszirányú elrendezésnél a kedvezőbb, és az eltérés kis mértékben növekszik a keresztirányú elrendezésnél meredekebb emelkedő igény miatt.

8.3. Közvetlen hozzáférést biztosító stratégia

Alacsony kihasználtságú időszakokban nagyobb számú szabad cella áll rendelkezésre a be- és kitárolások megvalósításához szükséges mozgásokhoz, így a parkolási idő szerinti rendezéshez kevesebb palettamozgatásra van szükség. Ekkor lehetőség van olyan stratégia alkalmazására, mely a gépkocsitároló palettákat úgy rendezi el az egyes tárolószinteken, hogy mindegyik akadálytalanul tudjon a tárolószint be-, illetve kitárolási pontjához jutni. Ehhez a palettakocsis rendszerekhez hasonlóan egy szabad cellasort biztosít mind az újonnan betárolt paletta parkolási idő szerint kiválasztott tárolóhelyéhez, mind a soron kívül kitárolandó palettáknak a tárolószint be-, illetve kitárolási pontjához való juttatásához, mely jelen esetben a betárolási sor lesz. A paletták tárolása pedig az oldalsó sorokban történik a becsült parkolási idő szerint rendezve. Ezzel a maximálisan elérhető tárolószintenkénti alapterület-kihasználás:

$$\varphi_{jk}^{RR} = \frac{(m - n_F)n}{m \cdot n}. \quad (122)$$

8.3.1. Betárolás utáni rendező mozgások

A betárolt paletta számára kijelölendő tárolási hely a kiválasztott sorban a betárolt paletta parkolási idejénél kisebb parkolási idejű paletták mögötti cella, és egyben az ennél nagyobb vagy egyenlő parkolási idejű paletták előtti cella lesz. Ha ez foglalt, akkor szabaddá kell tenni úgy, hogy meghatározott tárolási helyhez előre felé vagy hátrafelé a legközelebbi szabad cella irányába kell mozgatni a foglalt palettát a kijelölt hely és az üres cella közti összes palettával. Ha a cellasor az első cellától teljesen fel van töltve, akkor csak hátrafelé lehetséges a mozgatás. Ha van a kijelölt cella előtt üres cella, akkor van lehetőség előre felé mozgatni a palettákat a kijelölt cella felszabadításához, ez esetben viszont nem a kijelölt cellába, hanem az előtte levőbe kerül elhelyezésre a betárolt paletta! (56/f ábra)

Ennél a stratégiánál a paletta betárolása után két kérdést kell eldönteni:

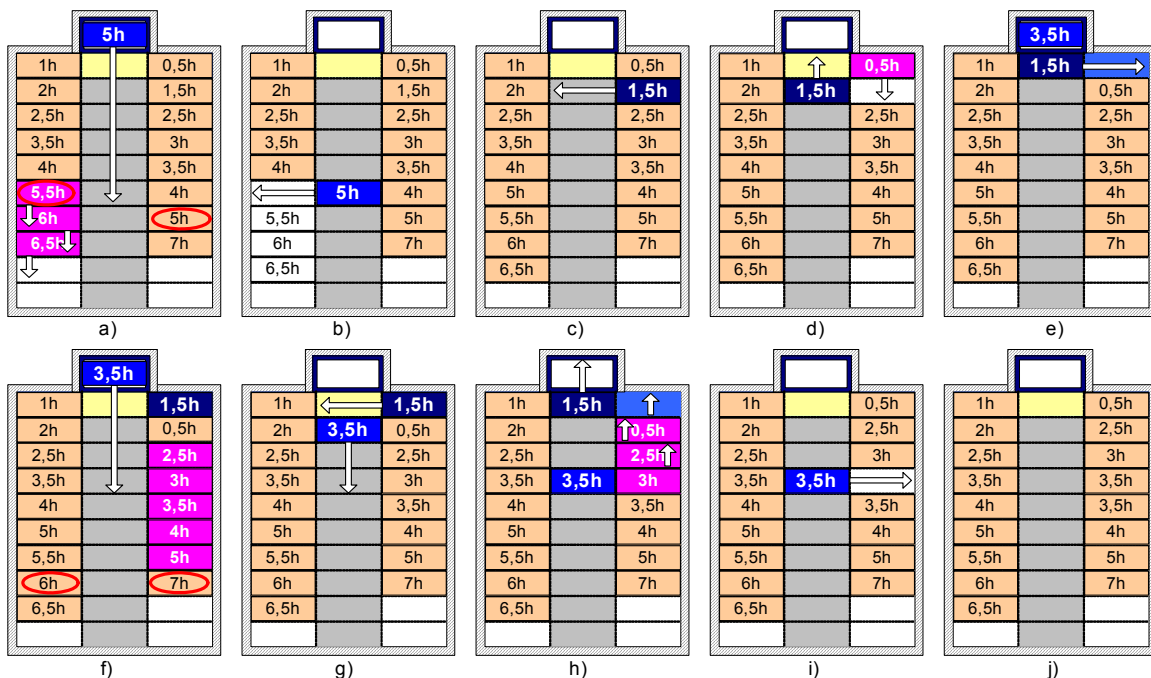
- melyik oldalsó sorba kerüljön elhelyezésre a betárolt paletta,
- milyen irányba kedvezőbb a kijelölt cella felszabadítását elvégezni.

Ezek megválaszolásához meg kell határozni, hogy az egyes oldalsó sorokban a tárolási ideje alapján milyen mélységbe - hányadik oszlopba - kerülne elhelyezésre, valamint mennyi a mozgatáshoz szükséges összes út, beleértve a betárolt paletta kijelölendő tárolási helyére történő mozgatásának útját is. A döntési stratégiák:

1. A két oldalsó sor közül azt kell választani, amelyikben a betárolt paletta számára kijelölendő cella szabad.
2. Ha egyik sorban sem szabad a kijelölendő cella, akkor azt a sort választjuk, amelyikben a kijelölendő cella pozíciójának és szabaddá tételéhez mozgató paletták számának összege kisebb, vagyis a legkevesebb összutat kell a betárolt és az elmozgató palettáknak megtenni. (
3. Itt azt is figyelembe kell venni, ha előre felé is lehetséges a kijelölendő cella szabaddá tétele. Ha az adott oldalsó sorban azonos az összút előre felé és hátra felé is, akkor a hátra felé történőt kell választani, mert ekkor kedvezőbben alakulhat a soron kívüli kitarolások. (10.5.2. alfejezet)
4. Ha a két oldalsó sor esetében azonos, akkor a kevesebb palettát tartalmazó oldalsó sort választjuk, mert így egyenletesen kerül feltöltésre a két oldalsó sor.

Azonos telítettség esetén a blokkhatáron lévő oldalsó sort választja (így megvalósítható a blokkok közti kiegyenlítés is), ha az alábbiak teljesülnek:

- a) a szomszédos blokk az adott tárolószinten kisebb kihasználtságú és az eltérés előírt nagyságú,
- b) emellett a szomszédos blokk szomszédos oldalsó sora képes fogadni palettát a rendezettség fenntartása mellett,



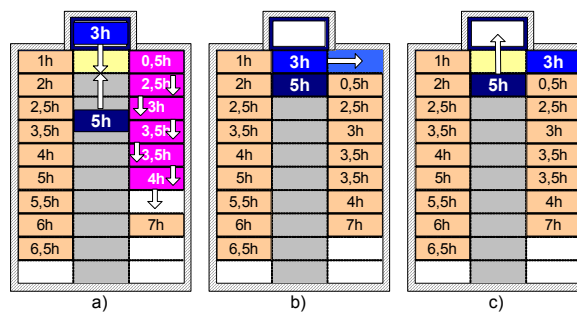
56. ábra

A közvetlen elérést biztosító tömbös tárolótéri diszponálási stratégia be- és kitarolási folyamatai

5. Ha az előző pont feltételei nem teljesülnek, akkor célszerű azon oldalsó sort választani, ahol korábban várható parkolási idő szerinti kitárolás.
6. Ha a 5. pont alapján sincs döntés, akkor a tárolószint falával szomszédos oldalsó sort kell választani, ha van ilyen a kérdéses sorok között.

8.3.2. Kitárolandó paletta felvonóhoz való mozgatása

1. A kitárolás a be- és kitárolási oszlopból történik. A parkolási idő szerinti rendezettség miatt a kitárolandó paletta már ebben az oszlopban van, vagy legalábbis ezen oszlop és közte nincs más – akadályozó – paletta. Ha a kitárolás soron kívüli, akkor az ezen oszlopba történő mozgatus során a kisebb parkolási idejű paletták akadályozhatják a kitárolandó paletta mozgatusát az adott sorban. Ekkor a szabadon hagyott sorba kell lépnie és ott kell előrehaladnia a be- és kitárolási oszlopba. (56/c-e ábra)
2. A paletta a be- és kitárolási oszlopba érve csak akkor maradhat a betárolási sorban, ha a felvonó egy esetleges kombinált ciklusban nem hoz betárolandó palettát erre a tárolószintre, vagyis üresen érkezik. Ellenkező esetben a betárolási sorból valamelyik oldalsó sorba kell lépnie, amelyekben van szabad cella. (56/e ábra)
3. Ha a kitárolandó paletta még a betárolási sorban halad, mikor a felvonó már megérkezett a betárolandó palettával, akkor annak betárolása megkezdhető, majd betárolás után a ki- és betárolási oszlop valamely szabad cellájába kell lépnie, hogy a kitárolandó távozhasson. (57. ábra)
4. Ha egyik oldalsó cella sem szabad, akkor amelyik sorban az első üres cella közelebb van a felvonóhoz, a palettákat az első üres celláig egy cellával hátrébb kell mozgatusni.



57. ábra

A közvetlen elérést biztosító tömbös tárolótéri diszponálási stratégia kombinált ciklusban

$$t_{C_{\max}}^{KH}(n) = 4t_x + 2(n-1)t_y + n_R^F \cdot t_R^F, \quad (123)$$

$$s_{C_{\max}}^{KH}(n) = \begin{cases} 4s_x + 4(n-1)s_y, & \text{ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták,} \\ 4s_x + 3(n-1)s_y, & \text{ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{cases} \quad (124)$$

8.3.3. A közvetlen elérésű tömbös tárolótéri diszponálási stratégia idő- és útigénye

Betárolás utáni rendezések betárolásonkénti időigénye:

$$t_{Be}^{KH}(y_B) = t_x + (y_B - 1)t_y, \quad (125)$$

ahol:

y_B : a betárolt paletta számára kijelölt tárolócella sorszáma a cellasorban, mely a sorokban már tárolt paletták parkolási idejétől és a betárolt paletta parkolási idejétől függ,

Betárolás utáni rendezések betárolásonkénti együttes útigénye:

$$s_{Be}^{KH}(y_B, y_{\bar{U}B}) = \begin{cases} s_x + (2y_B - y_{\bar{U}B} - 1)s_y, & \text{ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták;} \\ s_x + (y_{\bar{U}B} - 1)s_y, & \text{ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{cases} \quad (126)$$

ahol:

$y_{\bar{U}B}$: a betárolt paletta számára kijelölt tárolócellához legközelebbi üres cella sorszáma a cellasorban, mely a sorokban tárolt paletták kikérési idejétől – becsült parkolási idő és annak betartása – függ.

Maximális értékek meghatározása:

A stratégia alapján az egyes paraméterek maximális értékei az alábbi módon alakulnak:

$$\begin{aligned} y_{B\max} &= n, \\ y_{\bar{U}B\min} &= 1, \text{ ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták;} \\ y_{\bar{U}B\max} &= n, \text{ ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{aligned} \quad (127)$$

Itt fontos megjegyezni, hogy ha a betárolt paletta számára kijelölt cella előre felé történő felszabadításának szélső esetében $y_{\bar{U}}$ minimum értéke jelenik meg! A maximális idő- és útigény (127) alapján a tárolószint mélységétől (n) függ:

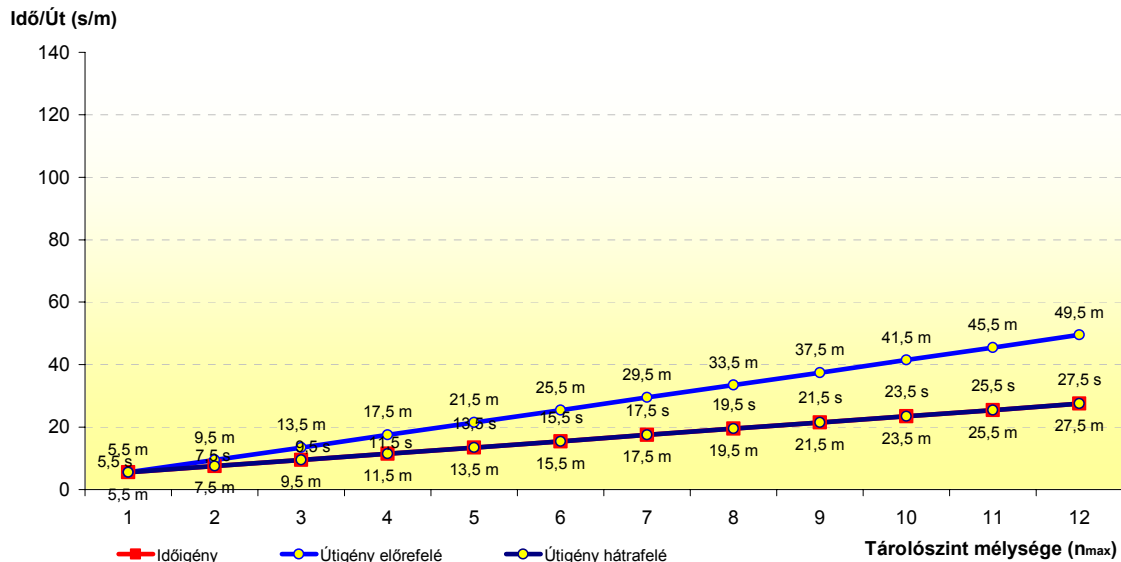
$$t_{Be\max}^{KH}(n) = t_x + (n - 1)t_y, \quad (128)$$

$$s_{Be\max}^{KH}(n) = \begin{cases} s_x + 2(n - 1)s_y, & \text{ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták;} \\ s_x + (n - 1)s_y, & \text{ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{cases} \quad (129)$$

$$t_{C\max}^{KH}(n) = 4t_x + 2(n - 1)t_y + n_R^F \cdot t_R^F, \quad (130)$$

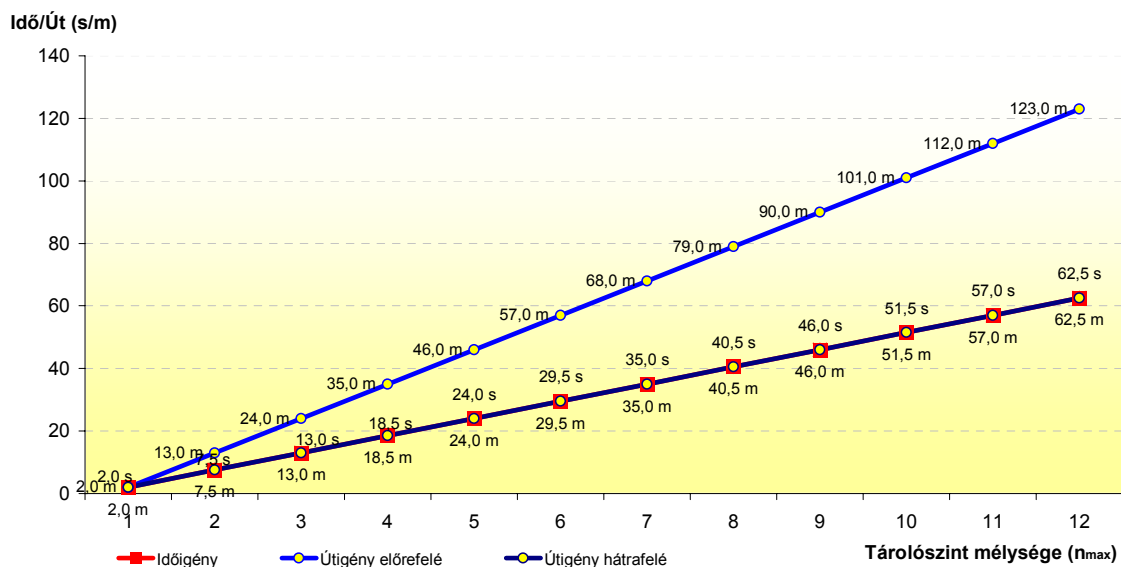
$$s_{C\max}^{KH}(n) = \begin{cases} 4s_x + 4(n - 1)s_y, & \text{ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták,} \\ 4s_x + 3(n - 1)s_y, & \text{ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{cases} \quad (131)$$

A 58. és 59. ábrák bemutatják a közvetlen elérésű diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigényének alakulását a tárolószint mélységének függvényében mind keresztirányú, mind hosszirányú tárolási módnál. Ehhez a 9. táblázatban összefoglalt alapadatok kerülnek felhasználásra (10.2.3. alfejezet).



58. ábra

Közvetlen elérésű diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál



59. ábra

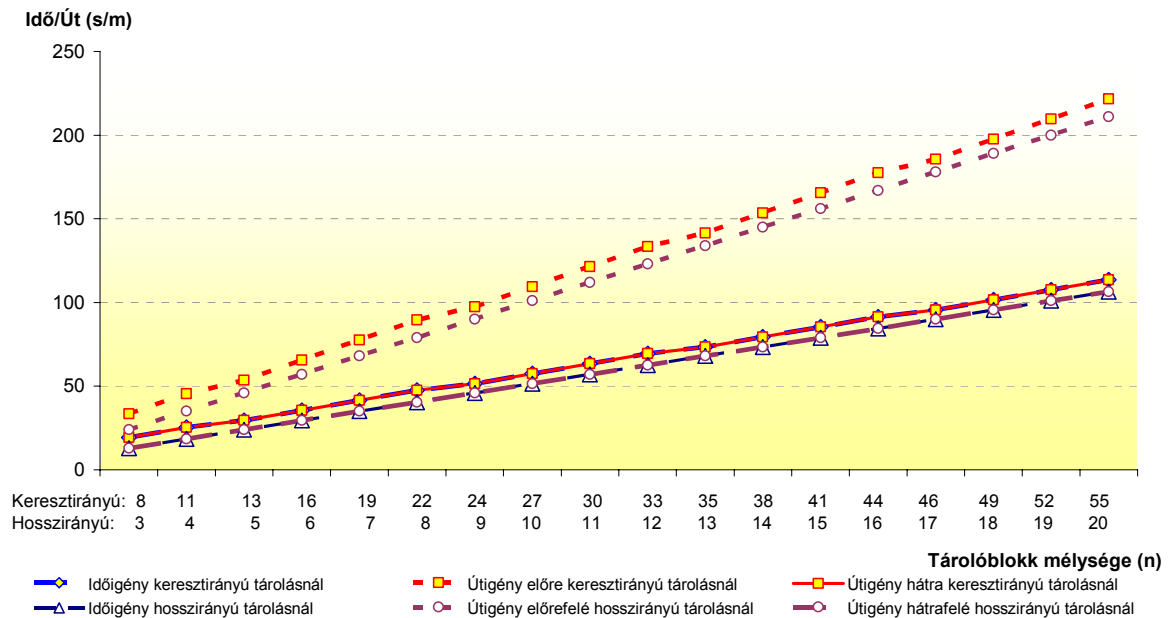
Közvetlen elérésű diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál

A 58. és 59. ábrák alapján megállapítható, hogy az idő- és útigények lineárisan alakulnak a tárolószint mélységének növekedésével. A betárolt paletta számára kijelölt cella

hátrafelé történő felszabadítása esetére vonatkozó maximális útigény függvénye együtt fut az időigény függvényével. A kereszt- és hosszirányú tárolási mód idő- és útfüggvényei közül a hosszirányú tárolási mód idő- és útigényfüggvényei emelkednek meredekebben az x és y irányú mozgatás idő-, illetve útigénye arányának mértékével.

A kereszt- és hosszirányú palettatárolási módok esetén jelentkező maximális idő- és útigény összehasonlítása során egy adott hosszúságú blokkban adott számú hosszirányban elrendezett tárolócella helyén keresztirányban elhelyezhető tárolócellák számát a 6. táblázat foglalja össze.

A 60. ábra bemutatja egy adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigényt a kitárolandó felvonóhoz történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében.



60. ábra

Adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigény a betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közvetlen hozzáférést biztosító tömbös tárolótéri stratégiánál

Ez alapján megállapítható, hogy a stratégiánál megengedett legnagyobb kihasználtság esetén (66%) betárolás utáni rendezése a hosszirányú tárolási módnál lesz kedvezőbb időben és összes elmozdulás szempontjából, de az eltérés kismértékű és kvázi állandó értékű, ingadozását csak a hosszirányú cellák keresztirányúakkal való helyettesítésénél jelentkező területmaradékok okozzák. Ha az eltéréseket a teljes értékekhez viszonyítjuk, akkor a tárolóblokk hosszirányú kiterjedésének növekedésével az eltérés aránya nullához tart, így a két tárolási mód azonosnak tekinthető.

Kitárolandó paletta felvonóhoz juttatásának időigénye:

$$t_{Ki}^{KH}(y_K) = t_x + (y_K - 1)t_y, \quad (132)$$

ahol y_K : a kitárolandó paletta tárolócellájának sorszáma a cellasorban, mely a gépkocsivezető által becsült parkolási idő és a gépkocsi tényleges kikérése közti eltéréstől függ.

Kitárolandó paletta felvonóhoz juttatásának együttes útigénye:

$$s_{Ki}^{KH}(y_K) = s_x + (y_K - 1)s_y. \quad (133)$$

Maximális értékek meghatározása:

Ideális esetben a parkolási idő szerint történik a kitárolás, ekkor $y_K = 1$. Ha viszont soron kívüli a kitárolás, $y_K > 1$. Ez akkor is előfordulhat, ha a kitárolandó előtt üres cella van. y_K maximális értéke n lehet. Ez alapján a kitárolandó felvonóhoz való előrevitelének maximális idő- és útigénye:

$$t_{Ki\max}^{KH}(n) = t_x + (n - 1)t_y, \quad (134)$$

$$s_{Ki\max}^{KH}(n) = s_x + (n - 1)s_y. \quad (135)$$

A kitárolandó paletta felvonóhoz juttatásának maximális idő- és útigényének függvényei a betárolás utáni rendezések idő- és útigényének függvényeihez hasonlóan alakulnak azzal a különbséggel, hogy itt nincs szükség az oldalsó sorban tárolt paletták esetleges mozgatására, így az útigénynek csak egyik függvénye jelenik meg, és a betárolás utáni rendezésekre vonatkozó megállapítások itt is érvényesek.

Kombinált ciklusban a paletta felvonóhoz juttatásának idő- és együttes útigénye:

$$t_C^{KH}(y_B, y_K) = t_{Ki}^{KH}(y_B) + 2t_x + t_{Be}^{KH}(y_K), \quad (136)$$

$$s_C^{KH}(y_B, y_{\bar{U}B}, y_K, y_{\bar{U}K}) = s_{Ki}^{KH}(y_K) + 2s_x + (y_{\bar{U}K} - 1)s_y + s_{Be}^{KH}(y_B, y_{\bar{U}B}). \quad (137)$$

ahol:

$y_{\bar{U}K}$: a kitárolandó paletta számára a be- és kitárolási szolopban a kombinált ciklus miatt felszabadítandó cellához legközelebbi üres cella sorszáma az adott oldalsó cellasorban,

t_R^F : a felvonóba történő rakodás időigénye,

n_R^F : a felvonóba történő rakodások száma:

- $n_R^F = 1$, ha a felvonó előbb érkezik, mint a kitárolandó elérné a be- és kitárolási oszlop kijelölt szabad celláját,
- $n_R^F = 0$, ha a kitárolandó a felvonó érkezése előtt eléri a be- és kitárolási oszlop kijelölt szabad celláját.

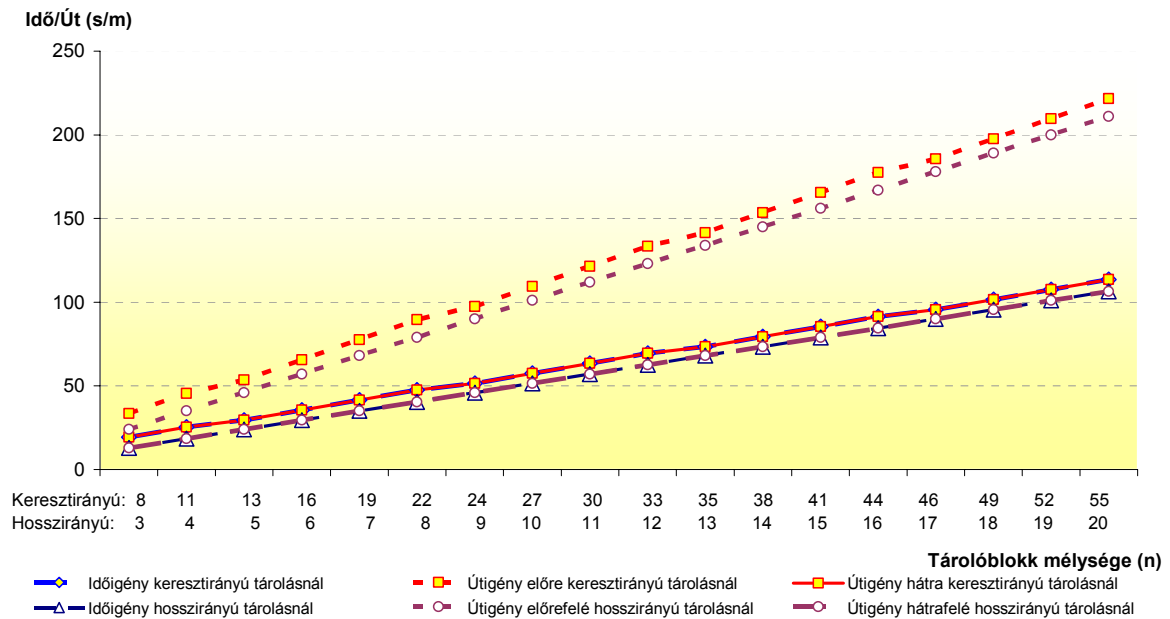
Maximális értékek meghatározása:

$$y_{\bar{U}K} = n, \quad (138)$$

$$t_{C\max}^{KH}(n) = 4t_x + 2(n-1)t_y + n_R^F \cdot t_R^F, \quad (139)$$

$$s_{C\max}^{KH}(n) = \begin{cases} 4s_x + 4(n-1)s_y, & \text{ha előre lépnek az oldalsó sorban a paletták,} \\ 4s_x + 3(n-1)s_y, & \text{ha hátra lépnek az oldalsó sorban a paletták.} \end{cases} \quad (140)$$

A 61. ábra bemutatja egy adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigényt a kitárolandó felvonóhoz történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében.



