

DEBRECENI AGRÁRTUDOMÁNYI EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMI KAR  
ÜZEMTANI TANSZÉK

A SZÁMÍTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA  
AZ OPERATÍV IRÁNYÍTÁSBAN

DR. TÓTH JÓZSEF

DEBRECEN

1987

DEBRECENI AGRÁRTUDOMÁNYI EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEMI KAR  
ÜZEMTANI TANSZÉK

A SZÁMITÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA  
AZ OPERATIV IRÁNYÍTÁSBAN

DR. TÓTH JÓZSEF

DEBRECEN

1987

Lektorálták:

Dr. Bartos Attila tanszékvezető  
egyetemi docens  
a mezőgazdasági tudomány kandidátusa

Dr. Ertsey Imre  
egyetemi adjunktus  
a mezőgazdasági tudomány kandidátusa

Készült a  
DEBRECENI AGRÁRTUDOMÁNYI EGYETEM  
Sokszorosító Üzemében  
230 oldal. 425 példány.

80/1987.

Fk.: Dr. Szász Gábor Fv.: Molnár Ferenc

## TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
BEVEZETÉS.....	7
1. FEJEZET. ALAPFOGALMAK. IRÁNYÍTÁS. VEZÉRLÉS. SZABÁLYOZÁS. KIBERNETIKA.....	10
2. FEJEZET. A SZÁMITÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA A NÖVÉNYTERMESZTÉS OPERATIV IRÁNYÍTÁSÁBAN.....	24
2.1. Egyszerűbb eljárások.....	24
2.2. Optimalizáló eljárások.....	27
2.3. Munkaműveletek és munkafolyamatok számítógépes irányítása.....	35
2.4. A hálótervezés alkalmazása a növénytermesztés irányításában.....	38
2.5. A táblatörzskönyvek számítógépes rendszere és alkalmazása az irányításban.....	42
3. FEJEZET. A SZÁMITÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA AZ ÁLLATTÉNYÉSZTÉS OPERATIV IRÁNYÍTÁSÁBAN.....	43
3.1. Nyilvántartási és előrejelzési rendszerek.....	43
3.2. Az állományváltozás szimulációja.....	44

3.3. Takarmány készletnyilvántartás és a beltartalmak átszámítása.....	46
3.4. Takarmányadagok és takarmánykeverékek optimalizálása.....	50
3.5. Takarmányadag és takarmánykeverék optimalizálási modellek.....	68
3.5.1. Takarmányadagok optimalizálása szárazon- álló tejtípusú tehén részére.....	71
3.5.2. Takarmányadag 650 kg-os tehén részére 38 kg 3.5 %-os zsírtartalmú tej ter- melésére.....	76
3.5.3. Takarmányadag 600 kg testtömegű 32 kg 3.4 %-os zsírtartalmú tejet termelő tehén részére.....	83
3.5.4. Marhahústermelés és növendéknevelés takarmányadagjának optimalizálása.....	97
3.5.5. Optimalizálás energiaszükségleti változók segítségével.....	106
3.5.6. Optimalizálás energiakoncentráció alapján	109
3.5.7. Optimalizálás átcsoportosító változóval..	111
3.5.8. Takarmányadagok és takarmánykeverékek optimalizálásának kiterjesztéséről.....	115
3.6. A takarmányfelhasználás tervezése és operatív irányítása vállalati szinten.....	129

3.7. Az alaptakarmány és pótabrak optimális arányának meghatározása.....	135
3.8. Tehenészetek gazdasági elemzése és operatív irányítása.....	152
3.8.1. A tehenészetek hozam és költség vizsgálata.....	152
3.8.2. A matematikai modell.....	156
3.9. Gazdasági elemzés az állattenyésztésben és az operatív irányítás.....	159
3.10. Az állattenyésztési technológiák megvalósításának operatív irányítása.....	173
4. FEJEZET. MUNKASZERVEZÉS ÉS A GÉPÜZEM IRÁNYÍTÁSA.....	175
4.1. Munkaügyi nyilvántartás és felhasználása az operatív irányításban.....	175
4.2. Munkaütemezés, munkaszervezés.....	176
4.3. Gépi munkák szervezése.....	177
4.4. Napi feladattervek és napi jelentések.....	183