61. ábra

Kombinált ciklus maximális idő- és útigénye során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közvetlen hozzáférést biztosító tömbös tárolótéri stratégiánál

Ez alapján megállapítható, hogy a stratégiánál megengedett legnagyobb kihasznált-ság esetén (66%) kombinált ciklus során folyó rendezésnél a hosszirányú tárolási módnál lesz kedvezőbb időben és összes elmozdulás szempontjából, az eltérés kvázi állandó értékű, de a betárolásnál jelentkező eltéréshez képest már nagyobb, ingadozását ugyancsak a

hosszirányú cellák keresztirányúakkal való helyettesítésénél jelentkező területmaradékok okozzák. Ha az eltéréseket a teljes értékekhez viszonyítjuk, akkor a tárolóblokk hosszirányú kiterjedésének növekedésével az eltérés aránya nullához tart, így a két tárolási mód azonosnak tekinthető.

8.4. Tárolószinti diszponálási stratégia 100%-hoz közeli kihasználtság esetére

A paletták a teljes rendezéses diszponálási stratégiához hasonlóan minden egyes sorban a becsült parkolási idő szerint vannak rendezve, tehát a típusa szerint ez is teljes rendezéses diszponálási stratégia. Így az újonnan betárolt paletta részére a tárolási cellát úgy kell választani, hogy ez a rendezettség továbbra is fennálljon, valamint a kijelölt cellába történő mozgását és az akadályozó paletták átrendezését is e kritérium szerint kell megvalósítani.

Ennek a stratégiának fontos jellemzője, hogy a kis számú szabad hely miatt a betárolandó kijelölt tárolási helyére, illetve a soron kívül kitárolandó felvonóhoz történő mozgása során elmozdított akadályozó palettákat mindig a kiindulási helyükre juttatja vissza, így nincs szükség a mozgások során a parkolási idők figyelembe vételére, az eszerinti rendezés automatikusan visszaáll. Ez alól csak a kitárolandó mozgásokor az összes akadály eltávolítása utáni helyzet kivétel, ekkor ugyanis előállhat olyan szerencsés állapot, melyben a elmozdított paletták az deiglenes helyükön is rendezett sorrendben vannak, így a befejező visszarendező mozgások megspórolhatók.

A 100%-hoz közeli diszponálási stratégiák alkalmazásához 3 szabad tárolócellára van szükség blokkonként:

- egy a kombinált ciklusban működő felvonók kirakodásához,
- kettő a rendező mozgásokhoz.

Ezzel a maximálisan elérhető tárolószintenkénti tárolókapacitás:

$$\varphi_{jk}^{100\%} = \frac{m(n-1)}{m \cdot n} = 1 - \frac{1}{n}. \quad (141)$$

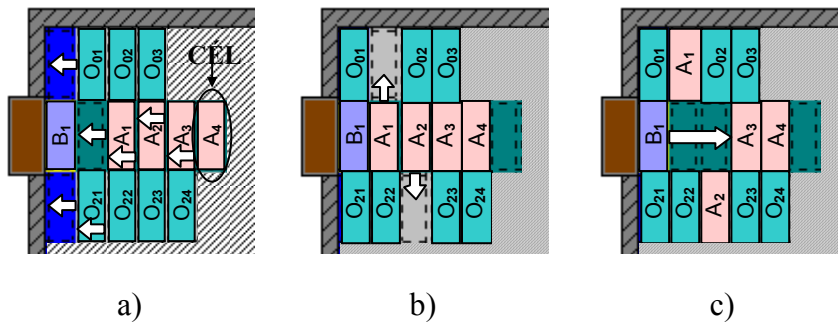
8.4.1. Betárolás utáni rendező mozgások

Ekkor már megtörtént a **B** jelű paletta betárolása, és az adott oldalon már csak 3 szabad cella található. Legyen a célcella a (1,4)-es cella, melyhez vezető úton 4 db akadályozó paletta – A_1, A_2, A_3, A_4 jelű – tartózkodik. Az induló állapotot a 6/a ábra mutatja. Ezen mozgásokban nem érintett paletták nem kerültek ábrázolásra.

A betárolt paletta tárolási helyének kijelölése – hasonlóan a teljes rendezéses stratégiához – a betárolási sorban a betárolt paletta parkolási idejénél kisebb parkolási idejű pa-

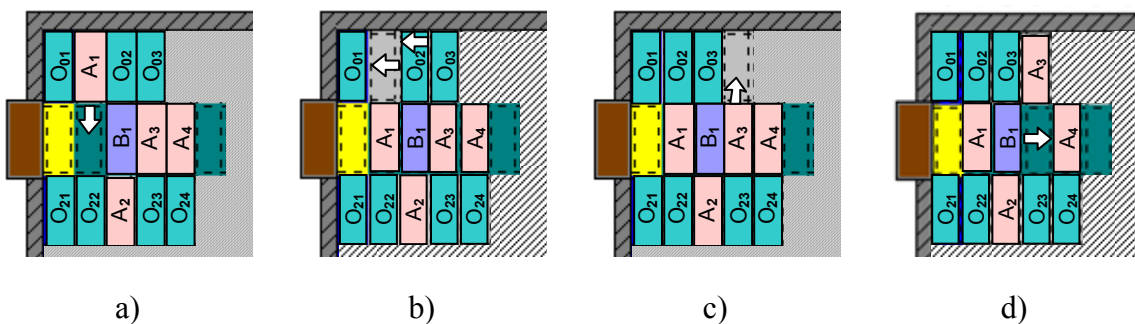
letták mögötti cella, amely egyben a betárolt paletta parkolási idejénél nagyobb vagy ugyanakkora parkolási idejű paletták előtti cella. A lépések:

1. Az akadályozó paletták előrelépnek egy pozíciót (62/a ábra), hogy aztán innen oldalirányba lépjenek, mindkettő más-más oldalra. (62/b ábra) Az oldalsó sorok megválasztását parkolási idők figyelembe vételével úgy kell megoldani, hogy a rendezettség minél kevésbé romoljon el, ezzel az 5. lépésben kevesebb rendező mozgást kell végrehajtani. Ezzel szabaddá fog válni az betárolt paletta előtt az út a célhely felé. (62/c ábra) Ezzel párhuzamosan, ha a két szomszédos sorban a fent említett célpozíciók foglaltak, akkor fogláló paletta a sorban található szabad cella irányába lép az összes palettával együtt, melyek közte és a szabad cella között állnak.
2. Az újonnan betárolt paletta így két pozíciót tud előre lépni. Ha megtette a második lépést, az 1. számú akadályozó paletta visszatérhet az elhagyott betárolási sorba, amelyben eredetileg tartózkodott. (63/a ábra)



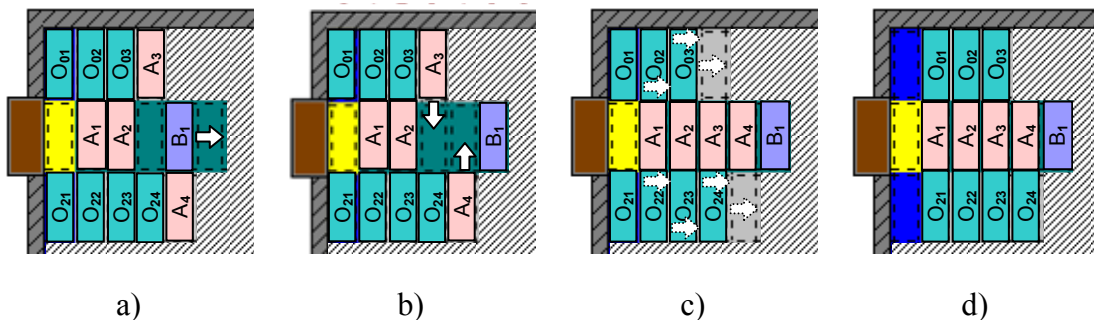
62. ábra

3. Ezzel lehetővé vált a 3. számú akadályozó paletta oldalra lépéséhez felszabadítandó cella felszabadítása, ahol az O02-es jelű paletta áll. (63/b ábra) Így a 3. számú akadályozó paletta át tud lépni az oldalsó sorba (63/c ábra), és az újonnan betárolt paletta előre tud lépni (63/d ábra).



63. ábra

4. Ez addig folytatódik a 2. ponttól, amíg az összes akadályon túl nem jutott a betárolt paletta, vagyis minden egyes akadályozó paletta visszalép az eredeti tárolási sorába, miheyst elhaladt mellette az újonnan betárolt paletta. (Pl. 64/d ábrán „A2” paletta.)
5. Végül az akadályozó paletták mind visszalépnek a betárolási sorba (64/c ábra), mely-lyel helyreáll a parkolási idő szerinti rendezettség (64/d ábra).



64. ábra

A mozgási folyamat 3 részre bontható. A becsült legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazható betárolási stratégiánál:

Kezdeti folyamat

(62/a-62/c)

$$t_I^B = [t_y + t_x + 2t_y]$$

$$s_I^B = [(3 + n_A)s_y + 2s_x + 2s_y]$$

Ciklikus folyamat

(63/a-63/d)

$$t_C^B(n_A) = [(n_A - 2)(t_x + t_y + t_x + t_y)]$$

$$s_C^B(n_A) = [(n_A - 2)(s_x + 2s_y + s_x + s_y)]$$

Befejező rendezés

(64/b-64/d)

$$t_F^B = [t_y + t_x] + (t_y)$$

$$s_F^B(n_A) = [s_y + 2s_x] + (2n_A - 1)s_y$$

ahol:

n_A : akadályozó paletták száma, ahol $n_A \geq 1$,

t_x, t_y : x vagy y irányú egy cellányi elmozdulás időigénye,

s_x, s_y : x vagy y irányú egy cellányi elmozdulás útigénye.

Mivel a kezdeti és a záró folyamat kettő akadályozó palettának az elmozdítását teljes egészében magában foglalja, ciklikus folyamat csak ennél több paletta esetén jelenik meg. Így az idő- és útigény képleteiben a ciklusok száma az akadályozó paletták függvényében:

$$n_C^B(n_A) = n_A - 2. \quad (142)$$

Az útigény számításánál ez a jelenség azért nem jelenik meg, mert a ciklusszám negatív lesz, így ellensúlyozza a záró ciklus azon elemeit, amelyek a képletben megjelennek, de a valóságban nem zajlanak le.

Kettőnél kevesebb paletta esetén viszont a záró folyamat kissé torzul, mivel már a kezdeti ciklus 3. lépésében eléri a betárolt paletta a kijelölt tárolási helyét, de a záró ciklus

1. lépése még tartalmaz egy y irányú elmozdulást. Így $n_A = 1$ esetén a műveleti idő módosul az alábbira:

$$t_{Be(n_A=1)}^{NK} = 2t_x + 3t_y + (t_y). \quad (143)$$

Az útigény számításánál ez viszont nem jelenik meg, mert a ciklusszám negatív lesz, ami kiegyenlíti a záró ciklus azon elemeit, amelyek a képletben megjelennek, de a valószínűségben nem zajlanak le.

Az előzőek alapján a legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás a következők szerint alakul:

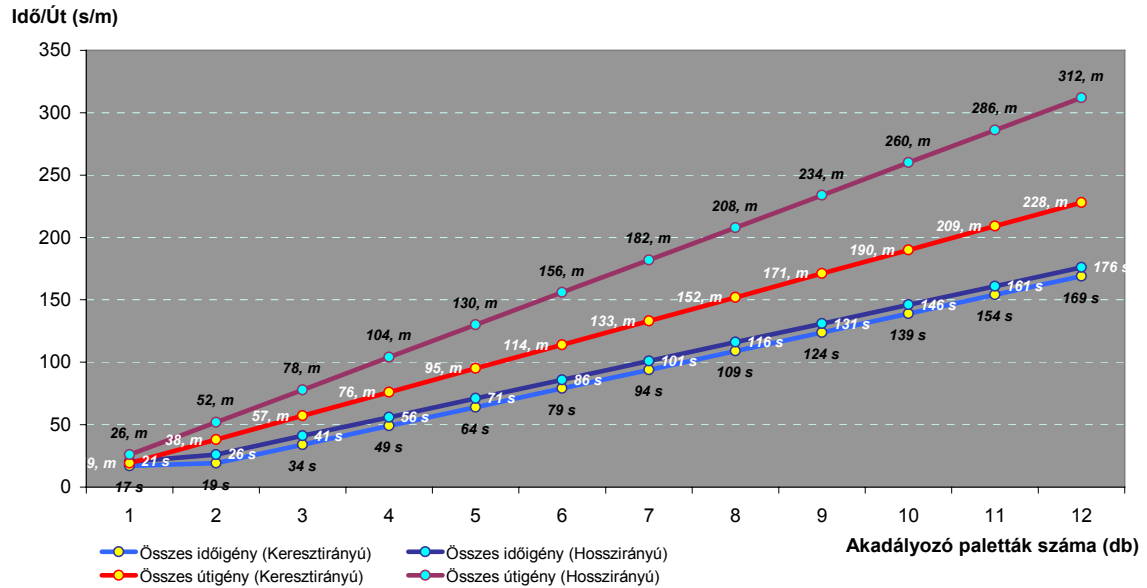
$$t_{Be}^{NK}(n_A) = 2(n_A - 1)t_x + 2n_A t_y + (t_y), \quad (144)$$

$$s_{Be}^{NK}(n_A) = 2n_A s_x + 4n_A s_y + (2n_A s_y - s_y). \quad (145)$$

Kerek zárójelbe foglalva jelennek meg azok a tagok, melyek a felzárkóztató mozgások esetén jelennek meg, összhangban a szaggatott vonallal jelzett nyilakkal. Ezekre nincs szükség, elhagyásukkal a következő műveletek első lépéseikor energia spórolható meg. Jelzésük csak azért fontos, mert ezekkel térhet vissza az adott tárolóblokk a maximális kihasználtság melletti lehetséges legrosszabb kezdeti állapotba, melyet a mozgási algoritmusok leírásánál, illetve a képletek felírásánál feltételeztünk. Ezért a meghatározott képletek a lehetséges legnagyobb értékeket adják, de szerencsés esetekben alacsonyabb értékek is kiadódhatnak.

A 65. ábra bemutatja a közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott diszponálási stratégia maximális idő- és útigénye keresztirányú (bal oldali), illetve hosszirányú (jobb oldali) tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében. Ehhez a 9. táblázatban összefoglalt alapadatok kerülnek felhasználásra (8.2.3. alfejezet).

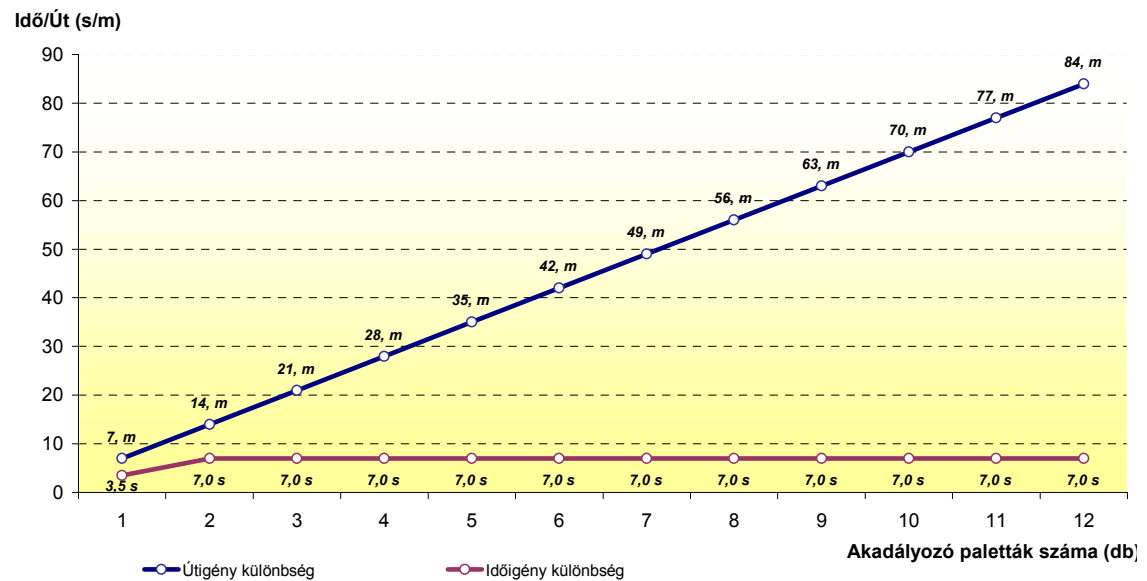
Ez alapján megállapítható, hogy az idő- és útigény lineárisan alakul az akadályozó paletták számának növekedésével kivéve az időigény első szakaszát. Hosszirányú tárolási módnál az útigény függvénye jóval meredekebben emelkedik, mint a keresztirányú tárolás idő- és útigénye. Az időigények függvényében a kétféle tárolási módnál az eltérés kicsi (7 s), mely az akadályozó paletták számának növekedésével állandó. A hosszirányú tárolási módnál jóval nagyobb a megtett összes út a keresztirányú tárolási módhoz képest, és az akadályozó paletták számának növekedésével lineárisan növekszik a különbség.



65. ábra

Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott betárolási stratégia idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében

A 66. ábra szemlélteti az előzőekben leírt eltérések alakulását az akadályozó paletták számának függvényében.



66. ábra

Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott betárolási stratégia idő- és útigényének eltérése keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében

Ha figyelembe vesszük hogy az utolsó gépkocsi betárolásakor az akadályozó paletták maximális száma:

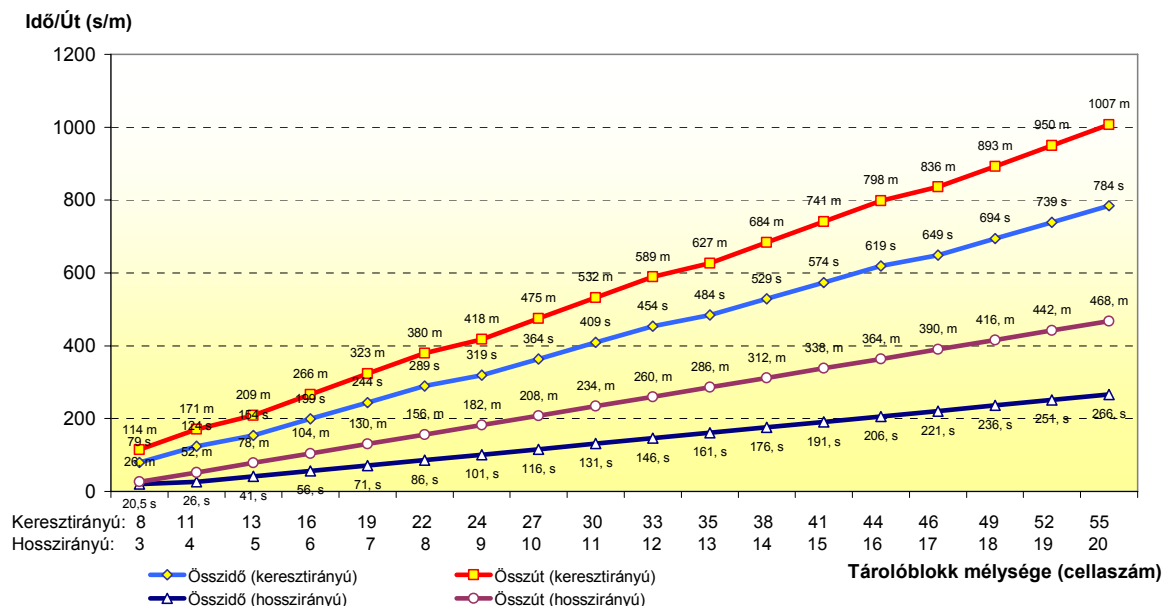
$$n_A = n - 2, \quad (146)$$

ahol n a soronkénti tárolócellák száma. Ez alapján a (144) és (145) segítségével meghatározható az is, hogyan függ a betárolt paletta parkolási idő szerinti rendezésének idő- és útigénye a tárolószint sorirányú kiterjedésének nagyságától:

$$t_{Be\max}^{NK}(n) = 2(n-3)t_x + 2(n-2)t_y + (t_y), \quad (147)$$

$$s_{Be\max}^{NK}(n) = 2(n-2)s_x + 4(n-2)s_y + [2(n-2)s_y - s_y]. \quad (148)$$

A 67. ábra bemutatja egy adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigényt betárolandó célhelyre történő mozgataása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében. Az előzőek szerint 100%-hoz közeli kihasználtság esetén alkalmazható stratégia betárolás utáni rendezése hosszirányú tárolási módnál időben és összes elmozdulásban is kedvezőbb a keresztirányú palettaelhelyezéshez képest. A hosszirányú elrendezésnél az időigény a keresztirányúnak kezdetben 26%-a, amely a tárolóblokk mélységének növekedésével kb. 35%-ra nő. A hosszirányú elrendezésnél az útigény a keresztirányúnak kezdetben 23%-a, mely a tárolóblokk mélységének növekedésével kb. 50 %-ra nő. A jelentős eltérés abból fakad, hogy keresztirányú tárolásnál jóval nagyobb számú tárolócella van elhelyezve a tárolóblokk hosszirányában, mely arányos az akadályozó paletták számával.



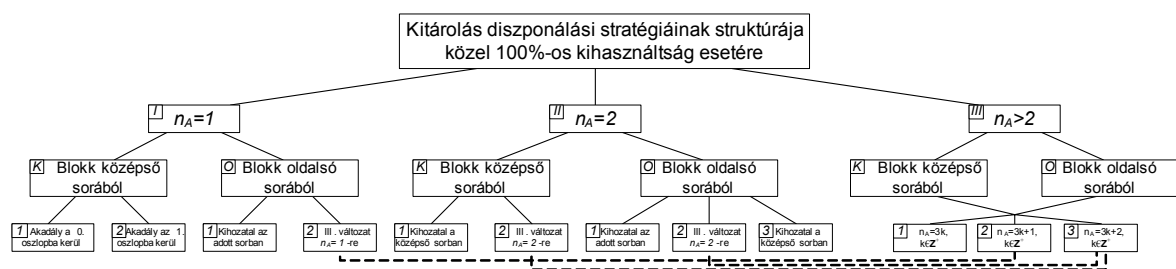
67. ábra

Maximális idő- és útigényt betárolandó célhelyre történő mozgataása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott stratégiánál

8.4.2. Kitérolandó paletta felvonóhoz való mozgása

A parkolási idő szerinti rendezettség miatt azok a gépkocsik helyezkednek el közelebb a felvonókhoz, amelyek kitérolását várhatóan korábban kell elvégeznie a rendszernek. Így minél pontosabban érkezik a gépkocsivezető a gépkocsijáért, annál kevesebb akadályozó paletta lesz a gépkocsit tároló paletta útjában a felvonó felé. Ezek elmozdítása növeli a kitérolás idejét. A fő tárolótéri diszponálási stratégiák erre az esetre alapozottak, így nem tartalmaztak kikerülő stratégiákat akadályozó paletták mögül történő kitérolás esetére.

A felvonóhoz való előrehozatal során több stratégia kerülhet alkalmazásra attól függően, hogy hány paletta akadályozza a kitérolandó mozgását. Ezek tovább csoportosíthatók aszerint, hogy a kitérolandó paletta a blokk középső sorában, vagy valamely oldalsó sorában tartózkodik. Az egy akadályozó paletta esetén a blokk középső sorából történő kihozzátal aszerint osztályozható tovább, hogy az akadályozó paletta mely oszlopba kerül áthelyezésre. Az egy akadályozó paletta esetén oldalsó sorból, valamint két akadályozó paletta esetén történő előrehozatal változatai tovább bonthatók aszerint, hogy a kitérolandó az előrehozatal során a középső, vagy valamelyik oldalsó sorban mozog. A kettőnél több akadályozó paletta esetére vonatkozó mozgások az akadályozó paletták száma szerint 3 osztályba sorolhatók, melyeknél a középső oszlopban, illetve oldalsó oszlopban tartózkodó kitérolandó paletta előrehozatala között az eltérés minimális. A lehetséges, ill. vizsgálandó mozgásváltozatokat a 68. ábra mutatja be. A kettőnél több akadályozó palettára vonatkozó változatok bizonyos esetekben alkalmazható oldalsó sorból történő előrehozatal esetén egy és kettő, valamint középső sorból történő előrehozatal esetén két akadályozó palettára is.



68. ábra

Lehetséges tárolótéri kitérolási mozgásváltozatok 100%-hoz közeli kihasználtság esetére

A kihozatali mozgások befejeződése után a kitérolandó paletta csak üres felvonó érkezésekor maradhat a betárolási sorban. Ha a felvonó kombinált ciklusban betárolandó palettával érkezik, akkor valamely oldalsó cellába kell lépnie, hogy a betárolást ne akadályozza.

8.4.2.1. Ha csak legfeljebb kettő akadályozó paletta van a kitérolandó előtt

K₁ változat:

- A kitárolandó középről történő kihozatala.
- Az akadályozó paletta a 0. oszlopba kerül.
- 1. Ha van a kitárolandó előtt akadályozó paletta, akkor a kitárolandóval együtt előrelép egy cellát. (69/K1/a ábra)
- 2. Ezután átlép abba az oldalsó sorba, ahol több szabad cella. (69/K1/b ábra)
 - a) Ha egyforma a szabad cellák száma, akkor azt választja, amelyik sorban a tárolási idő szerinti rendezettséget nem rontja el.
 - b) Ha egyikben sem rontja el, akkor azt választja, amelyikben a szabad cella oszlopa közelebb esik az akadályozó paletta oszlopához.
 - c) Ha mindkét sor ilyen, akkor a fal melletti sort választja.
- 3. A fentiek után a kitárolandó előrelép. (69/K1/c ábra)
- 4. A kitárolandó a szabadon maradt oldalsó sorba lép. (69/K1/d ábra) Amennyiben a 2. lépésben az akadályozó paletta az oldalsó sorba lépésével a tárolási idő szerinti rendezettséget elrontotta, akkor a kitárolandóval párhuzamosan visszatér eredeti sorába, és hátralép egy cellát, hogy a kitárolandó akadálytalanul távozhasson. (69/K1/e)

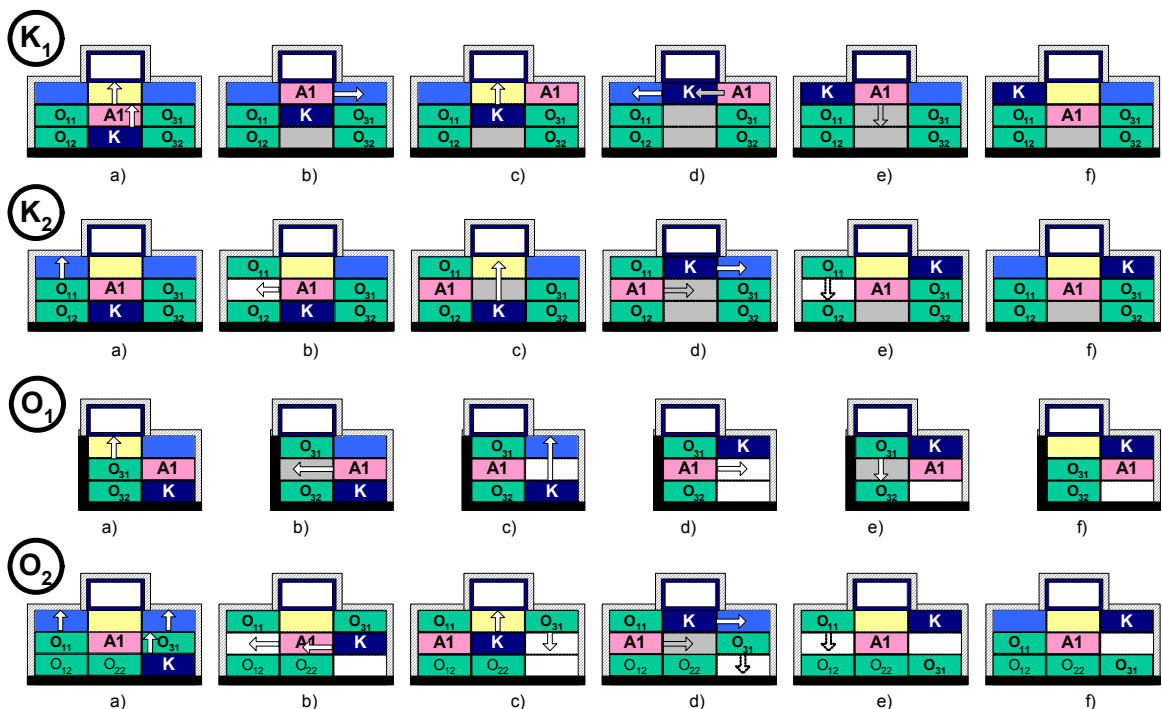
K₂ változat:

- Kitárolandó középről történő kihozatala.
- Az akadályozó paletta az 1. oszlopba kerül.
- 1. Ha van a kitárolandó előtt akadályozó paletta, akkor átlép abba az oldalsó sorba (69/K2/b ábra), ahol van szabad cella.
 - a) Ha több ilyen is van, akkor azt választja, amelyikben a szabad cella oszlopa közelebb esik az akadályozó paletta oszlopához.
 - b) Ha egyikben sem rontja el, akkor azt választja, amelyikben a szabad cella oszlopa közelebb esik az akadályozó paletta oszlopához.
 - c) Ha mindkét sor ilyen, akkor a fal melletti sort választja.
 - d) A választott oldalsó sorban az akadályozó paletta oszlopa előtti paletták a legközelebbi szabad cella irányába mozdulnak el, hogy az akadályozó paletta át tudjon lépni. (69/K2/b ábra)
- 2. A fentiek után a kitárolandó előrelép. (69/K2/c ábra)
- 3. Ha az akadályozó paletta az oldalsó sorba lépésével a tárolási idő szerinti rendezettséget elrontotta, akkor a kitárolandó elhaladása után, párhuzamosan annak oldalra lépésével, visszatér eredeti sorába. (69/K2/e)

O1 változat:

- Kitárolandó tárolóblokk oldalsó sorából történő kihozatala annak eredeti sorában.

1. Az akadályozó paletta átlép azon oldalsó sorba, ahol több szabad cella található.
(69/O1/b ábra)
 - a) Ha több ilyen is van, akkor azt választja, amelyikben a szabad cella oszlopa közelebb esik az akadályozó paletta oszlopához.
 - b) Ha egyikben sem rontja el, akkor azt választja, amelyikben a szabad cella oszlopa közelebb esik az akadályozó paletta oszlopához.
 - c) Ha mindkét sor ilyen, akkor a fal melletti sort választja.
2. A választott oldalsó sorban az akadályozó paletta oszlopa előtti paletták a legközelebbi szabad cella irányába mozdulnak el, hogy az akadályozó paletta át tudjon lépni.
(69/O1/a ábra)
3. Ezután a kitárolandó előrelép be- és kitárolási oszlopba.
4. Ha az akadályozó paletta a tárolási idő szerinti rendezettséget elrontotta, illetve az előtte álló paletta akadályozza a felvonó megközelíthetőségét, akkor vissza kell lépnie az eredeti sorába. (69/O1/d ábra)
5. Ha az akadályozó paletta oldalra léptetése miatt elmozdított paletta akadályozza a felvonó elérését, akkor a 3. lépés után visszatér eredeti helyére.



69. ábra

Kitárolás egy akadályozó paletta esetén

O₂ változat:

Kitárolandó tárolóblokk oldalsó sorából történő kihozatala a betárolási sorban.

1. A változat a kitárolandó kihozatalának kettőnél több akadályozó paletta esetére kidolgozott algoritmusa egy akadályozóra vonatkozó változata (8.6.5-as alfejezet).

Legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás egy akadályozó paletta esetén maximális alapterület-kihasználás mellett:

K₁ változat

$$t_{Ki}^{NK1K_1} = \lceil 2t_x + 3t_y \rceil + t_y$$

$$s_{Ki}^{NK1K_1} = 2s_x + 3s_y + s_x + (s_y)$$

O₁ változat

$$t_{Ki}^{NK1O_1} = 2t_x + 4t_y$$

$$s_{Ki}^{NK1O_1} = 2s_x + 4s_y$$

K₂ változat

$$t_{Ki}^{NK1K_2} = \lceil 2t_x + 2t_y \rceil + t_y$$

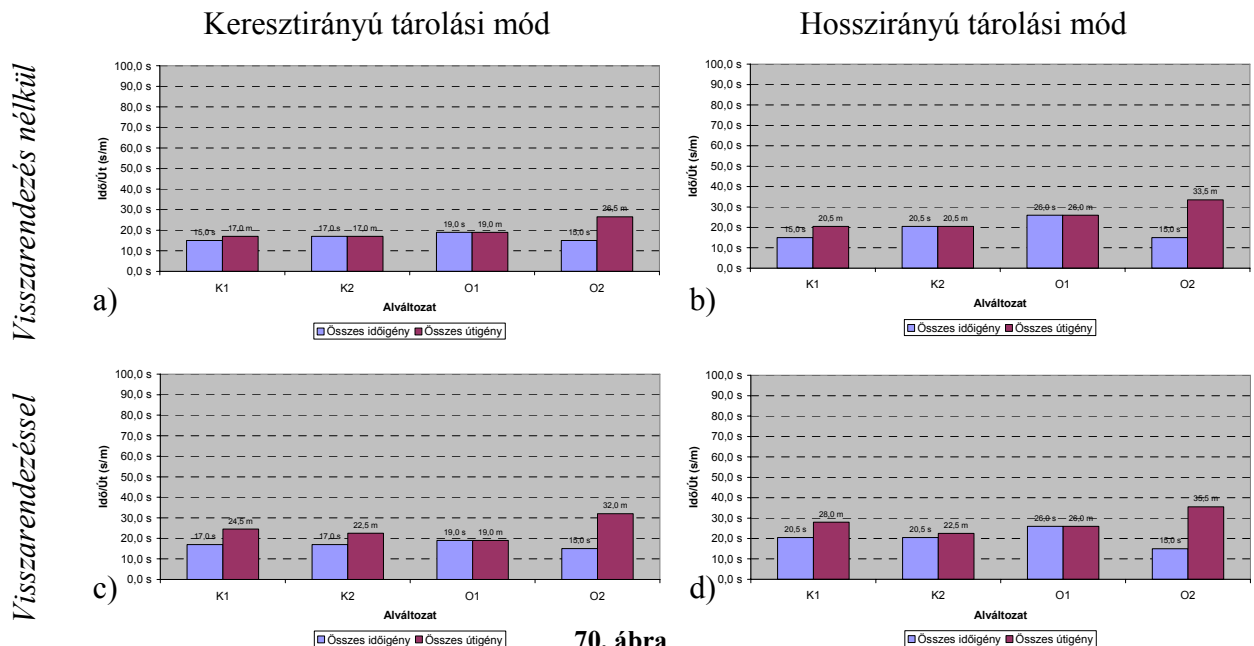
$$s_{Ki}^{NK1K_2} = \lceil 2s_x + 2s_y \rceil + s_x + s_y$$

O₂ változat

$$t_{Ki}^{NK1O_2} = \lceil t_x + 2t_y + \max(t_x + (t_y); t_y) \rceil$$

$$s_{Ki}^{NK1O_2} = \lceil 4t_x + 5t_y \rceil + s_x + (s_y)$$

Az 70. ábrán bemutatásra kerülnek az egy akadályozó paletta esetén alkalmazott változat idő- és útigénye visszarendezés nélküli, illetve visszarendezéses esetben, keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál.



Kitárolás idő- és útigénye 100%-hoz közeli kihasználtságnál két akadályozó paletta esetén

Az 70. ábra alapján megállapítható, hogy a visszarendezés nélküli esetekben mind keresztirányú, mind hosszirányú tárolási módnál a K1-es változat a legkedvezőbb mindkét jellemző szempontjából. De ha visszarendezésre kerül sor, akkor az O1-es változatot – kivéve ahol nincs visszarendezéses változat – minden más változatnál emelkedik az útigény kisebb-nagyobb mértékben, mely emelkedés keresztirányú tárolási módnál a jelentősebb,

és nem lehet egyértelműen kiválasztani az idő- és útigények alapján a legkedvezőbb változatot, mivel a két jellemző legkisebb értékei más-más változatoknál jelentkeznek:

- időigény alapján az O2 változat a legkedvezőbb,
- útigény alapján keresztirányban az O1 változat, hosszirányban a K2 változat.

Mivel az egyes jellemzők legkedvezőbb értékei mellett a másik jellemző akár a legmagasabb is lehet, ezért célszerű a két jellemző értékét súlyozással együttesen figyelembe venni. A súlyfaktorok arányát az határozza meg, hogy az adott forgalmi időszakban melyik cél-függvénynek van magasabb prioritása.

8.4.2.2. *Ha csak kettő akadályozó paletta van a kitárolandó előtt*

Mivel K2 és O2 változatok a kettőnél több akadályozó paletta esetére kidolgozott mozgási algoritmus két akadályozó palettára vonatkozó változata, ezért itt nem részletezem őket.

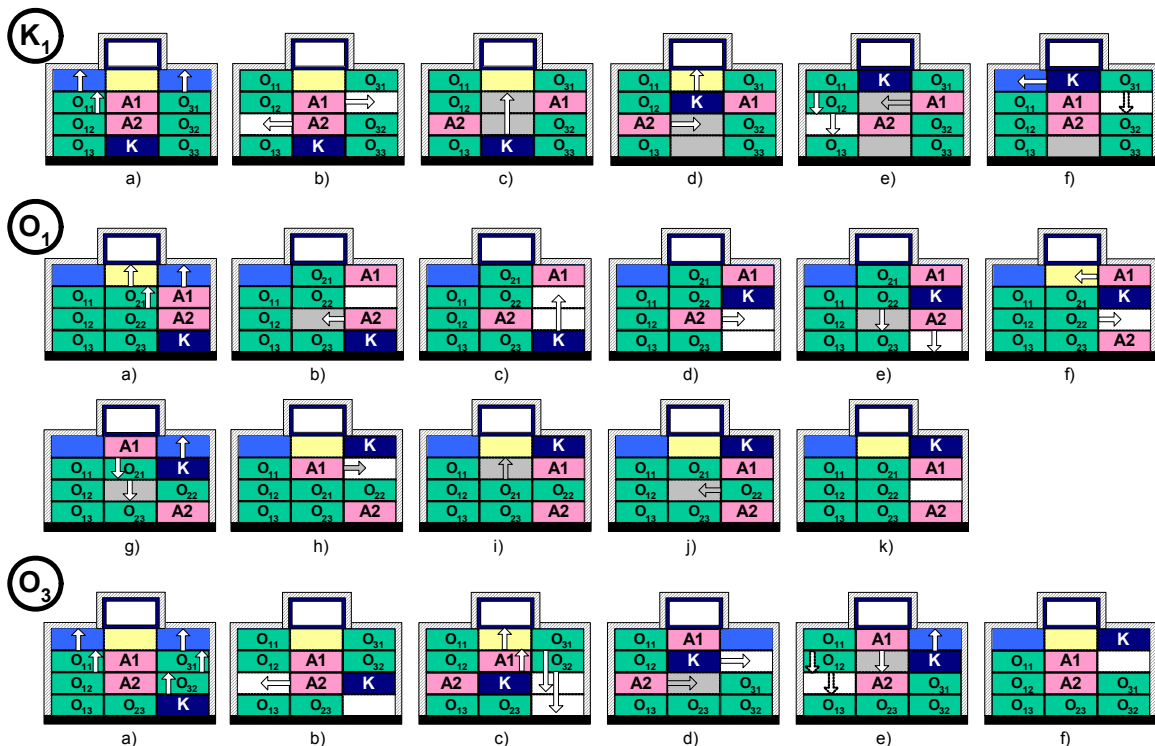
K₁ változat:

1. Hasonlóan a kitárolandó kihozatalának kettőnél több akadályozó paletta esetére kidolgozott mozgási algoritmusához, az oldalsó sorokban lévő paletták előrelépnek egy pozíciót az egyik oldalon közvetlenül a kitárolandó paletta oszlopa előtti tárolóoszloptól, a másik oldalon pedig a kitárolandó paletta oszlopától eggyel előrébb levő tárolóoszloptól kezdve. Az oszlopok megválasztását úgy kell elvégezni, hogy a 2. lépésben az első akadályozó paletta abba az oldalsó sorba lépjen, amelyben nem rontja el a tárolási idő szerinti rendezettséget.
2. Az akadályozó paletták az oldalsó sorokba lépnek. (71/K1/b)
3. A kitárolandó előrelép a be- és kitárolási oszlopig. (71/K1/c)
4. Amikor a kitárolandó paletta elhaladt a második akadályozó paletta mellett, az visszalépnek a betárolási sorba (71/K1/d). Ezt elvégzi az első akadályozó paletta is.
5. Amikor a második akadályozó paletta visszaért a betárolási sorba, az általa elhagyott cella előtti paletták egy pozíciót hátralépnek. (71/K1/e)
6. Így a kitárolandó el tudja hagyni a felvonó előtti cellát. (71/K1/f) Ezzel párhuzamosan az első akadályozó paletta visszalép eredeti sorába, ha a 2. lépésben a tárolási idő szerinti rendezettség elromlott.

O₁ változat:

1. Ha a kitárolandó előtt nincs akadály, akkor indul a kitárolási oszlopba.
2. Ha vannak akadályozó paletták, akkor a kitárolandóhoz legközelebbi oldalirányba átlép a betárolási sorba. (71/O1/b ábra) Ha foglalt a cella, amelyikbe lépni akar, akkor a foglalt paletta és az előtte álló paletta (71/O1/a ábra) előre lép egy pozíciót. Ezzel párhuzamosan az első akadályozó paletta is előre lép egy pozíciót.

3. Így a kitárolandó paletta előre tud lépni két pozíciót. (71/O1/c ábra)
4. Így a második akadályozó paletta vissza tud lépni az eredeti tárolási sorába, ahol elfoglalja a kitárolandó volt tárolási helyét. (71/O1/d ábra)
5. Ezután a betárolási oszlopban álló O21 és O22 jelű, valamint az A2 jelű paletta hátralép egy pozíciót. (71/O1/e ábra)
6. Így az első akadályozó paletta át tud lépni a betárolási oszlopba utat engedve a kitárolandónak, emellett az O22 jelű átlép az oldalsó sor szabad cellájába. (71/O1/f ábra)
7. Ezután az A1 és az O21 jelű paletta hátralép még egy pozíciót, miközben a kitárolandó eléri a kitárolási oszlopot. (71/O1/g ábra)
8. Ha a parkolási idő szerinti rendezettség felborult, a 71/O1/h ábrán látható állapotot vissza kell rendezni a rendezett állapotnak megfelelően, vagyis az A1 jelű palettának visszalép eredeti sorába, O21 előrelép egy pozíciót (71/O1/i ábra), és O22 visszalép a betárolási sorba. (71/O1/j ábra) (A visszarendezést csak addig kell folytatni, amíg a parkolási idő szerinti rendezettség helyre nem áll.)



71. ábra

Kitárolás két akadályozó paletta esetén

O₃ változat:

1. Hasonlóan a kitárolandó kihozatalának kettőnél több akadályozó paletta esetére kidolgozott mozgási algoritmusához, az oldalsó sorokban lévő paletták előrelépnek egy pozíciót, a kitárolandó oldalán a kitárolandó és az előtte álló paletták, a másik oldalon pedig a kitárolandó paletta oszlopától eggyel előrebb levő paletták.
2. Ezután a kitárolandó és a mellette álló akadályozó paletta oldalra lép. (71/O3/b ábra)
3. Ezzel a kitárolandó eredeti sorában álló paletták két cellával hátrébb lépnek, közben a kitárolandó és az első akadályozó paletta előrelép egy pozíciót. (71/O3/c ábra)
4. A kitárolandó visszalép eredeti sorába. (71/O3/d ábra) Ha a második akadályozó a 2. lépésben elrontotta a tárolási idő szerinti rendezettséget, visszalép a betárolási sorba.
5. A kitárolandó előrelép a be- és kitárolási oszlopba, mellyel párhuzamosan az első akadályozó paletta elhagyja a felvonó előtti cellát. (71/O3/e ábra)

Becsült legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás két akadályozó paletta esetén maximális alapterület-kihasználás mellett:

K1 változat

$$t_{Ki}^{NK2K_1} = [3t_x + 4t_y]$$

$$s_{Ki}^{NK2K_1} = [4s_x + 8s_y] + (s_x) + (2s_y)$$

O₁ változat

$$t_{Ki}^{NK2O_1} = [3t_x + 5t_y] + (t_x) + (t_x + t_y)$$

$$s_{Ki}^{NK2O_1} = [4s_x + 10s_y] + (s_x) + (s_x + s_y)$$

K2 változat

$$t_{Ki}^{NK2K_2} = [5t_x + 6t_y]$$

$$s_{Ki}^{NK2K_2} = [6s_x + 10s_y] + s_x$$

O₂ változat

$$t_{Ki}^{NK2O_2} = [3t_x + 5t_y]$$

$$s_{Ki}^{NK2O_2} = [5s_x + 11s_y] + 2s_x + (2s_y)$$

O₃ változat:

$$t_{Ki}^{NK2O_3} = [2t_x + 4t_y]$$

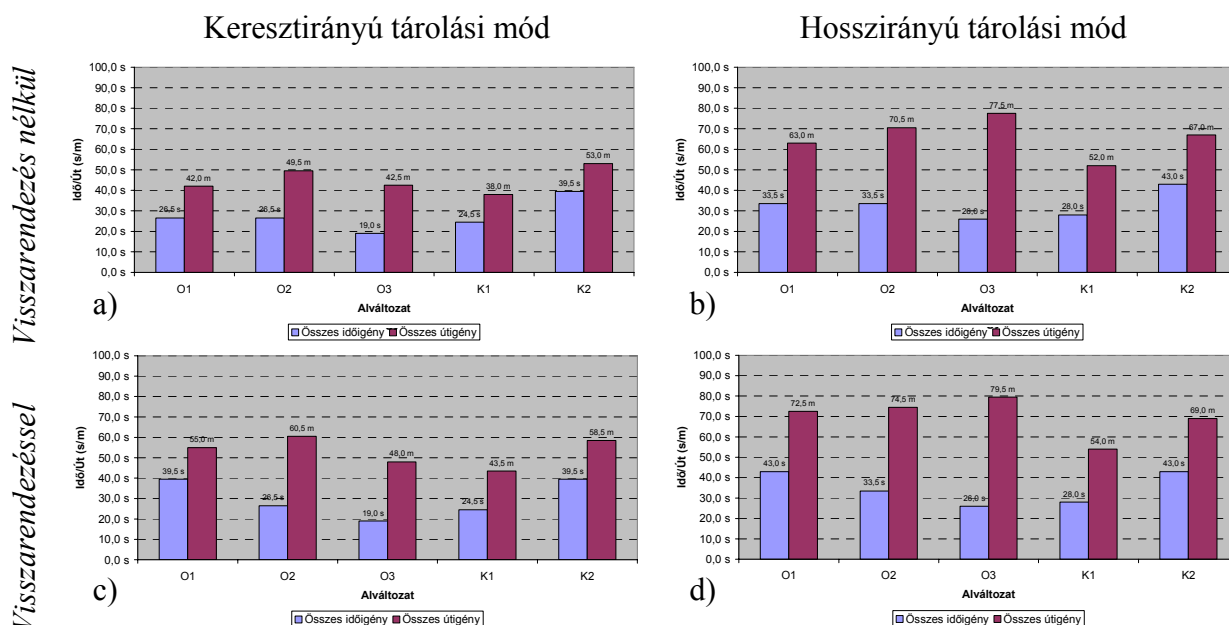
$$s_{Ki}^{NK2O_3} = [3s_x + 13s_y] + s_x + (2s_y)$$

A 72. ábrán bemutatásra kerülnek a két akadályozó paletta esetén alkalmazott diszponálási változatok idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál, melyek összehasonlításakor a következő megállapításokat tehetjük:

- A visszarendezés nélküli esetben:
 - keresztirányú tárolási módnál:
 - az O3-as változat a legkedvezőbb az időigény alapján,
 - útigény alapján a K1-es a legkedvezőbb (az O3-as is a második legkedvezőbb).
 - hosszirányú tárolási módnál:

- az útigény jelentősen megemelkedik a keresztirányú tárolási módhoz képest, itt a K1-es változat lesz a legkedvezőbb,
 - az időigény is emelkedik, de csak kis mértékben, és szintén az O3-as változatnál lesz a legkedvezőbb (de emellett az útigénye a legnagyobb!), és a K1-es időigénye sem jelentősen több.
- A visszarendezéses esetben:
- a visszarendezés miatti útigény-növekedés a keresztirányú tárolási módnál jelentősebb, a hosszirányú tárolási módnál kisebb,
 - az időigénynövekedés viszont csak az O1-es változatnál jelenik meg, tehát a többi változatnál az esetleges visszarendezés nem jár plussz idővel,
 - legkedvezőbb esetek hasonlóan alakulnak a visszarendezés nélküli változathoz.

Célszerű a két jellemző értékét súlyozással együttesen figyelembe venni.



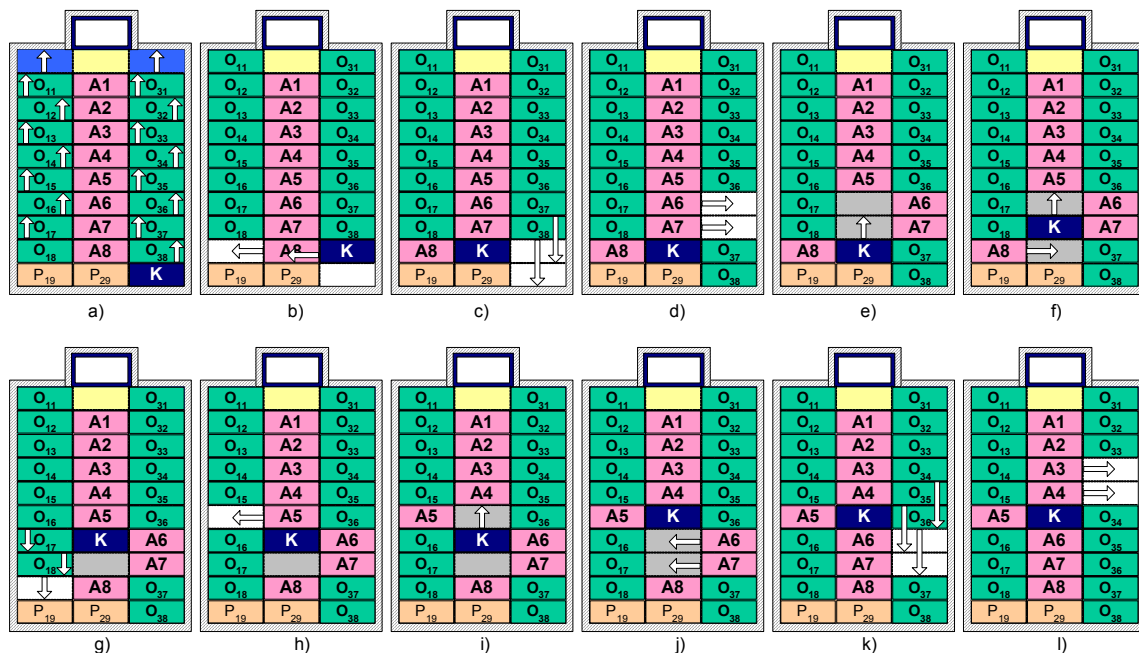
72. ábra

Kitárolás idő- és útigénye 100%-hoz közeli kihasználtságnál két akadályozó paletta esetén

8.4.2.3. Ha kettőnél több akadályozó paletta van a kitárolandó előtt

1. A kitárolandó paletta az előtte elhelyezkedő palettákkal együtt előre lép egy pozíciót. Ezzel párhuzamosan a másik oldalsó sorban a kitárolandó paletta oszlopa előtt egy-egy előrébb álló paletták egy pozíciót előre lépnek. (73/a ábra)
2. Amikor fenti mozgások lezajlottak, a kitárolandó belép a betárolási sorba, a mellette álló A7 jelű paletta pedig átlép az oldalsó sorba. (73/b ábra)
3. Ezzel az O27 és O28 jelű paletták hátra tudnak lépni két pozíciót. (73/c ábra)

4. Ezután az A6 és A7 jelű paletta át tud lépni az oldalsó sorba, hogy utat engedjen a kitárolandó palettának. (73/d ábra)
5. A kitárolandó egy pozíciónyi előre lépésével (73/e ábra) az A8 jelű paletta visszaléphet az eredeti tárolási sorába. (73/f ábra)
6. Ezzel az elhagyott sorban az O06, O07 és O08 jelű paletta hátraléphet (73/g ábra), hogy majdan az A5 jelű paletta oldalra léphessen a kitárolandó elöl. (73/h ábra)
7. A kitárolandó előrelép egy pozíciót. (73/h ábra)
8. Majd mögötte az A6 és A7 jelű akadályozó paletták visszalépnek a középső sorba. (73/j ábra).
9. Az O04, O05 és O06 jelű paletta hátraléphet (73/k ábra), hasonlóan a 3. lépéshez (73/d ábra). Így a 3. ponttól kezdve ismétlődnek a ciklusok, míg a kitárolandó eljut a kitárolási oszlopba.
10. A kitárolás a 8.2.1-es alfejezet 1. lépésében leírt módon fejeződik be.