5. FEJEZET. SZÁMÍTÓGÉPES KÉSZLET ÉS ESZKÖZGAZDÁLKODÁS ÉS AZ OPERATIV IRÁNYÍTÁS.....	186
5.1. Készlet- és anyaggazdálkodási rendszerek az operatív irányításban.....	186
5.2. Készletgazdálkodás analitikus vizsgálata.....	188
5.2.1. Készletgazdálkodás egyenletes felhaszná- lás esetén.....	189
5.2.2. Készletgazdálkodás nem egyenletes fel- használás esetén.....	200
5.3. A készletnagyság és sorozatgyártás optimális méretének meghatározása.....	208
5.4. Számítógépes állóeszközgazdálkodási rendszerek..	216
5.5. Pótlási modellek.....	218
6. FEJEZET. KÖLTSÉGGAZDÁLKODÁS ÉS OPERATIV IRÁNYÍTÁS....	223
7. FEJEZET. A SZÁMÍTÓGÉPES OPERATIV IRÁNYÍTÁS TÁVLATAI ÉS FELADATAI.....	227
FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE.....	229

## BEVEZETÉS

Az úttörő szerep vállalása mindig nehéz feladat. Márpedig ilyen jellegű könyv vagy jegyzet, amely arra vállalkozott volna, hogy a számítástechnikának a mezőgazdaságban az operatív irányításban történő alkalmazását kísérelje meg tananyagszerűen leírni, ezideig tudomásom szerint nem jelent meg. Fellelhetők - többek között a szerző tollából is - különböző alkalmazási leírások egy-egy probléma megoldására, de nincs komplex operatív irányítási számítástechnikai rendszer, vagy ilyen jellegű könyv, tananyag. Ilyenformán számolnom kell a kísérletezés veszélyeivel, s azzal is, hogy megközelítőleg sem sikerül olyan tananyagot összeállítani, amelyet szeretnék.

Munkámat számos tényező nehezíti. A tananyag terjedelme erősen korlátozott. Össze kell hangolnom más tárgyak, különösen a matematika, operációkutatás, számítógépek a vállalati gazdálkodásban tantárgyak tananyagával. Nem könnyű megválasztani, hogy a szükséges és lehetséges ismeretek közül melyek kerüljenek e tantárgy és melyek az előbb felsorolt tantárgyak, vagy esetleg fakultatív tárgyak keretébe. Egyes alkalmazási területek és módszerek e helyütt kerülnek először publikálásra, de ettől függetlenül is a tananyag igen jelentős része saját kutatásaim eredménye. A visszaélések elkerülése érdekében kénytelen vagyok kinyilvánítani, hogy a tananyagban leírt saját szellemi termékeknek szoftverírás vagy más üzleti célú felhasználásukhoz a szerző írásbeli hozzájárulása szükséges.

A tananyag megírásánál a következő elveket kíséreltem meg követni:

- Feltételeztem a matematika, a statisztika és az operációkutatási ismeretek tantárgyak birtoklását, ezekre támaszkodva lehetőség nyílik az alkalmazott matematikai modellek rövidebb tárgyalására vagy arra, hogy egyes módszerekre és eljárásokra csupán hivatkoz-

zak, mellőzve részletesebb leírásukat.

- Az elméleti és a módszertani ismereteket gyakorlati példákkal, utalásokkal kísérelem meg alátámasztani elősegítve, hogy a tanulókat a szaktárgyak konkrét feladataira könnyen lehessen alkalmazni.

- Különösen törekszem arra, hogy az operációkutatási ismeretek, valamint a számítógépek a vállalati gazdálkodásban tantárgyakkal megfelelő kapcsolatot és elhatárolást biztosítsak. Az operációkutatási ismeretek c. tárgyat az általános módszertani ismeretek tantárgyának tekintem, ezért a számítástechnika alkalmazása az operatív irányításban c. tantárgy keretében csak olyan esetben folyamodom az általános módszertani ismeretekhez, amikor az operációkutatás tantárgyban tanultakat esetleg kénytelenek vagyunk túllépteni.