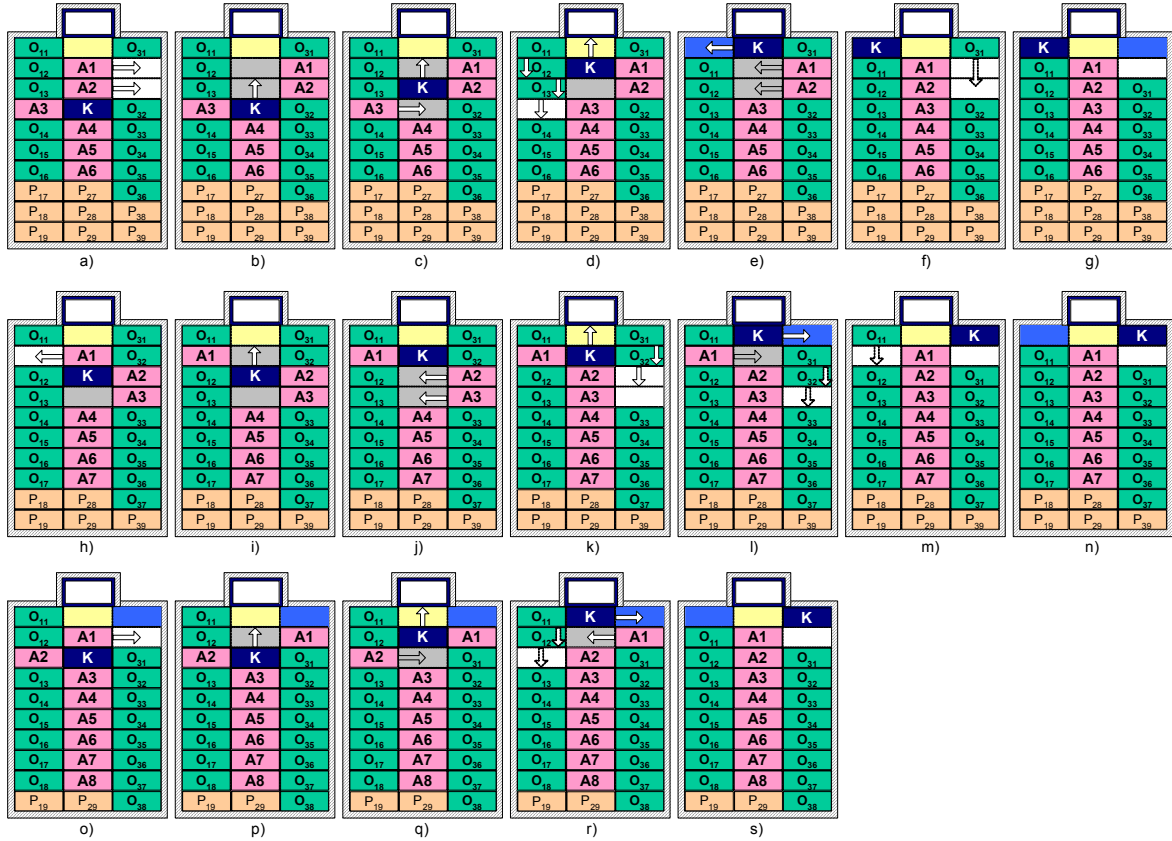
73. ábra

Kitárolás oldalsó sorból kettőnél több akadályozó paletta esetén

A 73. ábra bemutatja kettőnél több akadályozó paletta esetén alkalmazott kitárolási stratégiákat megvalósító mozgássorozatot. Ez alapján meghatározható a közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazható betárolási stratégia maximális idő- és útigénye.

Az akadályozó paletták száma szerint 3 osztályba sorolhatók a kitároláshoz való előrehozatal mozgásváltozatai. (68. ábra) Erre azért van szükség, mert a mozgások során kitárolandó által szabadon hagyott cella is felhasználásra kerül, ezáltal kétféle ciklus jelenik

meg az algoritmusban, egyikben csak egy akadályozó paletta kerül kikerülésre, a másikban kettő. Emiatt a mozgások másképpen fejeződnek be, ha az akadályozó paletták száma $3k, k \in \mathbb{Z}^+, 3k+1, k \in \mathbb{Z}^+,$ vagy $3k+2, k \in \mathbb{Z}^+$ alakú lehet. Az egyes befejező mozgásváltozatokat a 74. ábra mutatja be.



74. ábra

Kitárolás oldalsó sorból kettőnél több akadályozó paletta esetén

A becsült legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás kettőnél több akadályozó paletta esetén maximális alapterület-kihasználás mellett:

$$t_{Ki}^{NKn} = t_I^n + n_{C_A}^n \cdot t_A^n + n_{C_B}^n \cdot t_B^n + S_F^n, \quad (149)$$

$$s_{Ki}^{NKn} = s_I^n + n_{C_A}^n \cdot s_A^n + n_{C_B}^n \cdot s_B^n + S_F^n, \quad (150)$$

ahol:	Kezdeti lépés (/a-/c)	„A” típusú ciklus (/d-/g)	„B” típusú ciklus (/h-/k)
Időigény	$t_I^n = t_y$	$t_{C_A}^n = 2t_x + 3t_y$	$t_{C_B}^n = 2t_x + 2t_y$
Útigény	$s_I^n = (2n_A - 1)s_y$	$s_A^n = 4s_x + 7s_y$	$s_B^n = 2s_x + 5s_y$
Ciklusszám	1	$n_{C_A}^n = \left(\frac{n_A + 1}{3} \right)_{Entier}$	$n_{C_B}^n = \left(\frac{n_A - 3}{3} \right)_{Entier}$

illetve a befejező rendezések:

$$\text{időigénye: } t_F^n = \begin{cases} \left\lceil 2t_x + t_y \right\rceil + (2t_y), & \text{ha } n_A = 3k; \\ t_x + t_y + \max(t_x + (t_y), (t_y)), & \text{ha } n_A = 3k + 1, \\ t_x + t_y, & \text{ha } n_A = 3k + 2, \text{ ahol } k \in \mathbb{Z}^+, \end{cases} \quad (151)$$

$$\text{és útigénye: } s_F^n = \begin{cases} \left\lceil 2s_x + 5s_y \right\rceil + 2s_x + (2s_y), & \text{ha } n_A = 3k; \\ \left\lceil 3s_x + 3s_y \right\rceil + s_x + (2s_y) + (s_y), & \text{ha } n_A = 3k + 1, \\ \left\lceil s_x + s_y \right\rceil + 2s_x + (s_x + 2s_y), & \text{ha } n_A = 3k + 2, \text{ ahol } k \in \mathbb{Z}^+. \end{cases} \quad (152)$$

(151)-t és (152)-t a (150)-be írva az alábbiakat kapjuk max. alapterület-kihasználásnál a közel 100%-os kihasználtságú kitárolási stratégiára kettőnél több akadályozó esetre:

$$t_{Ki}^{NKn} = t_y + \left(\frac{n_A + 1}{3} \right)_{Entier} \cdot (2s_x + 2s_y) + \left(\frac{n_A - 3}{3} \right)_{Entier} \cdot (2s_x + 3s_y) + \begin{cases} \left\lceil 2t_x + t_y \right\rceil + (2t_y), & \text{ha } n_A = 3k, \\ t_x + t_y + \max(t_x + (t_y), (t_y)), & \text{ha } n_A = 3k + 1, \\ t_x + t_y, & \text{ha } n_A = 3k + 2, \text{ ahol } k \in \mathbb{Z}^+. \end{cases} \quad (153)$$

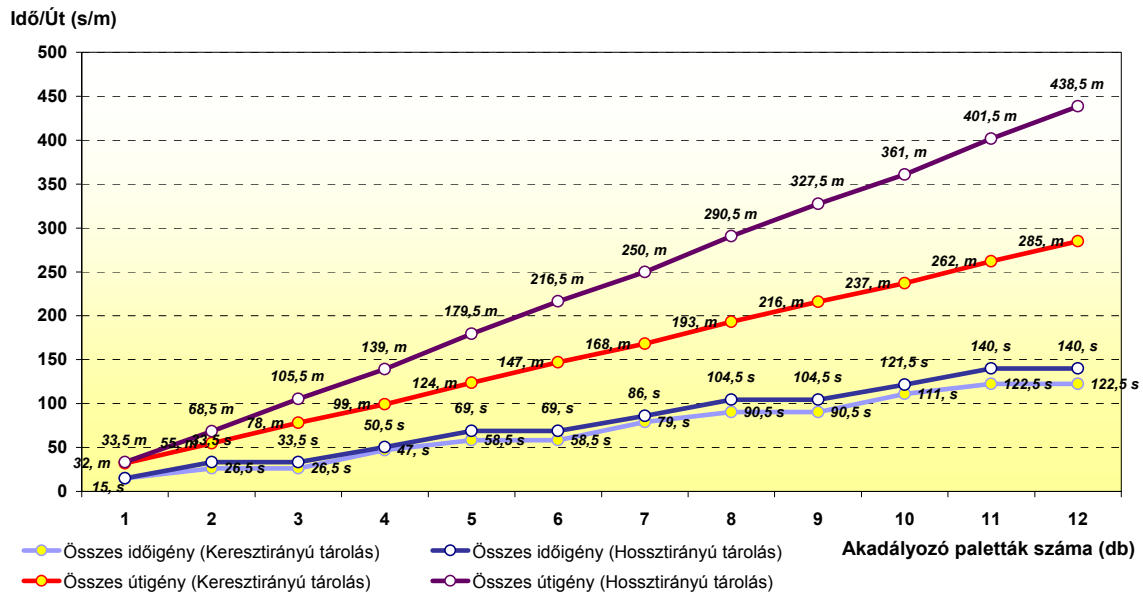
$$s_{Ki}^{NKn} = (2n_A - 1)s_y + \left(\frac{n_A + 1}{3} \right)_{Entier} \cdot (4s_x + 7s_y) + \left(\frac{n_A - 3}{3} \right)_{Entier} \cdot (2s_x + 5s_y) + \begin{cases} \left\lceil 2s_x + 5s_y \right\rceil + 2s_x + (2s_y), & \text{ha } n_A = 3k; \\ \left\lceil 3s_x + 3s_y \right\rceil + s_x + (2s_y) + (s_y), & \text{ha } n_A = 3k + 1, \\ \left\lceil s_x + s_y \right\rceil + 2s_x + (s_x + 2s_y), & \text{ha } n_A = 3k + 2, \text{ ahol } k \in \mathbb{Z}^+. \end{cases} \quad (154)$$

A következő ábrákon bemutatásra kerülnek stratégia idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál visszarendezéses esetben. Az ehhez használt alapadatok megegyeznek a betárolás idő- és útigényénél használt értékekkel.

A 75. ábra alapján megállapítható, hogy az idő- és útigény függvényei közel lineárisan emelkednek az akadályozó paletták számának növekedésével. A lineáristól való eltérést a befejező mozgások eltérései okozzák. Az időfüggvények a két tárolási mód esetén közel azonosak, az eltérés 10 % körül mozog. Az útfüggvény keresztirányú tárolás esetén körül-belül kétszer nagyobb meredekséggel emelkedik, hosszirányú tárolás esetén viszont már körül-belül háromszor nagyobb az emelkedés az időfüggvényekhez képest. A keresztirányú tárolás útigényének függvényéhez képest közel 50%-kal nagyobb a hosszirányú tárolás útigényének függvénye. A függvények alapján a magas kihasználtság esetre kidolgozott kitárolási stratégia alkalmazásának a keresztirányú tárolási mód a kedvezőbb.

Fontos még megjegyezni, a függvények nemcsak az akadályozó paletták számának függvényében adják meg a választ a maximális idő- és útigények alakulására vonatkozóan, hanem a tárolószint mélységének függvényében is, mert ez meghatározza az akadályozó paletták maximális számát is: $n_A = n - 2$.

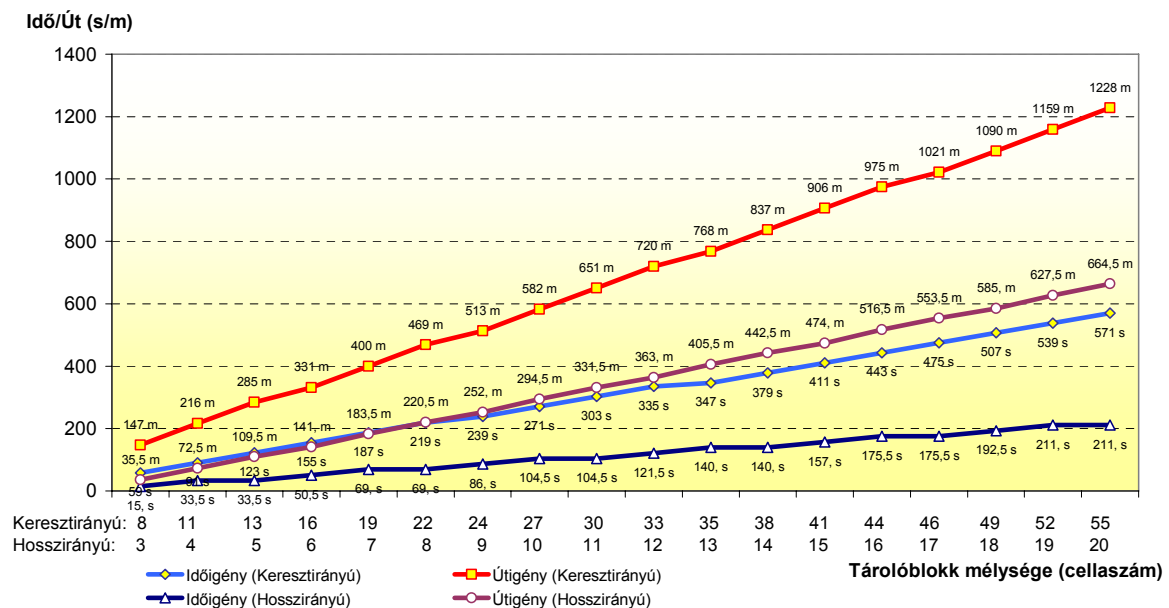
(155)



75. ábra

Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott diszponálási stratégia idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében

A kereszt- és hosszirányú palettatárolási módok esetén jelentkező maximális idő- és útigény összehasonlítása során egy adott hosszúságú blokkban adott számú hosszirányban elrendezett tárolócella helyén keresztirányban elhelyezhető tárolócellák számát a 6. táblázat foglalja össze. A 76. ábra bemutatja egy adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigényt a kitarolandó felvonóhoz történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében.



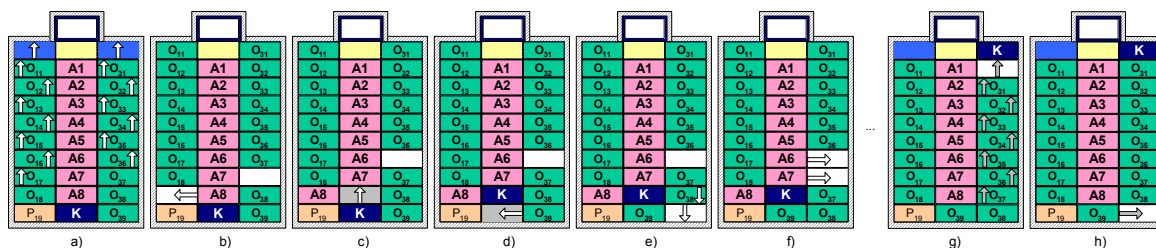
76. ábra

Kitárolandó felvonóhoz történő mozgatásának maximális idő- és útigény a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott stratégiánál

Ez alapján megállapítható, hogy a 100%-hoz közeli kihasználtság esetén alkalmazható stratégia betárolás utáni rendezése hosszirányú tárolási módnál időben és összes elmozdulásban is kedvezőbb a keresztirányú palettaelhelyezéshez képest. A hosszirányú elrendezésnél az időigény, illetve útigény is a keresztirányúnak kezdetben mintegy 25%-a, amely a tárolóblokk mélységének növekedésével növekszik, az időigénynél kisebb mértékben, az útigénynél nagyobb mértékben, mely az 50%-ot is átlépi.

A jelentős eltérés a hosszirányú tárolás javára abból fakad, hogy keresztirányú tárolásnál jóval nagyobb számú tárolócella van elhelyezve a tárolóblokk hosszirányában, mely arányos az akadályozó paletták számával, de a betárolás utáni rendezéshez képest az időigények az útigényekhez képest jóval, mintegy 50%-kal alacsonyabbak.

Ha a kitárolandó a középső tároló sorban van, akkor is alkalmazható a fenti stratégia, az eltérés csak az első néhány ciklusban van, melyek során a kitárolandó által szabadon hagyott cellát elfoglalja valamely oldalsó sor azon palettája, mely a kitárolandó eredeti helyével azonos oszlopban áll. Ezzel előáll a kitárolandó oldalsó sorból való kihozatalának 3. lépése utáni állapot (73/d ábra) kettőnél több akadályozó paletta esetére. (74/f ábra)



77. ábra

Kitárolandó paletta kihozatalának első négy lépése, valamint szükség esetén visszarendező lépései a blokk középső sorából kettőnél több akadályozó paletta esetén

Az oldalsó sort, amelyből a paletta a kitárolandó helyét elfoglalja, úgy kell megválasztani, hogy a tárolási idő szerinti rendezettség lehetőleg ne romoljon el. Amennyiben egyik oldalsó sor sem teljesíti a feltételt, a kitárolandó előrehozatalának befejeződése után annak eredeti helyét elfoglaló palettát vissza kell mozgatni eredeti sorába (77/h ábra), melyhez a sorban lévő palettáknak a visszatérő számára cellát felszabadítandó előre felé kell lépniük. (77/g ábra) Megjegyzés: Erre a részleges rendezési stratégia esetén nincs szükség, mivel a betárolási sorban nincsenek rendezve a paletták.

Becsült legnagyobb műveleti idő és összes elmozdulás eltérése, ha a kitárolandó paletta a blokk középső sorából kerül kihozatalra kettőnél több akadályozó paletta esetén:

$$\Delta t_{Ki}^{NKn} = [t_x] + t_x + t_y, \quad (156)$$

$$\Delta s_{Ki}^{NKn} = \left[-3s_y \right] + s_x + n_A s_y. \quad (157)$$

Vagyis ennyivel több idővel, illetve elmozdulással jár, ha a kitárolandó paletta a blokk középső sorából, nem pedig oldalsó sorából kerül kihozatalra.

9. PARKOLÓHÁZAK IRÁNYÍTÁSI RENDSZERE, INFORMÁCIÓÁRAMLÁSA

Egy többszintes, tömbös tárolóterű parkolóház optimális és zavartalan működése csak számítógépes irányítás segítségével oldható meg, mely képes a szükséges információk gyűjtésére, tárolására, feldolgozására, kapcsolódó rendszerekkel történő kapcsolattartásra.

9.1. Az irányítási rendszer feladatai

A rendszerben tárolt és mozgatott gépkocsik és adatainak nyilvántartása:

- gépkocsivezető azonosítója: beléptetés végén átadott kódhordozón szereplő azonosító,
- gépkocsi rendszáma, fényképe,
- gépkocsi beérkezésének és várható kitárolás időpontja,
- gépkocsi méretei és súlya,

A logisztikai rendszer működésének irányítása:

- gépkocsik be- és kiléptetésének irányítása,
- gépkocsik betárolása és igény szerinti kitárolásának vezérlése,
- gépkocsik tárolószinten való mozgatásának irányítása,
- manipulációs és jelzőberendezések vezérlése,
- információk gyűjtése és megfelelő helyre való juttatása,
- forgalmi és üzemeltetési statisztikák előállítása és tárolása.

Kapcsolattartás a városi logisztikai információs rendszerrel:

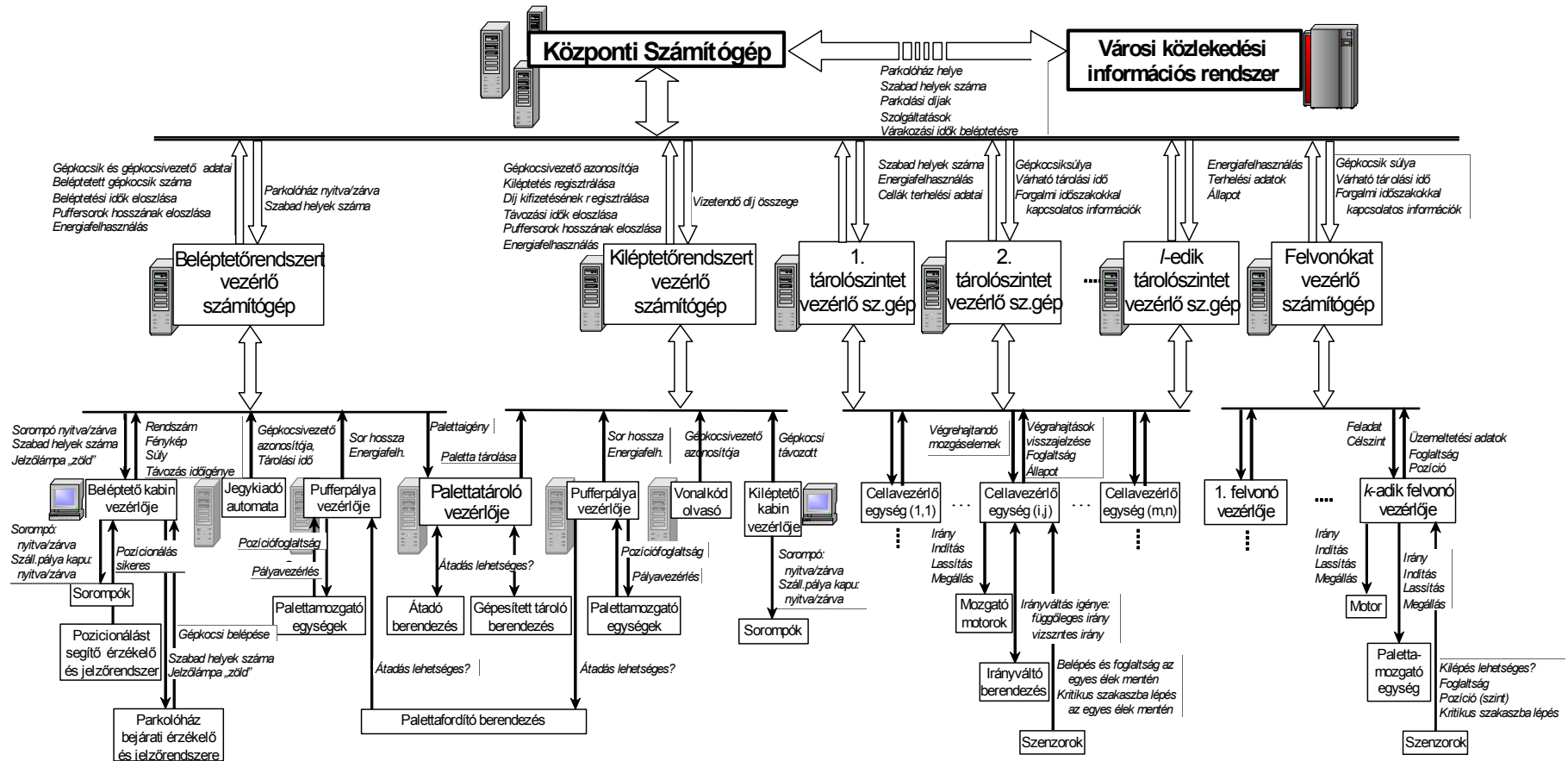
- a parkolóház állapotával kapcsolatos információk, forgalmi statisztikák átadása,
- forgalmi viszonyokkal kapcsolatos információk, előrejelzések fogadása, feldolgozása.

9.2. Az irányítási rendszer struktúrája

Az utóbbi évek technikai fejlődése nyomán a jelenleg az iparban alkalmazott vezérlő, irányító számítógépes intelligenciák teljesítménye alkalmasak arra, hogy egy adott típusú parkolórendszer minden alrendszerének irányítását egymagukban teljesen megoldják. A tömbös tárolású parkolórendszereknél azonban célszerű a centralizált irányítási rendszer helyett hierarchikus irányítási rendszer alkalmazása az alábbiak miatt:

- a tárolószintenkénti palettamozgató egységek nagy száma miatt,
- üzembiztonsági szempontból,
- a palettamozgató rendszer moduláris felépítéséhez való igazodás céljából.

Így a számítógépes irányítás bonyolultsága miatt a hardvert és annak feladatait hierarchikus struktúrába kell szervezni, és osztott intelligenciás irányítási rendszert kell létrehozni. Ennek egy jellegzetes változatát a 78. ábra tartalmazza:



78. ábra

Automatizált parkolórendszerek számítógépes irányításának hierarchikus felépítése és információáramlása

9.3. Az irányítási rendszer elemei

9.3.1. Központi számítógép

Ez az egység átfogja az egész rendszer működését. Nagyméretű adatbázist kezel, feladatainak nagy részét a tárolt adatokon hajtja végre. Feladata nem a részegységek irányítása, hanem a parkolórendszerben a működtetéshez gyűjtendő adatok fogadása, tárolása és feldolgozása, a működési paraméterek folyamatos igazítása a forgalmi viszonyokhoz, kontrolling információk előállítása, illetve továbbítása a részegységek felé:

- Gyűjti és tárolja a rendszer állapotával és üzemeltetésével kapcsolatos adatokat.
- Feldolgozza és különböző statisztikákat, eloszlásokat készít – melyeket egyben tárol is:
 - a logisztikai menedzsment részére,
 - a re-engineering részre,
 - az operatív irányítás részére.
- Az operatív irányítás részére a rendszer működésével kapcsolatban előállított statisztikák alapján kiválasztja az egyes időszakokban alkalmazandó irányítási stratégiákat, illetve folyamatosan korrigálja azok paramétereit.
- Kapcsolatot tart a városi közlekedési információs és irányító rendszerrel:
 - információkat kap a pillanatnyi és a várható forgalmi viszonyokról,
 - továbbítja a parkolóház állapotával kapcsolatos információkat:
 - a parkolóház kihasználtságáról, szabad helyek számáról,
 - aktuális tarifákról,
 - várható várakozási időkről beléptetésre, illetve kiléptetésre.

9.3.2. Beléptető rendszert vezérlő számítógép

A beléptetés zökkenőmentes végrehajtásáért és a keletkező adatok gyűjtéséért és továbbításáért felelős. Feladatai:

- Irányítja a bejárat kapukat, sorompókat, és érvényesíti az adott időszakra előírt diszponálási stratégiákat a bejáratánál működő kapuk és jelzőrendszer segítségével.
- Információt gyűjt:
 - a jegykiadó automataktól a gépkocsivezető azonosítóját,
 - rendszámfelismerő kamerától a belépő gépkocsi rendszámát,
 - a belső szállítópályáktól a foglaltságukat,
 - beléptető kabinoktól a beléptetés időtartamát, a gépkocsi méreteit, tömegét.
- Kapcsolatot tart a beléptető rendszerhez kapcsolódó felvonók irányító számítógépével.

9.3.3. Kiléptető rendszert vezérlő számítógép

A kitárolásra kerülő járművek kitárolásáért felelős. Feladatai:

- Diszponálja a kitárolási feladatot.
- Információt továbbít és fogad a kiléptetés folyamatáról a kiléptető kabin felé és a gépkocsivezetőt azonosító fizető automata felé:
 - gépkocsivezető azonosítója,
 - gépkocsivezető által fizetendő díj,
 - a gépkocsi menyik kabinnál vehető át,
 - várható kitárolási idő.
- Kapcsolatot tart a beléptető rendszerhez kapcsolódó felvonók irányító számítógépével.

9.3.4. Felvonókat vezérlő számítógép

A felvonók vezérléséért, azok irányításában hozandó döntésekért felelős, melyet az aktuális időszakban a központi számítógép által kijelölt stratégiák érvényesítésével végez. A felvonók mozgatása a be- és kitárolási feladatokra való igény szerint történik. Információkat gyűjt és továbbít a felettes szintnek a felvonók üzemeltetésével kapcsolatban:

- Kihasználtsági adatok:
 - üres/rakott járatok idői,
 - várakozási idői.
- Gazdaságossági adatok:
 - energiafelhasználás,
 - üresjáratok utak.
- Emellett feladata a felvonóba telepített palettamozgató és esetleg fordító berendezések vezérlése, melyet az adott tárolószint vagy a be- és kiléptetési szint szállító-tároló pályáját vezérlő számítógéppel össze kell hangolni. Ehhez kapcsolatot tart a be- és kiléptető rendszereket irányító számítógépekkel.

9.3.5. Tárolószinteket vezérlő számítógépek

Mivel a tárolórendszer egyben szállítórendszer is, ezek összehangolt irányítását közvetlenül a szintvezérlő számítógépek végzik, melyekből szintenként egy-egy található.

Ezek a számítógépek adják ki a mozgatásra a parancsokat az egyes cellavezérlő egységeknek a cellák állapota és a mozgatás kezdő- és végállapota szerint. A mozgások az adott időszakra a központi számítógép által kijelölt diszponálási stratégiák érvényesítése mellett történnek, és, folyhatnak egymással időben párhuzamosan, ha lehetőség van rá.

A szintvezérlő számítógépek követik az egyes paletták mozgását, a rendszer folyamatosan tudja, hogy hol tartózkodik egy adott gépkocsi, így nincs szükség követő- vagy leolvasó eszközök alkalmazására.

Emellett gyűjti a tárolószint üzemeltetésével kapcsolatos információkat, és továbbítja előfeldolgozás után a felettes szintnek:

- az energiafelhasználásról,
- a kihasználtságról,
- az egyes palettamozgató egységek terheléséről.

9.4. Az irányításhoz szükséges kódok, adatok, bevitelük helye és eszközei

A 6. táblázat tartalmazza azon adatokat, melyek a rendszer megfelelő működéséhez szükségesek mind az irányítási rendszer számára, mind a gépkocsivezetők számára. Az első két oszlop a rendszer által igényelt adatokat és bevitelük, illetve leolvasásuk forráshelyét tartalmazza, a második két oszlop pedig a gépkocsivezetők részére nyújtott információkat és megjelenésük, átadásuk helyét. Ez utóbbiak a gyors és zökkenőmentes be- és kiléptetéshez szükségesek, mely elengedhetetlen a rendszer zavartalan működéséhez. A táblázatban szereplő információk forrásai az irányítási rendszer alsó szintjén vannak, de az információáramlásban szükség esetén magasabb szintekre is eljut.

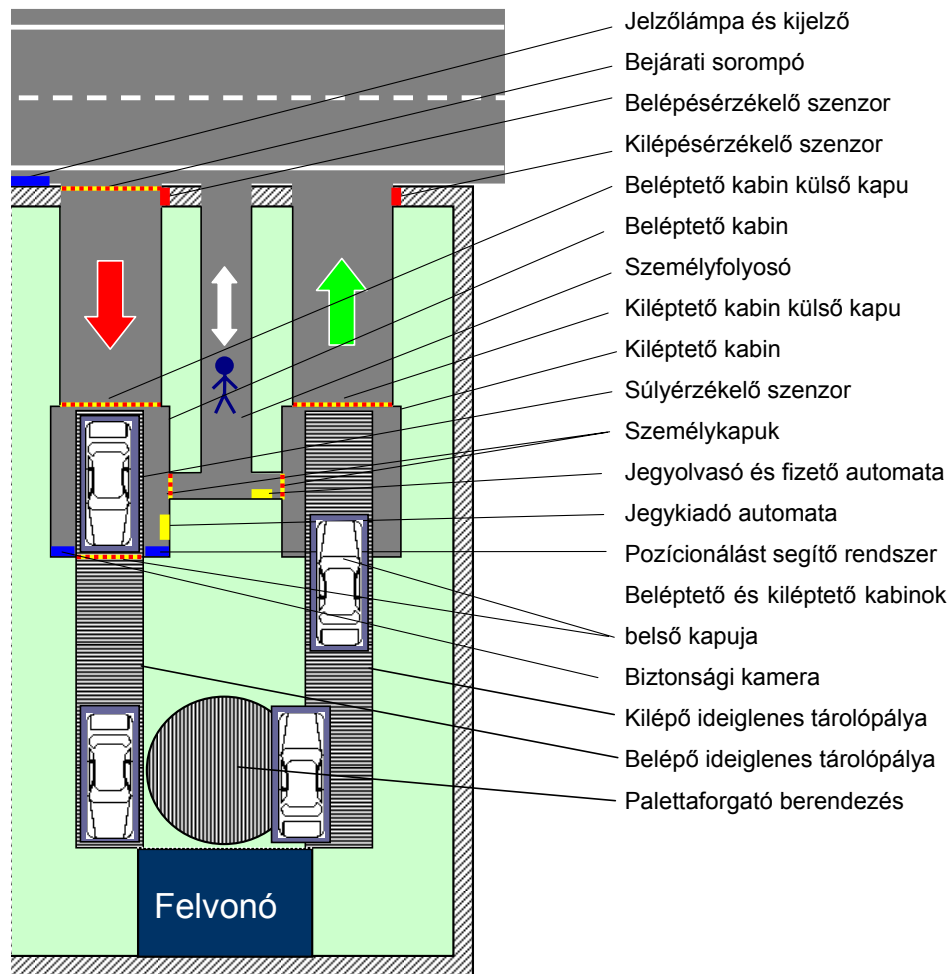


6. táblázat

Információ a rendszernek	Bevitel helye	Információ a gépkocsivezetőnek	Kivitel helye
Beléptető kapunál (Parkolóház bejáratánál)			
Gépkocsi belépésének érzékelése	Fotocella	Szabad-e a belépés?	Bejárat sorompó
		Szabad helyek száma	7-segmenses kijelző
		Melyik beléptető kabinhoz álljon?	Jelzőlámpa
Beléptető kabinban			
Üres paletta érzékelése	Szenzor		
Gépkocsi belépésének érzékelése	Fotocella	Gépkocsi belépésének engedélyezése	Beléptető sorompó
Gépkocsi helyes pozíciójának érzékelése	Lézeres/Ultrahangos érzékelő	Pozícionálást segítő jelzőrendszer	Jelzőlámpák
Rendszám felismerése	Rendszámfelismerő rendszer	Rendszám	
Gépkocsi lefényképezése	Digitális CCD kamera		
Gépkocsi tömegének mérése	Beépített tehermérleg	Megfelelt?	
Várható parkolási idő megadása	Jegykiadó automata	Gépkocsivezető azonosítójának kiadása (Parkolójegy)	Jegykiadó automata
Gépkocsivezető távozásának érzékelése	Személykapun levő érzékelő	GK. vezető távozásának engedélyezése	Személykapu
Pufferpályán			
Pozíciók foglaltságának érzékelése	Palettamozgató berendezésen		
Palettaátadás lehetőségének érzékelése	Palettamozgató berendezésen		
Palettafordító berendezésen			
Fordítási pozíció érzékelése	Szenzorok		
Palettaátadás lehetőségének érzékelése	Palettamozgató berendezésen		
Felvonóban			
Szint és kritikus szakasz érzékelése	Felvonó szerelvényen		
Paletta belépésének érzékelése	Palettamozgató berendezésen		
Paletta kilépésének érzékelése	Palettamozgató berendezésen		
Tárolócellán			
Paletta be/kilépésének érzékelése	Szenzorok (a cella minden élénél)		
Mozgás során kritikus szakasz érzékelése	Szenzorok (a cella minden élénél)		
Kiléptető kabinban			
Gépkocsivezető azonosítása	Jegyolvasó	GK. vezető belépésének engedélyezése	Személykapu
Gépkocsi távozásának érzékelése	Fotocella		

A be- és kiléptető rendszerben elhelyezett adatgyűjtő berendezések helyét a 79. ábra mutatja be. A be- és kiléptető rendszerek a be- és kimenő forgalmat szabályozzák és adminisztrálják. A bejáratú sorompó szabályozza a gépkocsik belépését a parkolórendszer szabad tárolóhelyeinek száma, valamint belépési várakozó útszakasz telítettsége szerint.

A beléptető kabin kapuja megakadályozza a beléptető kabinba való behajtást a beléptető kabin palettamozgató berendezéseinek működése alatt, és a még beléptetésre várakozó autóhoz kívülről való hozzáférést.



79. ábra

A be- és kiléptető szint elemei és szenzorai, kapui

A beléptető kabinban a gépjármű beléptetésénél a rendszer ellenőrzi annak paramétereit (rendszer, súly, külméterek) és felügyeli a gépkocsi palettára pozicionálását, hogy az szállításra alkalmas legyen. Ezután a gépkocsivezető megadja a szükséges adatokat (pl.: becsült parkolási idő) a jegykiadó automata terminálja segítségével, majd megkapja a parkolókártyát és távozik a személykapun keresztül, melyet a rendszer szintén ellenőriz. A rendszer rögzíti a gépjármű rendszámát, ami azért szükséges, hogy a gépkocsi tárolási he-

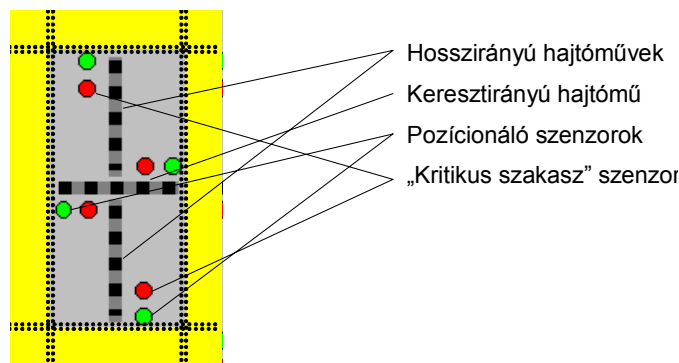
lye parkolókártya nélkül is kikereshető legyen a bemutatott forgalmi engedélyben szereplő rendszám alapján, ha a kártya elveszne. Ezután kezdődhet meg a gépi betárolás. Ennek első lépése a beléptető kabin belső kapujának – szállítópálya kapu – nyitása, melynek célja a gépkocsivezető szállítótérbe történő bejutásának megakadályozása.

Kiléptetésnél a gépkocsivezető sorban állás után azonosítja magát a fizető automatánál parkolókárttyája segítségével és kiegyenlíti a parkolási díjat készpénzzel vagy elektronikus úton. Ezután kezdődhet meg a gépjármű kihozatala a tárolótérből a kiléptető kabin szállítópályára. Itt várakozik, amíg a kiléptető kabin fel nem szabadul a megelőző kitárolások alól. A kiléptetés kezdetekor kiléptető kabin külső és belső kapuja is zárva van. A külső kapu megakadályozza az idegenek gépkocsihoz való hozzáférését, a belső kapu pedig a gépkocsivezető szállítótérbe való bejutását. Amikor kiléptetendő gépkocsi megérkezik az üres kiléptető kabinhoz, a belső kapu kinyílik, és a gépkocsi a szállítópályáról a kiléptető kabinba kerül. Ezután a belső kapu bezáródik, majd a személykapu kinyílik, így a gépkocsivezető beléphet a kabinba. A személykapu csukódása után, melyet a rendszer ellenőriz, kinyílik a kiléptető kabin külső kapuja és a gépkocsivezető kihajthat a parkolóházból.

A bemeneti és kimeneti szállítópályák a vezetőnélküli gépkocsit mozgatják a beléptető, kiléptető kabinok és a felvonók között. Foglaltságukat a rendszer a nyomköveti. Vezérlésük a szállító-tároló cellához hasonlóan elhelyezett szenzorok segítségével történik.

A felvonók vezérlését annak gyártója alakítja ki, így ezzel részletesen nem, csak a vele szemben támasztott követelményekkel foglalkozunk. A felvonókba palettaátadó berendezések is működnek, melyek vezérlését szintén ki kell alakítani.

A be- és kiléptető rendszerben vagy felvonókban elhelyezett palettafordító berendezések forgása és a rajtuk elhelyezett palettamozgató egységek vezérlése szintén pozicionáló szenzorok segítségével történik.



80. ábra

A tároló cellák egy lehetséges kialakítása és szenzorai

A tömbös tárolótérbe telepített tároló cellák palettamozgató egységeinek vezérlése pozicionáló szenzorok segítségével történik, melyek jelzik, hogy a tároló-szállító cellán van-e paletta és az hogyan helyezkedik el. (80. ábra)

9.5. Milyen adatok gyűjtése szükséges és lehetséges és hogyan használhatók fel a rendszer működésének optimalizálásához?

Az automatizált parkolórendszerek számítógépes irányításúak, így működésükhöz elengedhetetlen számos információ automatikus gyűjtése. Ezek csoportjai a gépkocsik tulajdonságaira, az azokkal kapcsolatos forgalmi információkra, valamint a rendszerrel kapcsolatos üzemeltetési információkra terjed ki, melyek nagy része közvetlenül az operatív (nem stratégiai) irányításban is szükséges, ezért kiegészítő adatgyűjtő eszközök és berendezések telepítését nem igényli.

A 7. táblázat összefoglalja az automatizált parkolórendszerekben gyűjthető adatok típusait az adatgyűjtő eszköz és az adat felhasználásának helye szerint.

7. táblázat

Gyűjtendő információk	Gyűjtés eszköze	Felhasználás helye			
		Rendszer működtetése	Forgalmi statisztikák	Teljesítőképességi statisztikák	Tervszerű megelőző karbantartás
Beérkező gépkocsi beérkezési időpontja	Rendszervező számítógép	●	●		
Gépkocsivezető által becsült parkolási időtartam	Beléptető terminál	●	●		
Tárolt gépkocsi kikérésének időpontja	Kiléptető terminál	●	●		
Beérkező gépkocsi tömege	Súlyellenőrző berendezés	●	●		●
Beérkező gépkocsi külméretei	Szenzorok	●	●		
Gépkocsivezetők várakozási idői beléptetésre	Szenzoros kapuk	●		●	
Gépkocsivezetők várakozási idői kiléptetésre	Rendszervező számítógép	●		●	
Beléptetési és kiléptetési idők	Rendszervező számítógép			●	
Betárolási és kitárolási idők	Rendszervező számítógép			●	
Műveletek során történő gyorsítások, lassítások és elmozdulások száma	Rendszervező számítógép			●	●
Gépkocsik rendszáma	Rendszámléolvasó kamera	●			

9.5.1. A gépkocsikkal kapcsolatosan gyűjtendő adatok köre

A gépkocsikkal kapcsolatosan három főbb adatsort gyűjtendő:

- Beérkezési, becsült parkolási és kikérési idők, melyek alapján történik a díjfizetés és a gépkocsi mozgatása a beléptető kabinból a tárolószintre, a tárolószinten belül, illetve onnan a kiléptető kabinba. Ezekből forgalmi és kihasználtsági statisztikák készíthetők, melyek jellemzik a parkolórendszer forgalmi viszonyait is.
- Gépkocsi külméretei és tömege, melyet a beléptetésnél ellenőriz a rendszer a maximális értékeket átlépő gépkocsik kiszűrése végett.
- Gépkocsi rendszáma, mely alapján a parkolójegy elhagyása esetén is azonosítható a gépkocsi a megfelelő okmányok (forgalmi engedély) felmutatása mellett.

9.5.2. A rendszer teljesítőképességével kapcsolatosan gyűjthető adatok köre

A gyűjthető adatok másik köre a rendszerre és annak teljesítőképességére terjed ki:

- Be- és kitárolási idők, melyekből teljesítőképességi statisztikák készíthetők.
- Gépkocsivezetők várakozási ideje beléptetésre, illetve kiléptetésre, melyek visszajelzést adnak a rendszer és annak diszponálási stratégiáinak hatékonyságáról.
- Gépkocsivezetők beléptetési és kiléptetési ideje, mely visszajelzést ad a be- és kiléptető kabinok felhasználóbarát kialakításáról és használhatóságának nehézségéről.
- Műveletek során történő mozgások úthosszai, melyek a fajlagos működési költségeket befolyásolják.

9.5.3. A gyűjtött adatok feldolgozása

A gyűjtött adatokból statisztikai módszerekkel eloszlásfüggvényeket készítünk, valamint meghatározzuk az adott időszakra az adott mérőszám várható értékét és szórását. Ennek során fontos, hogy hányféle vizsgálati időszakot választunk és mekkora ezek nagysága, és bennük mekkora értékosztályokat határozunk meg. Fontos még rögzíteni, hogy a határra eső értékek melyik osztályba kerüljenek.

Általában egy napos vizsgálati időszakokat alkalmazunk, melyeket az alábbi módon lehet csoportosítani:

- heti első munkanap,
- heti utolsó munkanap,
- speciális munkanap,
- munkaszüneti nap,
- ünnepnap.

Amennyiben a napos vizsgálati intervallumok nem adnak elegendő információt az adott mérőszám alakulásának jellegzetességeiről, akkor a vizsgálati intervallumot tovább bontjuk reggeli, délelőtti, déli, délutáni, esti, illetve éjszakai időszakokra.

A rendszer által gyűjtött hisztorikus adatok több módon is felhasználhatók a rendszer hatékonyabb működtetéséhez.

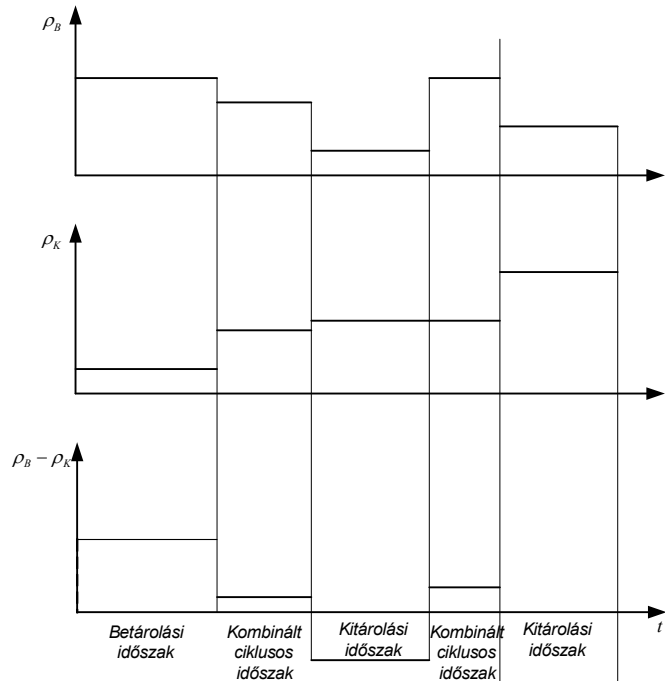
A forgalmi statisztikák alapján egyrészt különböző rugalmas tarifa-időszakok alakíthatók ki [88], melyekkel növelhető a rendszer kihasználtsága alacsony forgalmú időszakokban, illetve növelhető a bevétel a magas kihasználtságú időszakokban, valamint mérsékelhető a közlekedési környezet járműforgalma. Emellett lehetőség nyílik alacsony forgalmi időszakokban a rendszer egyes blokkjainak leállítására elfogadott szintű teljesítőképesség fenntartása mellett, mellyel felügyeleti és működési költségek takaríthatók meg. Másrészt a forgalmi statisztikák felhasználhatók a tervszerű megelőző karbantartások optimális ütemezéséhez, a karbantartás működési statisztikák alapján történő ütemezése összehangolható az alacsony forgalmi intenzitású és/vagy alacsony kihasználtságú időszakokkal, csökkentve így a bevételkiesést és a gépkocsivezetők leállás miatti elégedetlenségét.

A teljesítőképességgel kapcsolatos adatok és statisztikák szintén a tervszerű megelőző karbantartás optimális ütemezését segítik, valamint visszajelzést adnak a rendszer és annak irányítási stratégiáinak hatékonyságáról, valamint felhasználók általi használhatóságáról. Emellett felhasználandók a rendszer egyes blokkjainak alacsony forgalom miatti leállításánál az elfogadott szintű teljesítőképesség fenntartásához.

9.5.4. Példák a gyűjtött adatok felhasználására

9.5.4.1. Felvonók feladatai kiszolgálási sorrendjének meghatározása a beléptetésre és kiléptetésre várakozó gépkocsivezetők számának várható értéke alapján

A beléptetésre és a kiléptetésre várakozó gépkocsivezetők számának várható értéke alapján különböző forgalmi időszakokat határozhatunk meg:



ahol:

ρ_B : beléptetésre várakozó gépkocsivezetők számának várható értéke,

ρ_K : kiléptetésre várakozó gépkocsivezetők számának várható értéke.

Diszponálási stratégiák az egyes forgalmi időszakokban:

- Betárolási időszakban: a betárolások közé beiktathatók kitárolási műveletek,
- Kitárolási időszakban a kitárolások közé betárolást kell beiktatni;
- Kombinált ciklusos időszakban: minden betárolást egy kitárolási feladat követ.

9.5.4.2. Felvonók várakozási helyének meghatározása a beléptetésre és kiléptetésre várakozó gépkocsivezetők számának várható értéke alapján

Hasonlóan az előzőekhez a gépkocsik beérkezési és kilépési rátája várható értékének aránya alapján különböző forgalmi időszakokat határozzunk meg.

Diszponálási stratégiák az egyes forgalmi időszakokban:

- Betárolási időszakban: a betárolási szintre megy várakozni.
- Kombinált ciklusos időszakban: ott várakozik, ahol az előző feladatot befejezte.
- Kitárolási időszakban: az előrejelzett soron következő P számú kitárolási igény centrumába megy várakozni.

9.5.4.3. Tárolási díjzónák meghatározása különböző időszakokban

A parkolórendszer üzemeltetőjének célja a nyereség maximalizálása, mivel a parkolásból származó bevételek és a parkolórendszer beruházási költségeinek nagysága miatt a befektetés megtérülési ideje nagyon magas (a gyakorlat 15 év feletti megtérülési időt mutat.)

$$\Pi = I - C \rightarrow \max,$$

ahol:

- Π : nyereség,
- I : bevétel,
- C : költség.

A nyereség növelése az alábbi kritériumokkal érhető el:

- Ráfordítások minimalizálása:
 - Állandó költségek.
 - Fajlagos költségek.
- A parkolóház kihasználtságának növelése, a gépkocsivezetők elégedettségi szintjének növelése:
 - Várakozási idők csökkentése.
 - Tárolási díj csökkentése.
- Gyűjtendő adatok:
 - Művelenkénti palettamozgatások és felvonómozgások száma a fajlagos költségek meghatározásához.
 - A tárolórendszer időszakos kihasználtsága az állandó költségek meghatározásához.
 - Várakozási idők beléptetésre, illetve kiléptetésre.
- Tárolási díjzónák kialakításának stratégiái:
 - Alacsony kihasználtságú időszakokban díjcsökkentés.
 - Magas kihasználtságú időszakokban:
 - Alacsony várakozási idők mellett díjemelés.
 - Magas várakozási idők mellett díjcsökkentés.
 - Becsült parkolási idő betartása esetén díjkedvezmény nyújtása.

10. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

1. Kidolgoztam a többszintes, tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek általános modelljét, amelyből a működési célfüggvényekkel és feltételi rendszerekkel leszármaztathatók a jellegzetes rendszerváltozatok. [6, 7, 13, 18]

2. Kidolgoztam a felvonók autonóm és csoportos diszponálási stratégiáit, amelyek az adott célfüggvények és feltételi rendszer esetén alkalmas a beérkező gépkocsik optimális tárolószintjének, a felvonók optimális parkolópozíciójának, valamint az üzemelő felvonók optimális számának meghatározására. [2, 3, 4, 8, 22]

3. A tömbtárolással kapcsolatos vizsgálataim [1, 9, 10, 14, 15 19] alapján megállapítottam, hogy a *fejfelrendezésű, 3 soros blokkokból felépülő tömbös tárolótérben*:
 - a tárolóblokk egy szintjén betárolás utáni részleges rendezéses stratégiával való rendezés időigénye független a tárolóblokk hosszirányú kiterjedésétől [20, 21],
 - adott hossz méretű tárolótérben a teljes rendezéses stratégiák rövidebb rendezési időt és együttes úthosszat hosszirányú palettatárolásnál eredményeznek, a részleges rendezéses stratégiákkal az időigény keresztirányú tárolásnál, az együttes úthossz hosszirányú tárolásnál lesz kisebb, [20, 21].

4. Feltártam az automatizált parkolóházak folyamatirányításához szükséges információs háttérrel és adatbázissal, valamint azon információgyűjtési pontokat, ahol a parkolórendszer optimális üzemeltetéséhez szükséges információk kinyerhetők. A meghatározott irányítási információk kiterjednek a diszponálási, vezérlő és nyugtázó információkra. [16]

5. A feltárt információs rendszert alapul véve kidolgoztam a parkolórendszerek működésének minősítésére alkalmas mutatószám- és kontrolling rendszert, amely alapján különböző időtávokra vonatkozó forgalmi prognózisok figyelembe vételével ajánlások fogalmazhatók meg az illetékes vezetői szintekre stratégiai döntéshozatalhoz, re-engineering feladatokhoz, karbantartások ütemezéséhez, valamint az operatív irányításhoz. [17]

10.1. Az eredmények hasznosítási és továbbfejlesztési lehetőségei

Jelen kutatási eredmények kiválóan alkalmazhatók tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek tervezésének elméleti megalapozásában, módszereinek kidolgozásában.

A kidolgozott diszponálási stratégiák közül a felvonók diszponálási stratégiái egyaránt alkalmazhatók minden osztott kiszolgálású automatizált parkolórendszerben, ahol a függőleges irányú szállítást fix telepítésű felvonók vagy hidraulikus emelőberendezések végzik. A fejelerendezésű tömbös tárolótéri diszponálási stratégiák tetszőleges kiterjedésű tárolóterekben is alkalmazhatók, például a „Rolling Trans System” palettamozgató rendszeren alapuló parkolórendszerekben, elsősorban olyan forgalmi környezetekben, ahol a gépkocsivezetők a becsült parkolási időket viszonylag jól betartják (például: irodaházak, pályaudvarok, repülőterek parkolóinál).