Nehezebb ennek fordítottját biztosítani. Az operációkutatás tantárgya ugyanis kénytelen az alkalmazás köreibe is átnyúlni példák erejéig, hogy az általános módszertani ismeretek könnyebb el-sajátítását elősegítse.

Nem könnyebb a helyzet a számítógépek a vállalati gazdálkodásban c. tárggyal való kapcsolatot illetően sem. Lényegében ugyanazok az elvek és módszerek alkalmazhatók a vállalati gazdálkodásban is, amelyek az operatív irányításban alkalmazhatók csak más kiterjesztéssel, más céllal és más megfogalmazásban. E tekintetben úgy kísérelem meg az elhatárolást, hogy általában a mindennapi gyakorlati tevékenységgel és általában egy-egy kisebb részterülettel kapcsolatban jelentkező ismétlődő feladatokat az operatív irányítás, míg a komplex vállalati döntésmegalapozás, tervezés és elemzés stb. kérdéseit a vállalati gazdálkodás tárgyához sorolom.

A fenti elhatárolásokat nem minden esetben veszem szigorúan. Tudatában vagyok ugyanis annak, hogy a fenti elhatárolások nem egyedüli lehetőségek és biztosan nem is tökéletesek, s annak is,

hogy tananyagunk számos kívánalmat hagy majd maga után, hiszen annak megválasztása sem egyszerű, hogy mi kerüljön a szűkreszabott terjedelmű tananyagba a lehetséges területek és eljárások közül. Lehet, hogy az, ami ma még kevésbe fontosnak tűnik, holnap égető problémává válik, vagy ami ma fontos, holnap érdektelen lesz. A számítástechnika alkalmazásának gyors fejlődése újabb és újabb alkalmazási területeket és módszereket hoz felszínre. Minden nehézség ellenére is abban a reményben végzem munkám, hogy várható sok fogyatékosága ellenére is sikerül leraknom a tantárgy alapjait, ami nagy segítséget fog nyújtani a Debreceni Agrártudományi Egyetem hallgatóinak és szakmérnökhallgatóinak is a számítástechnikának a mezőgazdaságban az operatív irányításban való alkalmazásához szükséges ismeretek megszerzéséhez.

1.FEJEZET. ALAPFOGALMAK. IRÁNYÍTÁS. VEZÉRLÉS. SZABÁLYOZÁS.  
KIBERNETIKA.

Az operatív irányítás fogalmát sem könnyű egyértelműen definiálni.

Irányítás alatt általában valamilyen működő rendszer (szervezet, szerkezet, jelenség) meghatározott működésének biztosítása érdekében történő beavatkozást, műveletet, tevékenységet értünk. A szervezet lehet biológiai, társadalmi vagy gazdálkodási rendszer, amelyben a rendszerelemek mozgása és egymáshoz, valamint más rendszerekhez, illetve más rendszerek elemeihez való kapcsolata változó. A szerkezet bármilyen mechanizmus (gépi, eszköz, stb.), amelyre szintén fennállnak a rendszer és a mozgás előbb meghatározott kritériumai. Ugyanez vonatkozik a jelenségekre is, amelyekhez a szervezet és a szerkezet fogalmába nem sorolható (de gyakran valamilyen szervezettel vagy szerkezettel kapcsolatban lévő) rendszert értek, amely az előbbi rendszerkritériumokkal rendelkezik. Így például a gondolati rendszerek, világnézeti rendszerek stb. az emberhez kapcsolódó, több elemet rendszerbefoglaló változó jelenségek. A villámlás, a jégeső stb. a légkörben lejátszódó folyamatokhoz kapcsolódnak stb.