A kidolgozott irányítási struktúra és az irányításhoz szükséges adatbázis és kontrollíng rendszer nemcsak tömbtárolásos, hanem bármely típusú közepes, vagy nagyméretű automatizált parkolórendszerben alkalmazható, illetve bevezethető már működő rendszereknél is. Ennek beruházási költségeit kompenzálja a működés optimalizálásával járó költségmegtakarítás, illetve szolgáltatási színvonal növekedés.

A továbbiakban célszerű kidolgozni az **átmenő elrendezésű** tömbös gépkocsitároló rendszerek diszponálási stratégiáit is a fejelerendezésű változat diszponálási stratégiáinak eredményei alapján. Egyes telepítési esetekben, illetve forgalmi környezetekben ugyanis ezek adhatnak kedvezőbb megoldást.

További kutatási feladat az **üres paletták** kezelési **stratégiáinak** kidolgozása tisztán tárolótéri, illetve kombinált üres-paletta-tárolási módok esetére.

Mivel a kidolgozott diszponálási stratégiák részben a gépkocsivezetők által megadott becsült **parkolási idő** szerint optimalizálják a palettamozgatást, célszerű elemezni ezek **nem tartásának** teljesítőképességre és energiafelhasználásra gyakorolt **hatását**, és ezen **eredmények alapján finomítani** a tárolótéri diszponálási stratégiákat.

Jelen disszertációban a kidolgozott diszponálási stratégiák alkalmazása mellett elérhető **teljesítőképességnek és energiafelhasználásnak csak maximális értékét** határoztam meg. **Valós problémák megoldásához** el kell végezni ezen jellemzők **forgalmi viszonyoktól való függésének vizsgálatát**, várható értékük, szórásuk meghatározását, **célszerűen szimulációs** módszerekkel, mely választ ad valós forgalmi viszonyok esetén a vizsgált parkolórendszerben az egyes diszponálási stratégiák alkalmazása mellett elérhető teljesítőképesség és energiafelhasználás kérdésére, segítve a megfelelő stratégia kiválasztását.

10.2. Az értekezés témájában megjelent tudományos közlemények

- [1] **Control strategy of the palette movements on the storing-levels in block-storing multi-level car parking systems**, Miskolcser Gespräche 2003, 24-25. September 2003, Seminarband, (hrsg: Cselényi, J.), Universität Miskolc, 2003, ISBN 963 661 595 0, s. 169-174; *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*
- [2] J. Cselényi: **Control strategies of elevators in multi-level car parking systems served by elevators**. Proceedings of microCAD 2004 International Scientific Conference, Section N, University of Miskolc, Hungary, 18-19th March 2004, ISBN 963 661 620 5, pp. 43-49, 2004; *Co-author: J. Cselényi*
- [3] **Control strategies of elevator groups in multi-level, multi-corridor automated car parking systems**. Annals of DAAAM for 2004 & Proceedings of 15th International DAAAM Symposium, 3-6th November 2004, Vienna, pp. 383-384, ISSN 1726-9679, Ed.: B. Katalinic, DAAAM International Vienna, Austria 2004; *Co-author: J. Cselényi*
- [4] **Felvonókcsoportok irányítási stratégiái többszintes, felvonóval és palettakocsival kiszolgált áttárolásos automatizált parkolóházak esetén**. Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2004, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, 2004; *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*
- [5] **Tömbtárolású automatizált parkolóházak számítógépi szimulációval segített tervezése**. Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szemináriuma, 2004. november 11-12., Miskolc, GÉP, 2004/10-11, ISSN 0016-8572, pp. 19-22, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest; *Társszerzők: Balogh A., Cselényi J., Illés B*
- [6] **Some Questions About the Control Strategies of Automated Car Storing Systems**. Manufacturing Engineering, journal of Faculty of Manufacturing Technologies, Technical University of Košice, Slovak Republic, ISSN 1335-7972, Year 2004, Issue 2, pp. 79-82; *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*
- [7] **Tömbtárolásos automatizált gépkocsi tároló rendszerek irányítási stratégiáinak néhány kérdése**. Gépgyártás, 2005. 2. szám, pp.: 27-31, ISSN 0016-8580, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest; *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*
- [8] **Choosing corridors to be periodically operated with global and detailed analysis in multi-corridor automated car parking systems served by elevators and palette-cars**. Logistics Networks - Models, Methods and Applications, Ed.: T. Bányai, J. Cselényi, pp.: 299-314, ISBN 963 661 641 8, University of Miskolc, 2005;

Co-authors: J. Cselényi, B. Illés

- [9] **Tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek tárolószinti irányítási stratégiáinak továbbfejlesztési lehetőségei.** Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2005, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, 2005;

Társszerzők: Cselényi J., Illés B.

- [10] **Comparison method of various block-storage control strategies of block-storing automated parking systems.** microCAD 2006 International Scientific Conference, Section O2, University of Miskolc, 16-17 March, 2007, Supplementary Volume, ISBN 963 661 720 1, pp.: 143-154., University of Miskolc, ITTC, 2006;

Co-author: J. Cselényi

- [11] **Models and Methods for Determining the Inloading Performance in Small and Medium Size Automated Car-Park Systems Served by Elevators and Palett-cars.** microCAD 2006 International Scientific Conference, Section O2, University of Miskolc, 16-17 March, 2007, Supplementary Volume, ISBN 963 661 720 1, pp.: 155-162, University of Miskolc, ITTC, 2006; *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*

- [12] **Felvonókkal és palettakocsikkal kiszolgált kis és közepes tárolókapacitású automatizált gépkocsi parkolók betárolási teljesítőképességének meghatározására szolgáló modellek és módszerek.** OGÉT 2006 - XIV. Nemzetközi Gépész Találkozó, Marosvásárhely, 2006. április 27-30., ISBN (10) 973-7840-10-2, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 2006; *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*

- [13] **The newest research results at automatized mechatronics logistics.** Proceedings of ICM 2006, IEEE International Conference on Mechatronics, July 3-5, 2006, Budapest Politechnic, ISBN 1-4244-9712-6, pp.: 348-354, 2006;

Co-authors: J. Cselényi, B. Illés

- [14] **Tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek tárolótéri kiszolgálására szolgáló különböző irányítási stratégiák összehasonlításának módszerei.** GÉP, Doktoranduszi Célszám, 2006/10, ISSN: 0016-8572, pp.: 58-65, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest;

- [15] **Block-storage allocating strategies of multi-level block-storing automated car parking systems in case of low and high storage utilization.** Miskolcer Gespräche 2006, 13-14. September 2006, Seminarband CD-ROM, (hrsg: Cselényi, J.), Universität Miskolc, 2006; *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*

- [16] **Tömbtárolású automatizált gépkocsi-parkoló géprendszerek számítógépes irányítási rendszere.** Géptervezők és Termékfejlesztők XXII. Országos Szemináriuma,

- Miskolc, 2006. november 9-10., GÉP, 2006/8-9, ISSN 0016-8572, pp.: 148-152, Budapest, 2006; *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*
- [17] **Tömbtárolásos automatizált parkolórendszerekben gyűjtött információk és a rendszer irányításában történő felhasználásuk.** Doktoranduszok Fóruma 2006, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, 2006;
Társszerzők: Cselényi J., Illés B.
- [18] **Various allocation tasks and strategies of multi-level block-storing automated car-parking systems.** Development of Mechanical Engineering as a Tool for Enterprise Logistics Progress, Science Report of Project CII-PL-0033-01-0506, Ed: Stanislav Legutko, ISBN 83-89873-28-1, pp.: 429-442, Poznan University of Technology, Poznan, 2006; *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*
- [19] **Többszintes, tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek tárolószintű diszponálási stratégiái alacsony ill. magas tárolótéri kihasználtságnál.** GÉP, 2007/2-3, ISSN 0016-8572, pp.: 69-79, Budapest, 2007; *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*
- [20] **Többszintes, tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek magas tárolótéri kihasználtságot biztosító diszponálási stratégiák esetén az elérhető teljesítőképessége és energiaszükséglete.** OGÉT 2007 - XV. Nemzetközi Gépész Találkozó, Kolozsvár, 2007. április 26-29., Műszaki Szemle, 38/2007, ISSN 1454-0746, pp.: 341-347, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 2007;
Társszerzők: Cselényi J., Illés B.
- [21] **Working capacity and energy consumption of block-storing allocation strategy providing high storage utilisation in multi level, block-storing automated car parking systems.** Proceedings of microCAD2007 International Scientific Conference, Section N2, University of Miskolc, 22-23. March, 2007, Supplementary Volume; (under publishing) *Co-authors: J. Cselényi, B. Illés*
- [22] **Paraméterek meghatározása többszintes automatizált parkolórendszerek felvonnóinak autonóm diszponálási stratégiáihoz.** Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2007, 2007. november 13., Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa; (megjelenés alatt) *Társszerzők: Cselényi J., Illés B.*

SZAKIRODALOM

- [1] H. Hwang, S. Lee: **Expected Service Time Model for a Rotary Parking System**, Computers ind. Engng, 1998/3-4, ISSN 0360-8352, pp. 559-563;
- [2] D. Farrow: **A simulation model of a simple parking system**, Master of Engineering Science, Monash University, Melbourne, Australia, 1984;
- [3] R. Ulblich, H. Vogelpohl: **Hochregal-Blocklager-System. Automatisches hochflexibles Tunnellager**, Packung & Transport 10/1985, pp. 73-74;
- [4] W. Young: **Modelling the Circulation of Parking Vehicles - a Feasibility Study**, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, 1985;
- [5] W. Young: **A network model for parking facility design**, traffic engineering + control, 27 (1986), pp. 606-613;
- [6] K. W. Axhausen: **Eine ereignisorientierte Simulation von Aktivitätketten zur Parkstandwahl**, Dissertation, Universität Karlsruhe, 1988
- [7] F. Poon, W. Young: Scene 2. **Verification, validation and applicaton of a model of parking-lot entrance and exit conditions**, traffic engineering + control, 30 (1989), pp. 474-481;
- [8] J. Kirchmann, E. Hoberg: **Verkehrsplanerische und städtebauliche Integration von automatischen Parksysteimen**, Studie des Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik im Auftrage des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund, 1993;
- [9] W. Molt: **Die Eignung von automatischen und mechanischen Parksysteimen zur Lösung der Parkprobleme in städtischen Verdichtungsräumen**, Kentaur Heft 5: Parken in der Stadt, Sisiyfos, Augsburg, 1993, pp. 1-28;
- [10] M. Boltze, A. Maatz: **Mechanische Parksysteime - ein Überblick**, Deutsche Bauzeitung 127, 1/1993, pp. 107-114;
- [11] Herczegh K.: **Gépkocsiparkoló**k, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978;
- [12] Verein Deutscher Ingenieure: **VDI 4466 Blatt 1 (Entwurf) - Automatische Parksysteime - Grundlagen**, Januar 2001, NormCD (Stand 2005/03), Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2001;
- [13] G. Weyers: **Verkehrswert von Grundstücken mit Parkierungsanlagen**, Der Vermessungsingenieur, 45 (3), 1994, pp. 97-104;
- [14] J. Kirchmann: **Gestaltung und Betrieb leistungsstarker automatischer Parksysteime**, Dissertation, DissDo 94/59, Universität Dortmund, 1994;

- [15] M. Boltze, Alberti, J. Kirchmann, Maatz, Schmitt, Schmitz, Schnehage, Stock: **Hinweise zum Einsatz mechanischer Parksysteme**, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln, 1995;
- [16] **Neue Parksystem in Darmstädter Innerstadt**, dhf 1/2 1995, p. 54;
- [17] Perspective Parksystem - Aus der Parknot soll eine Unsatztugend werden, Förder-technik 7/1995, pp. 73-75;
- [18] Burján T.: **Optimierung des Materialflusses von einem Parkhaus**, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, 1996;
- [19] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson, D. M. Nicol: **Discrete-Event System Simulation** (3rd Edition), ISBN 013-088702-1, Prentice Hall, 2000
- [20] D. Coolens: **Einsatzmöglichkeiten automatisierter Parksysteme**, Deutscher Architektenblatt 28, 6/1996, pp. 1125-1133;
- [21] D. Coolens: **Automatische Parksysteme**, Deutscher Architektenblatt 29, 10/1996, pp. 1535-1544;
- [22] J. Loy: **Made in Sachen. Automatisch parken - nicht nur Theorie**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin, 36 (1996), 7/8 ISSN 0017-9442, pp. 322-323.
- [23] N. Götschmann: **Palettenmagazin im Shuttle-Lift-System. Kurze Ausparkzeiten Möglich**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin, 36 (1996), 7/8, ISSN 0017-9442, pp.: 326-328;
- [24] W. Bayerdörfer: **Automatische Parklösung mit geringem Platzbedarf**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin, 36 (1996), ISSN 0017-9442, pp. 399-400;
- [25] **Automatische Parkhaus in Würzburg - Antriebskonzept mit Linearmotor**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin, 36 (1996), ISSN 0017-9442, p. 403;
- [26] U. Schmidt, A. Kuhn: **Angewandte Simulationstechnik für Produktions und Logistik**, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 1997;
- [27] N. Hamke: **Parken im Triangel**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 37 (1997), ISSN 0017-9442, pp. 220-221;
- [28] Detlef Kron, Hans-Joachim Peters: **Parkraum statt Planung? - Parkraum - Stadtplanung!**, Dissertation, Universität Dortmund, 1997;
- [29] J. Salomon: **Richtig kalkuliert - richtig investiert**, Lagertechnik '98, Sonderpublikation des Fördermittel Journals, 21/1997, pp. 50-53;
- [30] F. Wesselmann: **Untersuchungen zur Weiterentwicklung automatischer Blocklagersysteme mit gekuppelten Rollpaletten**, Dissertation, Universität Dortmund, 1997;

- [31] H. Weeber, R. Weeber: **Parkierungsanlagen im verdichteten Wohnungsbau**, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1997;
- [32] Kulcsár B.: **Ipari logisztika**, LSI Oktatóközpont, Budapest, 1998;
- [33] **Sky-Park - A svéd automata parkolóház**, Skandininvest Kft Fővállalkozási és Mérnök Iroda prospektusa, 1998;
- [34] R. Jünemann, A. Beyer: **Steuerung von Materialfluss und Logistiksystemen**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 2. Auflage, 1998;
- [35] Cselényi, J.; Oplatka, G.; Czétényi, N.: **Controlling strategies of a new type commissioning warehousesystem**, Seminarband der Miskolcer Gespräche. 1998. ISBN, pp. 1-12;
- [36] Cselényi J.: **Automatizált parkolórendszerek tervezésének és irányításának néhány kérdése**, Logisztikai Évkönyv '98, Magyar Logisztikai Egyesület, Logisztikai Fejlesztési Központ, ISSN 1218-3849, Budapest, 1998, pp. 19-24;
- [37] O. Wöhr GmbH: **Steuerung von Parksafes 561**, Parklücke 19, 1998, p. 7;
- [38] M. Lehnert: **Modulares System ParkRapid Der Automatikkran im Parkhaus**. Hebezeuge und Fördermittel 39 (1999), 5, pp. 201-203;
- [39] J. Cselényi: **Steuerungstrategie für Mehrgeschossige, durch Vertikalförderer und Palettenwagen bediente Parkhäuser in ihrer Auslegung mit einem Korridor und zwei Palettenwagen je Parkebene**, Annals of DAAAM for 1999& Proceedings of the 10th International DAAAM Symposium, ISBN 3 901 509 100, DAAAM International Vienna, 1999;
- [40] J. Cselényi: **Design of Automated Car Parking Systems**, Proceeding of The International Regional DAAAM-CEEPUS Workshop on Intelligent Machines and Technologies in the 21st Century, 27-29 May, 1999, Miskolc, Hungary, ISBN 3-901509-14-3, University of Miskolc, pp. 139-146;
- [41] R. Jünemann: **Gestaltung europäischer Verkehrslogistiksysteme**, 16. Deutscher Logistik-Kongreß, 20-22. Okt. 1999, Berlin, Bundesvereinigung Logistik (Hrsg.): Trend virtuell (1999), 19 S. Berichtsband;
- [42] R. Jünemann, T. Schmidt: **Materialflusssysteme - Systemtechnische Grundlagen**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 2. Auflage, 1999
- [43] V. Sadowsky: **Leistungsbestimmung von automatischen Parksyste men am Beispiel eines Palettenverschiebesystems mit Hilfe der**, Diplomarbeit, Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen, Fakultät Maschinenbau, Universität Dortmund, 1999

- [44] R. Jünemann, J. Salomon; M. Fittinghoff; M. Kuhn: **Welche Leistung bringen automatische Parksysteme?** (Milyen előnyöket hoznak az automatizált parkolórendszerek?) Hebezeuge und Fördermittel 39, 9/1999, ISSN 0017-9442, pp.: 416-422;
- [45] R. Jünemann, J. Salomon, M. Fittinghoff, M. Kuhn: **Automatic parking systems: analysis, planning and implementation**, Mecalux 20 (2000), No. 27, Seite(n) 66-72
- [46] J. Salomon: **Bewertung der Wirtschaftlichkeit konventioneller und automatischer Parksysteme**, Dissertation, 2000/112, Universität Dortmund, 2000
- [47] J. Dries: **Wie die Logistik im Innern der „Autostadt“ funktioniert**, Logistik für Unternehmen, 10/2000. pp. 32-35.
- [48] J. Cselényi: **Some problems of control strategy for high frame automated storage systems by operation of divided working**, Proceedings of the 11th International DAAAM Symposium, Opatija, Croatia, 19-21 Oktober 2000, Katalinic, B. (Ed), ISBN 3-901509-13-5, pp. 1-4, DAAAM International, Vienna, 2000;
- [49] M. Fittinghoff: **Beitrag zur Leistungsbetrachtung von Parksystemen**, Dissertation, Universität Dortmund 2001, Dortmund: Praxiswissen Verlag, 2001 (Logistik für die Praxis) Zugl.: Universität Dortmund, Dissertation, 2001, ISBN 3-932775-78-3
- [50] J. Cselényi, Cs. Gadóczy, P. Kulcsár: **Analysis of parameters and controlling strategies of multi-stage car park system, served by elevator and palette-cars on every stage, by the help of computer simulation**, Modelling and Optimisation of Logistic Systems, Cselényi, J. & Bányai, T. (ed.), University of Miskolc, 2001, ISBN 963 661 510 1, pp. 31-46;
- [51] Gadóczy Cs.: **Többszintes, többfolyosós felvonóval és palettakocsival kiszolgált automatizált, számítógéppel irányított parkolóház irányítási stratégiájának vizsgálata**, Diplomamunka, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, 2002
- [52] Kulcsár P.: **Többszintes, többfolyosós felvonókkal és palettakocsival kiszolgált, automatizált gépkocsi parkolóházak logisztikai rendszer tervezési módszereinek fejlesztése**, Diplomamunka, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, 2002

- [53] J. Cselényi, J. Németh, G. Szabados: **The comparative test of automatized multi-storey car parks served by elevator, palette car or warehouse machine**, Proceedings of 11th Workshop on Robotics In Alpe-Adria-Danube Region, pp. 443-448, ISBN 9-637154-10-8, Balatonfüred - Hungary, July 2002, Budapest Polytechnic, Budapest;
- [54] M. Kuhn: **Planung automatischer Parksysteime: Allgemeine Hinweise für die Praxis**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 42 (2002), 1/2, ISSN 0017-9442, S. 44-46.
- [55] M. Fittinghoff, J. Salomon: **Automatische Parksysteime: Wirtschaftlich und komfortabel planen**, Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 42 (2002), 6, ISSN 0017-9442, S. 44-46.
- [56] G. Szabados, J. Cselényi, J. Németh: **The comparative test of productivity, waiting time of automatized multi-storey car parks served by elevator, palette car or warehouse machine**, microCAD2003, Section L: Material flow Systems, Logistic Informatics, University of Miskolc, 2003, ISBN 963 661 561 6, pp. 69-76;
- [57] M. Kuhn: **Beitrag zur Gestaltung multifunktionaler Lagersysteme**, Dissertation, Universität Dortmund, ISBN 3-89957-021-9, Verlag Praxiswissen, Dortmund, 2003
- [58] M. Fittinghoff, R. Jünemann: **Planung, Realisierung und Betrieb eines automatischen Parksystems für Pkw - ein Erlebnisbericht**, Das Bauzentrum | Baukultur, 6/2003, s.: 42-47
- [59] Szabados G., Cselényi J., Németh J.: **The comparative test of automatized multi-storey car parks served by elevator, pallettecar or warehouse machine**, Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2003, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, 2003, pp. 240-245;
- [60] G. Szabados, J. Cselényi, J. Németh: **Control strategies at the comparative test of automatized multi-storey car parks served by elevator, palette car or warehouse machine**, microCAD 2004, Section L: Material flow Systems, Logistical Informatics, University of Miskolc, 2004, ISBN 963 661 620 5, pp. 29-36;
- [61] Szabados G., Cselényi J., Németh J.: **Irányítási stratégiák a palettakocsival, lifttel és állványkiszolgáló géppel kiszolgált automatikus parkolóházak összehasonlítása esetén**, Géptervezők és Termékfejlesztők XX. Országos Szemináriuma, 2004. november 11-12., Miskolc, GÉP, 2004/10-11, ISSN 0016-8572 , pp. 153-

- 157, Gépipari Tudományos Egyesület Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Géptervező Szakosztálya, Miskolc
- [62] Szabados G., Cselényi J., Németh J.: **Állványkiszolgáló géppel kiszolgált fejraktár egy adott időszakban történő kitárolási stratégiái**, Miskolci Egyetem Doktoranduszok Fóruma 2004, Gépészmérnöki Kar szekciókiadványa, Miskolci Egyetem, 2004;
- [63] G. Szabados, J. Cselényi, J. Németh: **Outloading strategies of warehouse served by warehouse machine at head arrangement**, Logistics Networks - Models, Methods and Applications, Ed.: T. Bányai, J. Cselényi, pp.: 289-298, ISBN 963 661 641 8, University of Miskolc, 2005;
- [64] **Westfalia Logistics geht in den Undergrund**, Materialfluss, 1-2/2005, Verlag Moderne Industrie, Landsberg, 2005
- [65] Cselényi J., Rádai L.: **A hagyományos parkolóházak és az automatizált gépkocsi tárolók összehasonlítása tárolókapacitás és alapterület szükséglet alapján**, OGÉT 2005 - XIII. Nemzetközi Gépész Találkozó, Szatmárnémeti, 2005. április 28 - május 1., ISBN 973-7840-03-8, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 2005;
- [66] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): **Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR05)**, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Verlag FGSV, Köln, 2005.
- [67] Szabados G.: **Állványkiszolgálógéppel kiszolgált fej elrendezésű automatikus parkolóházak szimulációs vizsgálata**, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 2006
- [68] L. Rádai, J. Cselényi, B. Illés: **Models and Methods for Determining the Inloading Performance in Small and Medium Size Automated Car-Park Systems Served by Elevators and Palette-cars**, microCAD 2006, Section O2: Material flow Systems, Logistical Information technology, University of Miskolc, 2006 (megjelenés alatt)
- [69] Cselényi J., Illés B., Rádai L.: **Felvonókkal és palettakocsikkal kiszolgált kis és közepes tárolókapacitású automatizált gépkocsi parkolók betárolási teljesítőképességének meghatározására szolgáló modellek és módszerek**, OGÉT 2006 - XIV. Nemzetközi Gépész Találkozó, Marosvásárhely, 2006. április 27-30., ISBN 973-7840-10-2, Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, 2006;

- [70] **Wöhr Automatikparksysteme GmbH & Co KG: Termékprospektusok**, 2007.01.23., <http://www.woehr.de>
- [71] **Bauverein für Kleinwohnungen e.G.**, Halle, Sachsen Anhalt, honlap, 2007.01.23., <http://www.bauverein-halle.de>
- [72] A. Martin: **Space-Age Garages That Save Spaces**, The New York Times, 21. Sept, 2003, ISSN 0362-4331, Section: 11, pp: 14, New York, 2003;
- [73] Kása L.: **Gépi mozgású parkolási rendszerek konstrukciós kérdései**, Gép, Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, 1999/11, pp.: 46-49, ISSN 0016-8572, Budapest
- [74] Kása L.: **Automatizált parkolási rendszerek tervezése**, Gép, Gépipari tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, 1999/12, pp.: 44-46, ISSN 0016-8572, Budapest
- [75] **Dortmundi körkép**, A+CS, 1997/6, pp.: 28-29, Budapest
- [76] A. Fantz: **Robotic parking garages plan driven by profit**, Miami Herald, 04/16/2005;
- [77] B. Wallman: **Robotic parking garage approved for downtown Fort Lauderdale**, Sun Sentinel, 04/06/2005;
- [78] **Automated parking garage provides tight fit**, Civil Engineering, 4/1999, p.:20;
- [79] Virágh L.: **Egy új, hatékony konténer-terminál technológia és géppark (komplex logisztikai szolgáltatás) a kombinált közlekedés versenyképességének a növelésére**, GÉP, Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata, 2003/3-4, pp.: 21-27, ISSN 0016-8572, Budapest;
- [80] J. A. Slobodzian: **Concrete action on parking lot**, Philadelphia Inquirer, 08/21/2005,
- [81] T. Kosdrosky: **Broad Group pushes a file-cabinet garage**, Crains's Detroit Bussiness, 02/21/2000;
- [82] **Automated Vehicle Parking Systems - A better way to park than ever before**, Apex Skypark Inc. honlapja, 2007, <http://www.apexskypark.com/index.html>
- [83] Antal T.: **Parkolórendszerek**, Városi közlekedés, Közlekedéstudományi Egyesület tudományos folyóirata, 1997/5, pp.: 276-297, ISSN 0133-0314, BKV ZRt., Budapest;
- [84] Tarnai J.: **Gépesített Parkolóházak**, 1995/6, pp.: 352-356, ISSN 0133-0314, BKV ZRt., Budapest;