Az irányítás lehetősége és szükségessége csak működő rendszerek esetében áll fenn. Nem működő rendszer irányításának nincs értelme. De még a működő rendszer esetében is meghatározott kritériumai vannak az irányítás lehetőségeinek. A működő rendszer irányításának lehetősége és szükségessége csak abban az esetben áll fenn, ha a rendszer működése változó, vagy változó lehet. Így például egy állandó, meghatározott mozgást, vagy meghatározott tevékenységet végző rendszer esetén, amikor a rendszer mozgása nem változik, vagy/és nem is változtatható nem merül fel az irányítás lehetősége és szükségessége. Ugyanez a helyzet akkor is, ha a rendszer működése periódikusan változó, vagy bármilyen rendszerben, vagy rendszertelenül (véletlenszerűen) változó, de irányít-

hatatlan rendszer. Így például nem gondolhatunk a napszakok változásának, a föld forgásának, a nap pályájának irányítására stb.

Az operatív szót is többféle értelemben használjuk, tevéleges, gyakorlati stb. értelmezésben számos szóösszetételben megtaláljuk.

Mi a továbbiakban az operatív irányítást elsősorban mint gazdasági rendszerek, gazdasági tevékenységek és folyamatok, vagy ezekhez valamilyen formában kapcsolódó rendszerek működését általunk kívánt irányba befolyásoló mindennapos (illetve folyamatos, szükség szerinti), gyakorlati befolyásolását fogjuk tárgyalni.

#### Az irányítás célja:

Az előbbi definíciókból következik az irányítás célja.

Az irányítás célja mindig az, hogy az adott rendszer, amelyet irányítunk az általunk kívánt működést valósítsa meg, illetve működése az általunk kívánt eredményhez vezessen. E szerint az irányítás célja lehet egy adott rendszer működésének elindítása, fenntartása, megváltoztatása, vagy megállítása. Ez magábafoglalja az irányítás szubjektív elemét az irányítást végző kívánságát, megítélését is. Ez viszont konfliktus helyzeteket idézhet elő. Egyrészt, ha az irányítás ember által történik és az irányításban több ember vesz részt eltérőek lehetnek kívánságaik és megítéléseik, másrészt (egy ember esetében is) helytelen helyzetmegítélés, vagy kívánságaink célszerűtlen meghatározása ellentmondásokhoz, nemkívánt eredményekhez vezethet. (Tulajdonképpen automatizált irányítás esetén, amikor az irányításban gépek, eszközök, szerkezetek játszanak szerepet, hasonlóan előfordulnak konfliktushelyzetek a gépek, szerkezetek kopásából, meghibásodásából, eltérő érzékenységből, eltérő beállításából, vagy programozásából adódóan.)

Mi a továbbiakban általában eltekintünk a szubjektumból fakadó tényezőktől, s feltételezzük, hogy az irányítás célja objektív tényezők által meghatározott, illetve a rendszer működésének körülményeit objektív tényezőkre alapozva ítéljük meg. Feltételezzük tehát, hogy az irányításban résztvevő ember illetve emberek helyzetmegítélése objektív és szubjektív érdekeik nem állnak ellentétben az objektív értékítélettel. (Ezzel azonosan értelmezhető automatizált irányítás esetén, hogy az irányításban résztvevő gépek, szerkezetek hibátlanok illetve nem hibázhatnak).

"Hibátlan" optimális irányítás módszertani bemutatására illetve tárgyalására törekszünk, de tudatában annak, hogy a valóság soha nem ideális. Éppen ezért rámutatunk konfliktushelyzetekre, sőt esetenként kimondva, vagy kimondatlanul az irányítás módszertani és gyakorlati szempontból egyaránt éppen a konfliktushelyzetek megoldását, vagy kialakulásának megakadályozását szolgálja.

A tárgyalásra kerülő módszereket egyébként kizárólag módszertani szempontból tekintve nem befolyásolják az irányítás tartalmi eltérései, azok általánosan, bármilyen tartalmi meghatározottság mellett alkalmazhatók. Ugyanaz a módszer tehát különböző irányítási céllal is használható, objektív, vagy szubjektív tartalommal is megtölthető.