- [85] T. Happle: **Vom Hochregallager zum automatischen mechanischen Parkhaus**, Fördern und Heben, 41. k . 11/1991, pp.: 897-901;
- [86] R. Jünemann: **Materialfluss und Logistik**, ISBN 3-540-51225-X, Springer Verlag, Berlin, 1989
- [87] D. Donovan: **Circling the Block**. Forbes, 1/8/2001, ISSN: 0015-6914, pp.: 222-223;
- [88] Timkó L.: **Parkolóházak üzeme**, Városi közlekedés, Közlekedéstudományi Egyesület tudományos folyóirata, 1997/5, pp.: 304-307, ISSN 0133-0314, BKV ZRt., Budapest;
- [89] Cselényi J., Kovács L.: **Fej- és átmenő magasraktárak különböző változatainak összehasonlítása a be- és a kitárolási folyamatoknál IV**, Transpack 2003/2., Kiskunhalas, 2003, ISSN 1587-7183, pp. 41-44.
- [90] M. Boltze: **Intelligens parkolás a jövő városában (Intelligent Parken in der Stadt der Zukunft)**. Városi közlekedés, Közlekedéstudományi Egyesület tudományos folyóirata, 2004/5, pp.: 245-251, ISSN 0133-0314, BKV ZRt., Budapest;
- [91] Tarnai J.: **Magasraktári folyamatok tervezése**, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983;
- [92] Chikán A.: **Vállalatgazdaságtan**, Kossuth Kiadó, Budapest, 2001
- [93] Cselényi J., Illés B.: **Logisztikai rendszerek I.**, tankönyv, Miskolci Egyetem, 2004
- [94] Szegedi Z., Preszenszky J.: **Logisztika-menedzsment**, ISBN 963 09 4777 3, Kossuth Kiadó, Budapest, 2005
- [95] Cselényi J., Illés B.: **Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása**. tankönyv, Miskolci Egyetem, 2006
- [96] G. Szabados, J. Cselényi, J. Németh: **Gondolatok a lifttel és palettakocsival kiszolgált automatikus parkolóházak ágens alapú irányítási stratégiáihoz**. microCAD2007 International Scientific Conference, Section N2, University of Miskolc, 22-23. March, 2007;
- [97] Illés B., Glistau E., Machado N. I. C.: **Logisztika és Minőségmenedzsment**, ISBN 978-963-87738-0-7, Miskolc, 2007

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Az automatizált parkolórendszerek változatainak struktúrája	16
2. ábra Palettás állványos tárolós automatizált parkolórendszerek [70]	17
3. ábra Paletta-nélküli, osztott kiszolgálású állványos automatikus parkolórendszerek [82,70]	18
4. ábra Szállítóberendezésen történő tárolás páternoszteres, illetve körforgó tárolón [87]	18
5. ábra A témával kapcsolatos kutatási feladatok struktúrája	20
6. ábra A tömbtárolásos automatizált gépkocsi tárolórendszer egy tárolószintjének felépítése	25
7. ábra Többszintes tömbtárolásos automatizált gépkocsi tárolórendszerek felépítése	25
8. ábra Automatizált parkolórendszerek komplex be- és kiléptető rendszerének egy lehetséges felépítése	27
9. ábra Automatizált parkolórendszerek irányításával kapcsolatos feladatok struktúrája	31
10. ábra Automatizált parkolórendszerek irányításával kapcsolatos feladatok struktúrája	31
11. ábra A tömbtárolású gépi parkolórendszerek tárolótér kialakítása és kiszolgálás szerinti struktúrálódása	33
12. ábra Fejraktár kialakítású tárolórendszer keresztirányú tárolással	34
13. ábra Átmenő raktári kialakítású tárolórendszer hosszirányú tárolással	34
14. ábra Példa fejraktár jellegű többszintes, több blokból felépülő parkolórendszerre, blokkonként felvonóval	35
15. ábra Iker fejraktár kialakítás keresztirányú tárolási móddal	36
16. ábra A tömbtárolású gépi parkolórendszerek egyszintes változatainak tárolótér kialakítása és kiszolgálás szerinti struktúrálódása	36
17. ábra Automatizált parkolórendszer be- és kiléptető rendszerének általános változata és elemei	37
18. ábra Automatikus parkolórendszerek be- és kiléptető rendszereinek kialakítás szerinti struktúrája	38
19. ábra Elrendezésváltozatok és paramétereik tömbös tárolótéri diszponálási stratégiák alkalmazásánál	39
20. ábra Az irányítás célfüggvényeinek struktúrája	40
21. ábra A többszintes, tömbtárolású automatikus parkolórendszerek irányítási stratégiái	47
22. ábra A járművek szintenkénti elosztása a becsült parkolási idő eloszlása alapján	52
23. ábra A járművek szintenkénti elosztása a becsült parkolási idő eloszlása alapján a parkolórendszer kihasználtsága szerint korrigálva	54
24. ábra Egy blokk 10 tárolószintjének 50%-os kihasználtsága esetén a tárolószinteken elhelyezendő gépkocsik számának alakulását Δ értékének függvényében	55
25. ábra Δ értékének alakulása a várható kihasználtság függvényében	56
26. ábra Egy blokk 10 tárolószintjén elhelyezendő gépkocsik számának alakulása a kihasználtság függvényében Δ minimum értéke mellett	56
3. táblázat A vizsgált rendszer adatlapja	61
27. ábra Gépkocsik beérkezési idejének eloszlása	61
28. ábra Gépkocsik parkolási idejének eloszlása az egyes vizsgálati esetekben	62
29. ábra Gépkocsivezetők beléptetési illetve kiléptetési idejének eloszlása	62
5. táblázat Szimulációs vizsgálatok összesített eredményei (átlagos értékek és szórások)	64
30. ábra Többszintes, felvonókkal kiszolgált automatikus parkolórendszerek változatainak struktúrája	65
2. ábra Többszintes, felvonóval kiszolgált áttárolásos rendszerváltozat	66
31. ábra Fejraktár elrendezésű tömbös tároló-rendszerekben lehetséges rendezések struktúrája	88
32. ábra Tömbtárolásos tárolószintek diszponálási stratégiáinak struktúrája	89
34. ábra Az ábrákon alkalmazott jelölések és színek	90
35. ábra Betárolás utáni rendező mozgások teljes rendezéses stratégia esetén	92
36. ábra Parkolási idő lejártá szerinti kitárolás folyamata teljes rendezéses stratégia esetén	92
37. ábra Betárolás utáni rendezés maximális idő- és útigénye teljes rendezéses stratégiánál	94
39. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószintű diszponálási stratégia betárolás utáni, illetve kitárolás és az utánirendezési folyamatainak döntési gráfja	96

40. ábra Részleges rendezéses tárolószinti diszponálási stratégia betárolási folyamata.....	97
41. ábra Részleges rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendezési folyamata.....	98
42. ábra Parkolási idő lejárt szerinti kitárolás és azt követő rendezés részleges rendezéses stratégiánál 1 ...	99
43. ábra Parkolási idő lejárt szerinti kitárolás és azt követő rendezés részleges rendezéses stratégiánál 2 ...	99
44. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás és az azt követő rendezési folyamata 2	100
45. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán 1	100
46. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 1	101
47. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 2	101
48. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 3	102
49. ábra Részleges rendezéses tömbös tárolószinti diszponálási stratégia parkolási idő lejárt szerinti kitárolás utáni rendezési folyamata a következő betárolás folyamán a maximális tárolókapacitás elérésekor 4	102
50. ábra Részleges rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál	104
51. ábra Részleges rendezéses diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál	105
52. ábra Részleges rendezéses stratégiánál jelentkező maximális idő- és útigény a betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében	105
53. ábra Részleges rendezéses diszponálási stratégia parkolási idő szerinti kitárolási rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál.	106
54. ábra Részleges rendezéses diszponálási stratégia parkolási idő szerinti kitárolási rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál ...	107
55. ábra Betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatásának maximális idő- és útigénye részleges rendezéses tömbös tárolótéri stratégiánál	107
56. ábra A közvetlen elérést biztosító tömbös tárolótéri diszponálási stratégia be- és kitárolási folyamatai	109
57. ábra A közvetlen elérést biztosító tömbös tárolótéri diszponálási stratégia kombinált ciklusban	110
58. ábra Közvetlen elérésű diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében keresztirányú tárolási módnál	112
59. ábra Közvetlen elérésű diszponálási stratégia betárolás utáni rendező mozgásainak maximális idő- és útigénye a tárolószint mélységének függvényében hosszirányú tárolási módnál	112
60. ábra Adott méretű blokkban keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál jelentkező maximális idő- és útigény a betárolt paletta tárolási helyére történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közvetlen hozzáférést biztosító tömbös tárolótéri stratégiánál	113
61. ábra Kombinált ciklus maximális idő- és útigénye során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közvetlen hozzáférést biztosító tömbös tárolótéri stratégiánál	115
62. ábra	117
63. ábra	117
64. ábra	118
65. ábra Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott betárolási stratégia idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében.....	120
66. ábra Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott betárolási stratégia idő- és útigényének eltérése keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében .	120
67. ábra Maximális idő- és útigényt betárolandó célhelyre történő mozgatása során a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott stratégiánál	121
68. ábra Lehetséges tárolótéri kitárolási mozgásváltozatok 100%-hoz közeli kihasználtság esetére	122
69. ábra Kitárolás egy akadályozó paletta esetén	124
70. ábra Kitárolás idő- és útigénye 100%-hoz közeli kihasználtságnál két akadályozó paletta esetén.....	125
71. ábra Kitárolás két akadályozó paletta esetén	127

72. ábra Kitárolás idő- és útigénye 100%-hoz közeli kihasználtságnél két akadályozó paletta esetén.....	129
73. ábra Kitárolás oldalsó sorból kettőnél több akadályozó paletta esetén.....	130
74. ábra Kitárolás oldalsó sorból kettőnél több akadályozó paletta esetén.....	131
75. ábra Közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott diszponálási stratégia idő- és útigénye keresztirányú, illetve hosszirányú tárolási módnál az akadályozó paletták számának függvényében .	133
76. ábra Kitárolandó felvonóhoz történő mozgatásának maximális idő- és útigény a blokk hosszirányú kiterjedésének függvényében közel 100%-os kihasználtság esetén alkalmazott stratégiánál	133
77. ábra Kitárolandó paletta kihozatalának első négy lépése, valamint szükség esetén visszarendező lépései a blokk középső sorából kettőnél több akadályozó paletta esetén	134
78. ábra Automatizált parkolórendszerek számítógépes irányításának hierarchikus felépítése és információáramlása.....	137
79. ábra A be- és kiléptető szint elemei és szenzorai.....	142
80. ábra A tároló cellák egy lehetséges kialakítása és szenzorai	143
81. ábra Skypark robot és emelő-gördülő mechanizmusának működése [33].....	166
82. ábra Állványkiszolgáló szatellit-köcsi gépkocsik mozgatására (FhG-IML) [15, 25, 75]	166
83. ábra Különböző kialakítású gépjárműtároló paletták [57]	167
84. ábra Négyzet-keringős gépjármű tömegtároló.....	169
85. ábra Tömbös tárolása a Wöhr Flurparker 570-es rendszerekben.....	169
86. ábra Felrakógéppel kiszolgált kétsoros tárolóállványzat	170
87. ábra Felvonó alkalmazása gépkocsik függőleges irányú szállítására [70].....	170
88. ábra Be- és kiléptető kabin [37,70].....	171
89. ábra Jegykiadó automata és fizető automata	173
90. ábra Palettaforgató berendezés (ideiglenes tárolópályába integrálva, Lödige GmbH).....	174
91. ábra Palettaforgató berendezés a be- és kiléptető kabinban (Wöhr Multiparker 710) [70]	175
92. ábra Felvonóba telepített palettaforgató berendezés (Wöhr CDT 584) [70].....	175
93. ábra Felrakógépre telepített palettaforgató berendezés (Wöhr Multiparker 700) [70]	175
94. ábra Palettaforgató berendezés a tárolótérben [70].....	175

MELLÉKLET

A. Rendszerelemek és a velük szemben támasztott követelmények

Tárolótér, tárolószintek

A tárolótérben valósul meg a gépkocsik, vagy a gépkocsikat hordozó paletták tárolása, de egyes rendszerekben itt történik az üres paletták tárolása is.

A tárolótér tömbtárolásos automatizált parkolórendszerek esetében is lehet egy, vagy több szintre osztott.

A tárolótérben horizontális irányban a gépkocsik az egymás mellé több sorban és több oszlopban telepített tárolócellákba kerülnek elhelyezésre, mellyel igen magas tárolótér-kihasználás érhető el. A paletták mozgatóját az egyes tárolócellákba telepített meghajtóberendezések végzik két koordináta mentén, így a kettős feladat miatt nevezhetők tároló-mozgató celláknak, de a továbbiakban csak cellaként lesz megnevezve. A tárolópaletták mozgatója a „tili-toli” játékhoz hasonló, tárolásuk pedig ún. dinamikus tárolással valósul meg, mert hozzáférés az egyes palettákhoz nem közvetlen, egy-egy gépkocsi kihozatalához adott esetben a többi gépkocsi áthelyezésére lehet szükség. Természetesen adódik a cél, hogy ezt minél gyorsabban és minél kisebb költség mellett lehessen elvégezni. Ennek céljából kerülnek kialakításra a tárolószinti irányítási stratégiák.

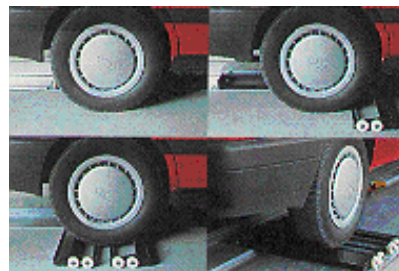
Teherfelvevő elemek

Gépesített parkolórendszerekben a gépkocsik mozgatója két módon lehetséges:

- palettával, (más néven teherfelvevő eszközzel, ERKE)
- paletta nélkül.

Előbbi esetben a gépkocsivezetőnek kell pontosan a palettára pozicionálnia, amely a paletta és a gépkocsi méretétől függően kisebb tűrés esetén egyre bonyolultabb lehet.

Az utóbbi esetben a gépkocsivezetőnek egyszerűbb a dolga a beléptető kabinba való beállítás során, ekkor nincs szükség nagy pontosságú beállításra, mert a gépkocsit – általában a kerekeinél fogva – egy lapos kialakítású szatellitkocsi, vagy másnéven szállítórobot fel-emeli és ily módon szállítja a kijelölt tárolóhelyre. Ehhez megállapítja a gépkocsi tengely-távolságát, és egy-egy kereket előlről és hátulról közrefogó, összezáródó, szánnal hossz-irányban is eltolható, görgős megfogókarok segítségével emeli meg a gépkocsit.



81. ábra

Skypark robot és emelő-gördülő mechanizmusának működése [33]



82. ábra

Állványkiszolgáló szatellit-kocsi gépkocsik mozgatására (FhG-IML) [15, 25, 75]

Előnye, hogy nincs szükség az üres paletták kezelésére, hátránya, hogy bonyolultabb és drágább a gépkocsi-mozgató berendezés kialakítása, emellett a szennyeződések és csapadék ellen is megfelelő védelemmel kell ellátni mind a szállítóberendezést, mind a tárolóhelyeket.

Tömbtárolású rendszerekben meglehetősen költséges lenne a paletta-nélküli megoldás, mert nagy számú szállítórobotra lenne szükség a megfelelő teljesítőképesség biztosításához, amit tovább ront a tehermegfogási műveletek időigényes volta.

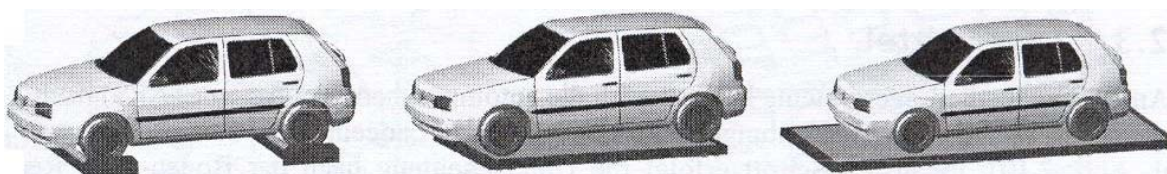
A gépkocsi-tároló paletták alkalmazásának előnye a bonyolultabb kerékmegfogó szerkezetekkel szemben az egyszerűbb tehermegfogás és a kevesebb hibalehetőség. Komoly hátránya viszont, hogy a üres palettákat is kezelni kell, amely több be- és kiléptető kabin, illetve nagy kapacitású parkolóház esetén probléma lehet. [25] Agépkocsitároló paletta feladatai:

- Teherfelvétel, a gépkocsik egyszerűbb, gyorsabb, sérülésmentes „megfogásának” és mozgatásának biztosítása. [84]
- A gépkocsiról származó csapadék és szennyeződések felfogása, összegyűjtése a berendezések, a parkolóház és a többi gépjármű esetleges szennyezését megakadályozandó (az összegyűlt víz elvezetéséről külön kell gondoskodni)
- Szállítás közbeni elmozdulás megakadályozása.

- Opcionálisan kialakíthatók a járművezető pozícionálását segítő kerékhornyok és megvezetések [26,70], de ezek univerzalitásának kérdése problémás az eltérő nyomtávok, kerékszélességek, a karosszériaelemek tengelyeken túli túlnyúlása miatt. (Bár ez utóbbiak problémája egyszerűen kezelhető ennek pontos mérésére telepített mérőberendezésekkel, és a nem megfelelő járművek kizárásával, amelyek aránya elenyésző lehet figyelembe véve a gépjárművek átalakítására vonatkozó európai tiltó szabályokat.)

A gépkocsitároló paletták típusai [57]:

- Minipaletta állítható tartótávval,
- Kerékállásos paletta (rövidített paletta),
- Normál paletta (tárolócella méretű).



83. ábra

Különböző kialakítású gépjárműtároló paletták [57]

Az üres paletták tárolása több módon is megoldható:

- gépkocsitároló térben,
- nagy kapacitású be- és kiléptető rendszerben kialakított automatizált ürespalletta-tárolóban,
- gépkocsitároló térben és kisebb kapacitású ürespalletta-tárolóban.

Az üres paletták gépkocsi-tároló térben való tárolásakor megoldandó a kitárolás után felszabadult paletták tárolótérbe való visszaszállítása, illetve a betároláshoz üres paletta kihozatalát a tárolótérből. Ha a betárolások és a kitárolások nem egyenletesen követik egymást, akkor jelentősen csökkenhet a rendszer teljesítőképessége. Ennek kiküszöbölésére a szállítóberendezések – felrakógépek, felvonók – elláthatók kettős palettafelvevő készülékkel, mely egyidőben egy üres és egy teli palettát is képes felvenni. A készülék a gépkocsi betárolásakor felveszi az üres palettát a kiválasztott tárolórekeszből és helyére kiteszi a gépkocsit. Kitárolásnál pedig a kitárolandó gépkocsi helyére teszi a hordozott üres palettát, miután felvette azt a felső teherveltevő készüléke segítségével. Így mindig rendelkezésre áll az üres paletta, de sohasem akadályozza a be-, illetve kitárolási feladatokat, csak az átadási idők duplázódnak.

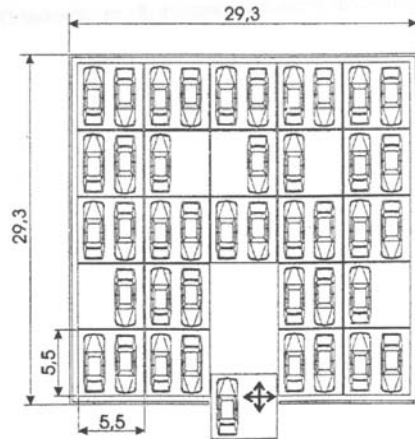
Horizontális kiszolgáló berendezések

A tárolószinteken vízszintes irányban az egyes tárolcellákban elhelyezett mozgóberendezések továbbítják a palettákat. Ezek úgy kerülnek kialakításra, hogy mind hosszirányban, mind keresztirányban képesek legyenek a paletták továbbítására. Ennek megoldására többféle módszer létezik.

A Mikon Kft. által fejlesztett „Magic Garage” nevű rendszerekben a „Rolling Trans System” néven ismert magyar szabadalom mozgatja a tárolópalettákat. Ebben a paletták hossz- és keresztirányú mozgatását párban, golyóscsapágyazott, merev tengellyel összekötött görgők végzik csigahajtóművel meghajtva. Emellett golyóscsapágyazott szabadon forgó hossz- és keresztirányú átvezető görgők is be vannak építve, melyek megakadályozzák a tálca elbillenését mozgatás közben. Parkolási helyzetben a tálca a hosszmozgató görgőkön nyugszik. Véletlenszerű elmozdulás nem lehetséges, mivel a meghajtó csigahajtómű önzáró. Nyugalmi helyzetben a keresztirányú mozgatást végző görgők mintegy 10 mm-rel a hosszgörgők síkja alatt vannak. A számítógép parancsára a keresztgörgők excenter segítségével kiemelkednek, és a tálcát a hosszgörgők síkja fölé emelik kb. 12 mm-rel és ebben a helyzeten maradnak, amíg a keresztirányú mozgatás be nem fejeződik, és a tálca el nem éri pontosan meghatározott helyét. A pontos megvezetést a tálca aljára szerelt görgők, illetve a tartógerendákhoz kirögzített megvezető kereszt végzi. A megvezetés csak a pontos közép-helyzetbe érkezéskor szűnik meg, ekkor válik lehetővé a hossz- és keresztirányú továbbítás. [79]

Más megoldásokat alkalmaz az Ergolsbach-i Sort+Store Park- und Lagersysteme GmbH (Németország) és a Warburg-i Lödige Lagertechnik GmbH. (Németország) [43], valamint a Maurer Söhne GmbH (Németország).

Létezik még egy magyar szabadalom, a Négyzet-keringős gépjármű tömegtároló (parkoló) berendezés és eljárási rendszer, amelyet Czike Sándor, Orcsik Géza és László András szabadalmaztatott 1998-ban. Ebben négyzet alakú palettákon két gépkocsi tárolására van lehetőség. A rendezésekhez egy szabad cella áll rendelkezésre. (84. ábra)

**84. ábra****Négyzet-keringős gépjármű tömegtároló**

A Wöhr Autoparksysteme GmbH szintén alkalmaz tömbös tárolást egyes rendszereinél. [70] A FLURPARKER 570-es és Levelparker 590-es rendszerekben reverzálható görgőspályák és a tárolótér elején és végén telepített hidraulikus emelőasztalok, valamint az 570-es esetében keresztirányú átadóberendezések segítségével történik a gépkocsi-tároló paletták mozgatása. (85. ábra)

**85. ábra****Tömbös tárolása a Wöhr Flurparker 570-es rendszerekben**

Emellett a cég különböző típusú, felrakógéppel kiszolgált állványos tárolórendszereinél lehetőség van kétsoros állványzat kialakítására, ahol a belső rekeszben tárolt paletta közvetlenül nem, csak a külső rekeszben tárolt paletta áttárolásával érhető el. (86. ábra)



86. ábra

Felrakógéppel kiszolgált kétsoros tárolóállványzat

Vertikális kiszolgálóberendezések

Többszintes parkolórendszerekben a paletták függőleges irányú mozgását különféle felvonókkal oldják meg. A leggyakrabban használt típusok a kevesebb számú tárolószint esetén a hidraulikus, több szint esetén köteles, ellensúlyos felvonótípusok.



87. ábra

Felvonó alkalmazása gépkocsik függőleges irányú szállítására [70]

Mindkét esetben a járószékbe is beépítésre kerül egy “tároló-szállító” cella, de itt nem feltétlenül szükséges a mindkét koordinátatengely mentén való elmozdulás biztosítására, csak akkor, ha a rendszer kialakítása ezt megköveteli, vagyis a felvonókban nemcsak a homlok, illetve hátfelületén kell biztosítani a paletták átadását, hanem az oldalfelületein is. Ez elsősorban a be- és kiléptető rendszer kialakításától függ.

Automatikus parkolórendszerek be- és kiléptető rendszere

A be- és kiléptető kabinokat el kell látni megfelelő, távvezérelt kapukkal és személyi ajtókkal. A kapuk biztosítják, hogy a gépkocsivezetők csak akkor hajthassanak a beléptető

kabinba, amikor ott az üres tárolópaletta rendelkezésre áll, valamint a be- illetve kitárolás alatt – amikor a paletták mozgatása folyamatban van – ne tudjanak a kabinba és onnan a gépesített szállító-tároló térbe jutni a fokozott balesetveszély miatt.

A beléptető kabinban történik a gépjármű hordozópalettára történő pozicionálása a gépkocsivezető által, a gépkocsi paramétereinek – méretek, súly – ellenőrzése, valamint a gépjárművezető részére a kódhordozó eszköz átadása, amely célja a gépkocsi/vezető azonosítása. A beléptető kabinnak fel kell lennie szerelve a fenti műveleteket elvégző, illetve abban a gépkocsivezetőt segítő eszközöknek, melyek az alábbiak:

- méret- és pozícióellenőrző, pozicionálást segítő berendezés,
- tömegmérő berendezés,
- kódhordozót kiadó és/vagy azt olvasó készülék (vonalkód, mágneskártya, előre megvásárolható chipkártya, „prepaid” kártya (előre fizetett parkolási díj))

A gépkocsivezetőnek a beléptető kabinba való behajtás és megfelelő pozicionálás után rögzítenie kell a gépkocsiját, és le kell zárnia azt. A rögzítés a gépkocsi kézifékével, és sebességbe való tételével történik, de palettás rendszerekben alkalmazhatók a palettán elhelyezett automatikusan működő rögzítőelemek, mely kétségtelenül jó védelem feledékeny gépkocsivezetők esetén. A rögzítés ellenőrzése a helyes belépést segítő felügyelő személyzet vagy dinamikus vizsgálat – a paletta enyhe megrántása – segítségével történhet, de a palettán a gépkocsi rögzítése céljából elhelyezett eszközök esetén nem szükséges. A gépkocsivezető a jármű bezárása után kérésre kapja meg a kódhordozót, majd az ekkor kinyíló személyajtón keresztül távozzhat, mely bezárásakor megkezdődik a betárolás folyamata.



88. ábra

Be- és kiléptető kabin [37,70]

Zavart okozhat a rendszerben a nem megfelelő paraméterekkel rendelkező gépkocsi beléptető kabinba való belépése, főleg a külső várakozó sorral rendelkező rendszereknél. Ezért vagy a beléptető kabinoknál kell biztosítani az esetleges azonnali kilépés lehetőségét ún. menekülő útvonalon, esetleg a gépkocsi forgópaddal való elfordításával (ehhez szabadnak kell lennie a kabinkapu előtti útszakasznak).

A kiléptető kabinban történik a fizetés készpénzzel, parkolókártyával vagy bankkártyával, valamint a gépkocsi átvétele és a távozás. Ehhez megfelelő kiléptető terminálra van szükség a kiléptető kabin melletti területen, mely alkalmas a gépkocsivezető és járműve a beléptetéskor kiadott kódhordozó segítségével történő azonosítására és a parkolási díj ellentételezésére. Amennyiben megtörtént a gépkocsivezető azonosítása és a díj ellentételezése, megkezdődhet a kitárolás. Amint a gépkocsi a kiléptető kabinban rendelkezésre állt, kinyílik a kiléptető kabin személyajtaja, valamint kijárat külső kapuja és a gépkocsivezető kiparkolhat.

Probléma lehet a gépjárművezető fizetéseképtelensége, mely feloldására többféle megoldás is alkalmazható – hitel biztosítása, csekk kiállítása, visszatárolás, vagy választási lehetőség az előbb említettek közül –, de bármelyik is kerül alkalmazásra, biztosítani kell a rendszer zökkenőmentes működését. Egy esetleges visszatárolás zavart okozhat a rendszerben, és vitás kérdés lehet a gépkocsi, mint magántulajdon „visszatartása” is. Ezért ajánlott a beléptető kabinban videofelvételt készíteni a gépkocsiról és rendszámáról, de ez kiterjeszthető a teljes be- és kiléptetési folyamatra, mellyel nemcsak a vitás esetek tisztázhatók, hanem az elvesztett kódhordozó esetén is visszaadható a gépkocsi a rendszám és a forgalmi engedély alapján, általában különjelzárási díj fejében. Ha ugyanis a rendszám ismerete nélkül kerülnek betárolásra a gépkocsik, akkor a kódhordozó elvesztése esetén beazonosíthatatlan a jármű tárolási pozíciója, és így az nem tárolható ki. Ezért a beléptetéskor a rendszámfelismerő rendszerből kinyert adatot (rendszámot) is a gépkocsit tároló palettához kell rendelni, hogy a fenti probléma elkerülhető legyen. [49]



89. ábra

Jegykiadó automata és fizető automata

A beléptető és kiléptető kabinokban biztosítani kell üres, illetve a gépkocsikat tároló paletták mozgatását „tároló-szállító” cellák beépítésével, de itt is csak a be- és kiléptető rendszer kialakításától függően van szükség mindkét koordinátatengely mentén való elmozdulás biztosítására, hasonlóan a felvonók járószékéhez.

Az érdeklődő, illetve bizalmatlan gépkocsivezetők [90] részére biztosítani lehetne, hogy a parkolórendszer irányítórendszeréből nyert adatok alapján vizuálisan – animációval, vagy zártláncú kamerarendszer segítségével – nyomonkövethesse gékocsija be- illetve kitárolásának folyamatát, mellyel főleg a kitárolásnál való jelentősebb – de szigorúan 5 perccel nem meghaladó – várakozási idő kellemesebb eltelik. Ez a jelentősebb beruházási költségeket nem igénylő látványosság az automatizált parkolórendszerekkel szembeni bizalmatlanság gyors csökkenését, és népszerűségének növekedését szolgálhatja, elősegítve ezzel az APS-ek elterjedését és mindennapos használatává válását. Így talán kevésbé „fájna” a gépkocsivezetőknek a hazánkban igen nagy bírálatnak örvendő fizetős parkolási rend kialakulása, és könnyebben belátnák az APS-ek nyújtotta előnyöket.

Ideiglenes tárolópályák

Az ideiglenes tárolórendszerek feladata a parkolórendszer szűk keresztmetszeteinek feloldása, vagyis átmenetileg tárolják a gépkocsikat egy olyan rendszerelem előtt, amely nem tudja azonnal fogadni a palettákat. Leggyakrabban a beléptető kabinok előtt (külső várakozó sorok), a beléptető kabinok és a felvonók között, illetve a felvonók és a kiléptető kabinok között (belső puffersorok, vagy szállítópályák) fordulnak elő.

A parkolórendszerbe való beléptetésre várakozó gépkocsik sora soha nem akadályozhatja a kapcsolódó közúti forgalmat, ezért a parkolórendszer beléptető kabinja előtt lehetőség szerint külső várakozósorokat szoktak kialakítani. [49] Ezek szükséges hossza a beérkező gépkocsiforgalom intenzitásának ingadozásától függ. Amennyiben egy gépkocsi a várakozó sorba nem fér be, és ezzel a forgalmat akadályozza, tovább kell hajtania.

Többszintes gépi parkolórendszerekben a beléptető, illetve kiléptető kabinok és a felvonók közötti puffer sorok már gépesítést igényelnek.

A szükséges várakozóssorhossz a várható forgalom intenzitásának ismeretében szimuláció segítségével meghatározható. Emellett a várakozó sorok hosszai nem növelhetők egy bizonyos értéken túl, mert a gépkocsivezetők várakozási ideje nem lépheti át az előírányzott 5 percet. (1.2. fejezet), helyette a rendszer teljesítőképességének, kiszolgáló berendezései sebességének növelésével, illetve több beléptető kabin telepítésével csökkenthető.

Palettaforgató berendezések

A palettaforgató berendezés feladata a gépkocsit, vagy a gépkocsit tároló palettát a tárolási irányba, valamint a gépkocsit a kiléptető kabinból való kihajtási menetirányba fordítani. Bizonyos esetekben nincs rá szükség, ez be- és kiléptető rendszer, illetve a tárolótér kialakításától függ. A kiléptető kabinban viszont mindenképp ajánlott biztosítani, hogy a gépkocsivezető a gépkocsi orrirányába tudjon kihajtani, mert hátrameneti irányban jóval tovább tartana a művelet, és nagyobb a balesetveszély, ami jelentősen ronthatja a rendszer használati értékét.

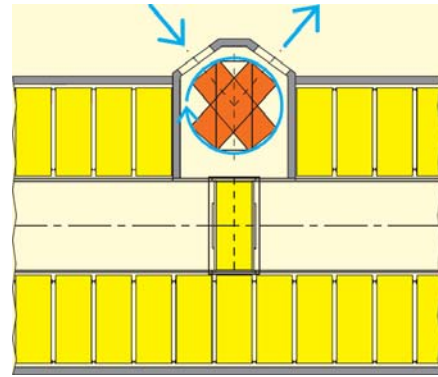


90. ábra

Palettaforgató berendezés (ideiglenes tárolópályába integrálva, Lödige GmbH)

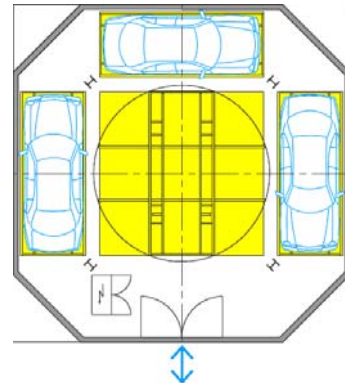
A palettaforgató berendezéseknek alkalmasnak kell lenniük nemcsak a paletta elforgatására, hanem a paletta felvételére és átadására is. Ez utóbbi két funkciót a rendszer kialakításától függően elláthatják a palettaforgató berendezésre, vagy az ahhoz kapcsolódó szállítóeszközökre integrált átadó- és átvevő eszközök.

Mivel a paletták forgatása nagy alapterületet igényel, a palettaforgató eszköz bizonyos esetekben a beléptető vagy a kiléptető kabinba (91. ábra), illetve a paletták vertikális és/vagy horizontális szállítóberendezéseire kerül integrálásra (92. és 93. ábra), de léteznek olyan megoldások is, amikor a tárolótérben történik a paletták forgatása. (94. ábra)



91. ábra

Palettaforgató berendezés a be- és kiléptető kabinban (Wöhr Multiparker 710) [70]



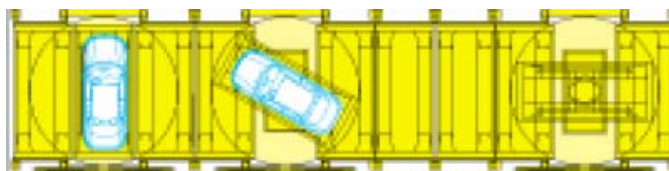
92. ábra

Felvonóba telepített palettaforgató berendezés (Wöhr CDT 584) [70]



93. ábra

Felrakógépre telepített palettaforgató berendezés (Wöhr Multiparker 700) [70]



94. ábra

Palettaforgató berendezés a tárolótérben [70]

Tárolandó gépkocsik

A gyakorlatban a betárolható gépkocsik méreteit a gépjárműpiacon fellelhető jármű-egyedek adatai és gyakorisága alapján határozzák meg. [57,66] Az autógyártók által kínált járművek esetében egyszerű ennek meghatározása, de a már nem gyártott és forgalmazott modellek esetében ez bonyolult lehet, ha visszamenőleg nem állnak rendelkezésre erre vonatkozó információk. Mindenesetre az új járműmodelleknél a külső méretek (és természetesen a belső méretek) növekedési tendenciája figyelhető meg néhány esetet kivéve.

Természetesen nem lehet cél a járműmodellek teljes vertikumának kielégítése, hisz az extrém méretű esetek – egyterűek, kisteherautók, terepjárók, luxusautók, limuzinok – általában kisebb számban fordulnak elő (bár az utóbbi időben egyre népszerűbben az ún. egyterű családi gépjárművek, melyek elsősorban nagyobb magasságúak, de tömegük nem tér el jelentősen az alapmodellektől), így csak minimális előny származik belőle, de viszonylag nagy többletráfordítás árán. Az extrém méretű gépjárművekkel kapcsolatban tehát két lehetőség kínálkozik:

- kizárni őket a parkolórendszer felhasználói köréből,
- a rendszerben bizonyos számú tárolóhelyet kialakítani számukra, például egy- vagy több tárolószinten.

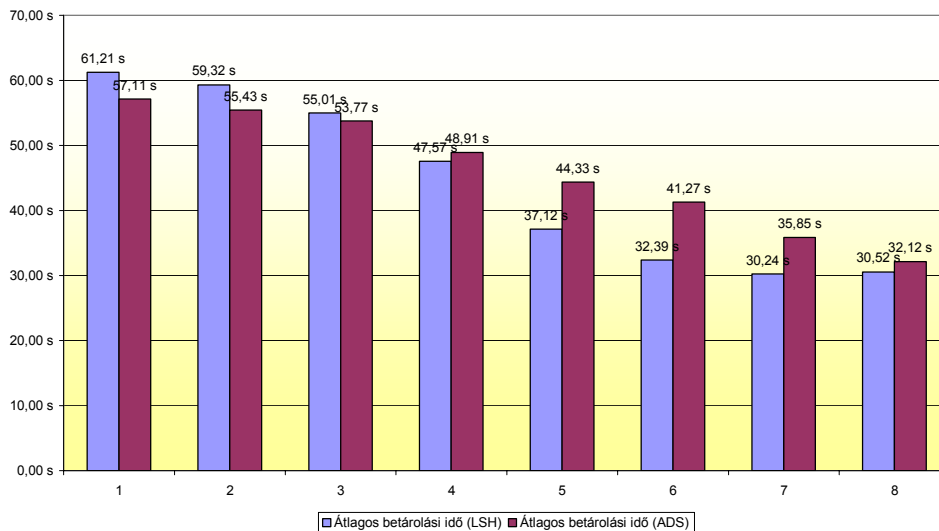
Az utóbbi megoldást **elsősorban** a gépjárművek **magasságának** tekintetében lehet érvényesíteni nagyobb belmagasságú tárolószintek kialakításával [82], de ez egyben a rendszer diszponálási stratégiáinak bővítését is igényli. A gépkocsik hosszmérete szempontjából több megoldás is rendelkezésre áll, de speciális rendszerváltozatok alkalmazását igényli. (palettanélküli tárolórendszerek [25,33,84], szegmentált palettás csatornás tömbtárolás [57]) A gépkocsik szélessége tekintetében viszont jelentős eltérés nem tapasztalható, így ezzel a kérdéssel nem érdemes foglalkozni.

Tervezési szempontból adódik a kérdés, hogy megéri-e bonyolítani a rendszer kialakítását és működtetését, vagy az ebből származó nyereség és további előnyök nem fedezik a ráfordításokat. A diszponálási stratégiák szempontjából lehet érdekes a kérdés, hogy ezeket a speciális tárolóhelyeket, illetve tárolószinteket lentebb vagy fentebb érdemes kialakítani, Figyelembe kell venni az adott gépjármű nagyobb magasságából következő **esetleges súlytöbbletet**.

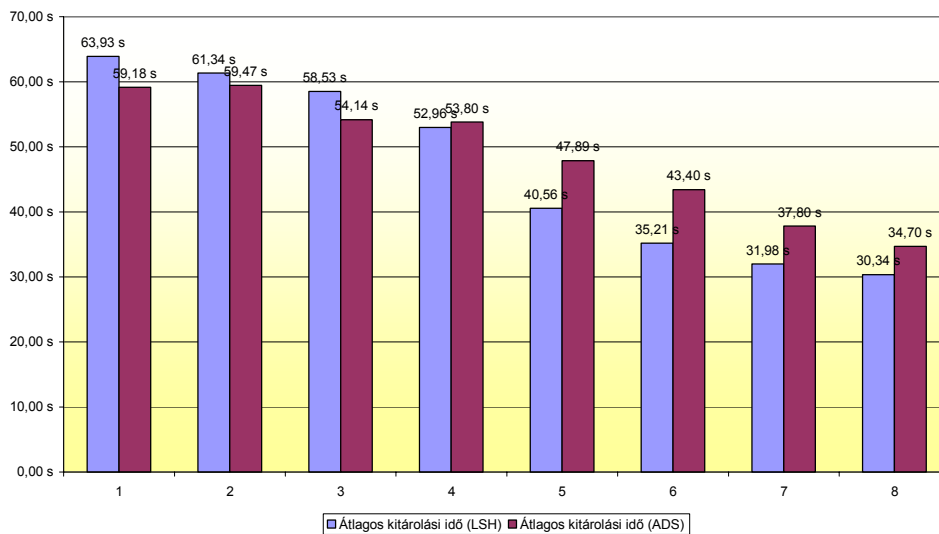
B. Felvonók szimulációs vizsgálatának eredményei

Felvonók autonóm diszponálási stratégiái hatékonyságának vizsgálata

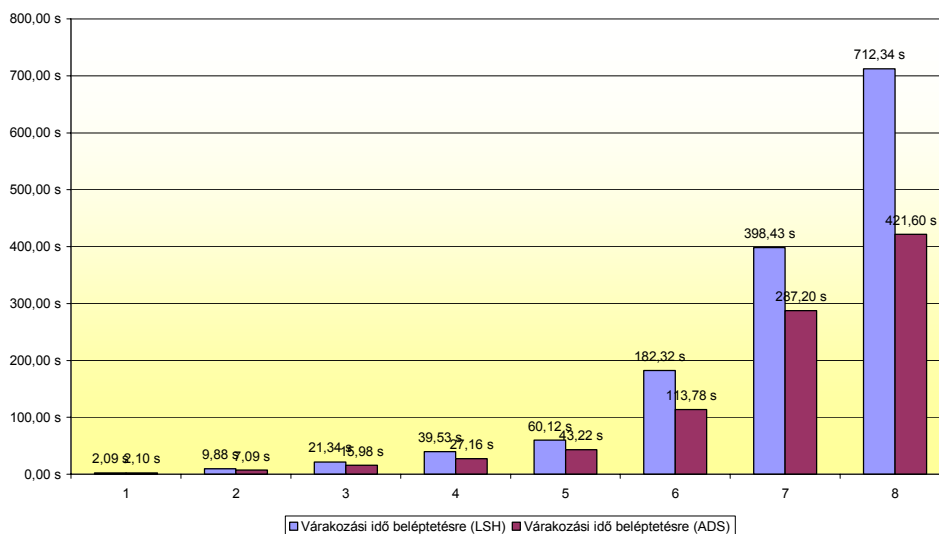
Betárolás átlagos időtartamának alakulása



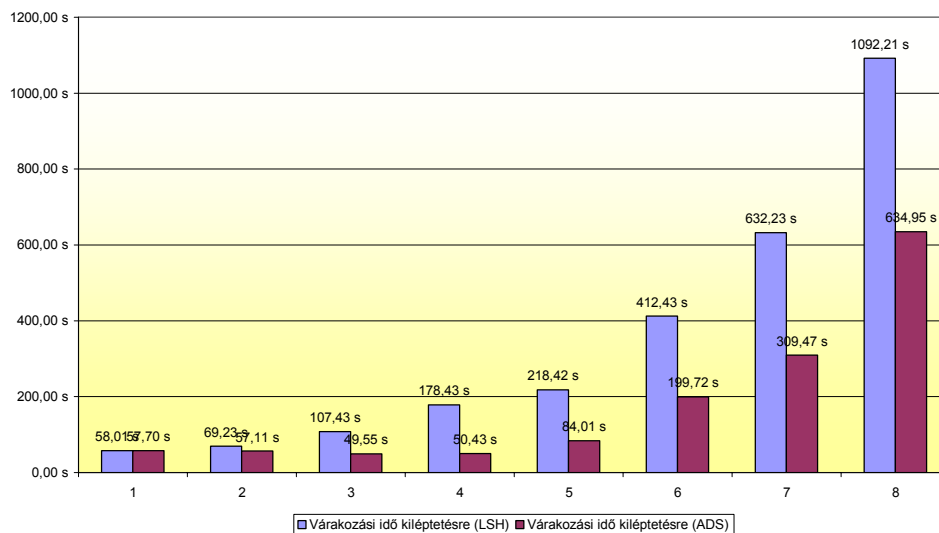
Kitárolás átlagos időtartamának alakulása



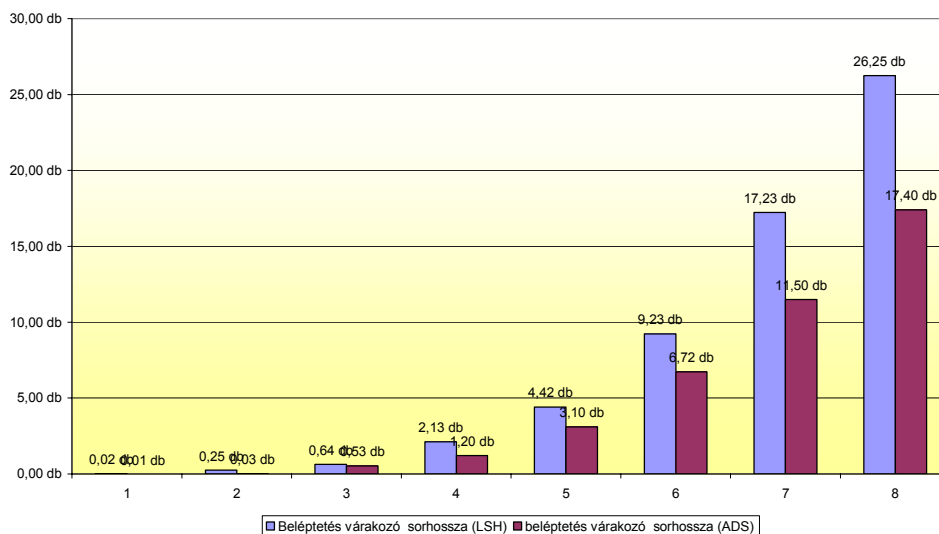
Beléptetésre való várakozás átlagos időtartamának alakulása



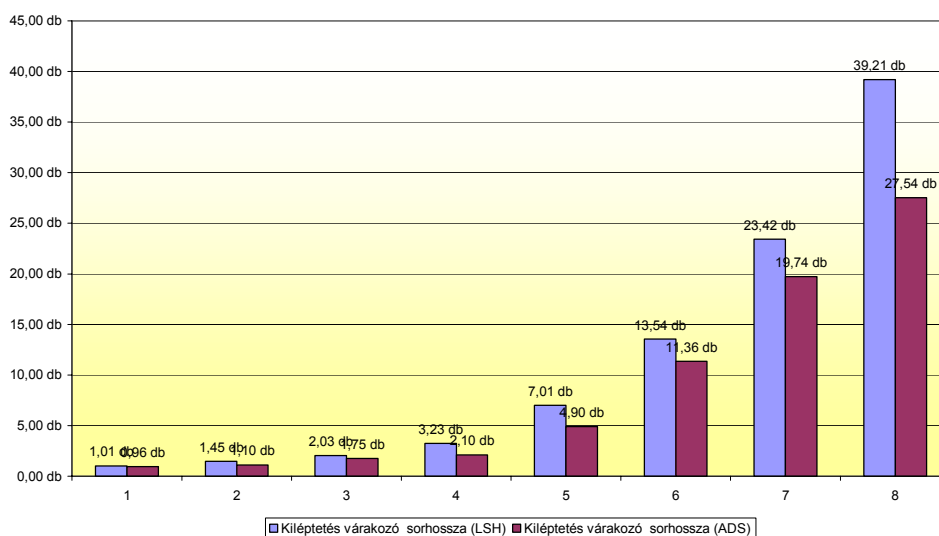
Kiléptetésre való várakozás átlagos időtartamának alakulása



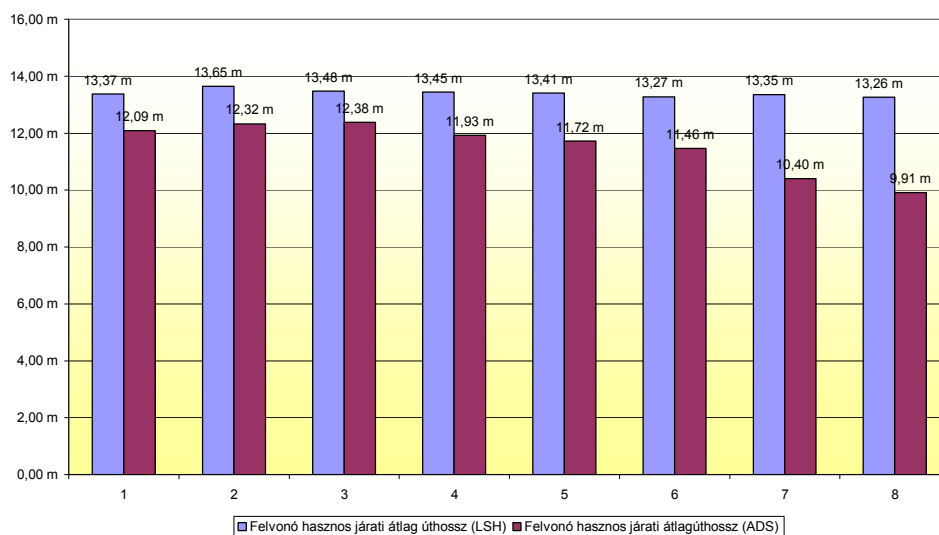
Beléptetésre várakozók sorának átlagos hossza



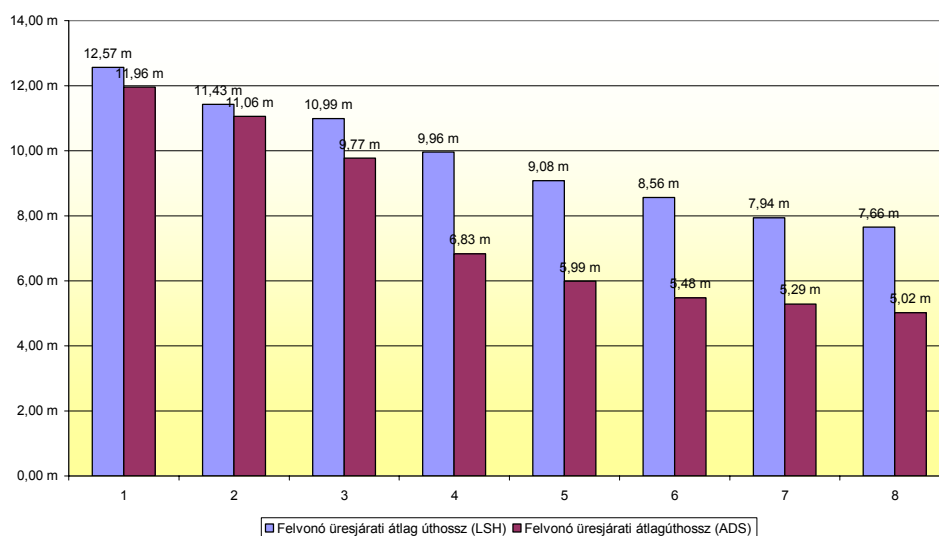
Kiléptetésre várakozók sorának átlagos hossza



Felvonó átlagos hasznos járáti úthossza



Felvonó átlagos hasznos járáti úthossza



C. Tárolótéri teljesítőképesség és útigény elemzéséhez használt alapadatok

A kereszt- és hosszirányú palettatárolási módok esetén jelentkező maximális idő- és útigény összehasonlításához egy adott hosszúságú blokkban hosszirányban és keresztirányban elhelyezhető tárolócellák száma

8. táblázat

Hosszirányú tárolási mód		Keresztirányú tárolási mód		Cella veszteség	Terület- veszteség		Cellaszám- eltérés
Cellaszám	Blokk hossza	Cellaszám	Hosszveszteség				
1	5,5 m	2	0,75 m	38%	4,13 m ²	13,6%	1
2	11,0 m	5	0,50 m	25%	2,75 m ²	4,5%	3
3	16,5 m	8	0,25 m	13%	1,38 m ²	1,5%	5
4	22,0 m	11	0,00 m	0%	0,00 m ²	0,0%	7
5	27,5 m	13	0,75 m	38%	4,13 m ²	2,7%	8
6	33,0 m	16	0,50 m	25%	2,75 m ²	1,5%	10
7	38,5 m	19	0,25 m	13%	1,38 m ²	0,6%	12
8	44,0 m	22	0,00 m	0%	0,00 m ²	0,0%	14
9	49,5 m	24	0,75 m	38%	4,13 m ²	1,5%	15
10	55,0 m	27	0,50 m	25%	2,75 m ²	0,9%	17
11	60,5 m	30	0,25 m	13%	1,38 m ²	0,4%	19
12	66,0 m	33	0,00 m	0%	0,00 m ²	0,0%	21
13	71,5 m	35	0,75 m	38%	4,13 m ²	1,0%	22
14	77,0 m	38	0,50 m	25%	2,75 m ²	0,6%	24
15	82,5 m	41	0,25 m	13%	1,38 m ²	0,3%	26
16	88,0 m	44	0,00 m	0%	0,00 m ²	0,0%	28
17	93,5 m	46	0,75 m	38%	4,13 m ²	0,8%	29
18	99,0 m	49	0,50 m	25%	2,75 m ²	0,5%	31
19	104,5 m	52	0,25 m	13%	1,38 m ²	0,2%	33
20	110,0 m	55	0,00 m	0%	0,00 m ²	0,0%	35

Keresztirányú és hosszirányú tárolási mód összehasonlításához alkalmazott alapadatok a VDI 4466 ajánlása [13] alapján

9. táblázat

Geometriai paraméterek	
Egy cellányi szállítási út x irányban:	$s_x = 5,5$ m
Egy cellányi szállítási út y irányban:	$s_y = 2,2$ m
Egy emeletnyi szállítási út:	$s_z = 2,5$ m
Manipulációs sebességek	
x irányú szállítási sebesség:	$v_x = 1$ m/s
y irányú szállítási sebesség:	$v_y = 1$ m/s
Felvonó szállítási sebessége:	$v_z = 0,5$ m/s
Manipulációs idők	
Egy cellányi szállítási idő x irányban:	$t_x = 5,5$ s
Egy cellányi szállítási idő y irányban:	$t_y = 2,2$ s
Egy cellányi szállítási idő z irányban:	$t_z = 5$ s