#### Vezérlés. Szabályozás.

Az irányítás lehet izoláció, vezérlés, vagy szabályozás.

Izoláció azt jelenti, hogy kiküszöböljük eleve a rendszer működését zavaró hatásokat azáltal, hogy olyan körülményeket teremtünk, amelyek a zavaró hatások bekövetkezését megakadályozzák.

Vezérlés alatt azt értjük, hogy valamilyen irányító, vezérlő rendszer segítségével elérjük, hogy egy vezérelt rendszer állandóan az általunk meghatározott módon működjön. Itt tehát a vezérelt rendszer szigorúan előre meghatározott működést végez,

attól el nem térhet, így például a vonat mozgásirányát a vasúti sinek vezérlik, vezérlőműveket (szerkezeteket) találunk a különböző gépekben. A gépkocsi motor esetén a szelepeknek a motor működésével összehangolt mozgását a vezérlőmű biztosítja stb. A vezérlés tehát azt jelenti, hogy a rendszer működésébe a beavatkozás mindig akkor történik, amikor a rendszer működésébe zavar keletkezne, mégpedig a zavaró hatással ellentétes irányban és olyan mértékben, hogy a zavaró hatás és a beavatkozás eredője 0 legyen.

Szabályozás alatt azt értjük, hogy egy szabályozó rendszer állandóan információt kap a szabályozott rendszer működéséről, illetve működésének eredményéről. Amennyiben a szabályozott rendszer működése, vagy működésének eredménye a kívánatostól (esetleg az általunk meghatározott tűrési határon túl) eltér, a szabályozó rendszer beavatkozik a szabályozott rendszer működésébe és azt a kívánatosnak megfelelően állítja vissza. A szabályozás során tehát a beavatkozás a rendszer működésébe akkor történik, amikor már a rendszer működése a kívánatostól már egy meghatározott mértékben eltér.

A számítástechnika alkalmazását a mezőgazdasági operatív irányításban az automatizálhatóság perspektíváját tekintve célszerű megközelíteni. Mind az izoláció, mind a vezérlés, valamint a szabályozás részben vagy egészében, most vagy a jövőben automatizálható, illetve az irányítás folyamatában mind nagyobb szerepet játszik automatizált rendszerek beépítése.

Az irányítás automatizálása rendszerszemléleti, kibernetikai megközelítést kíván. A gazdasági rendszerek irányítására a vezérlés és a szabályozás közül alapvetően a szabályozás jellemző.

### Kibernetika

A kibernetikai szó a görög kübernétész (kormányos) szóból ered. Mai értelemben történő használata Wiener-től ered 1947-ből. Később a következőket írja: "Elhatároztuk, hogy az önműködő

vezérlésnek, illetve a hírközlés elméletének az egész területét akár gépről, akár emberről van szó a kibernetika névvel fogjuk jelezni, amelyet a görög kübernétész vagyis kormányos szóból képeztünk. E kifejezés választásával azt is szeretnénk elismerni, hogy a visszacsatolási mechanizmusról szóló első jelentős tanulmány az a regulátorokról szóló dolgozat, amelyet Clerk Maxwell 1868-ban publikált, az eredeti angol címben szereplő governor kifejezés tulajdonképpen a kübernétész szónak egy latinositott módosulata. Szeretnénk utalni arra a tényre is, hogy a hajó kormányserkezete valóban a visszacsatolási mechanizmusok egyik legkorábbi s legjobban kifejlesztett formája". (Idézi Csató István: A kibernetika. Kossuth Könyvkiadó, Budapest 1971.)

A kibernetika tudomány tehát az önműködő rendszerek közös sajátosságainak tanulmányozása során született. Fiatal tudományág, s tárgyának meghatározását még ma sem tekinthetjük véglegesnek és egyértelműnek. Eredeti definícióját véve alapul, - mint láttuk - az önműködő vezérlés és hírközlés elmélete képezi a kibernetikát. Más meghatározások szerint a kibernetika a hírközlés, a vezérlés és az ellenőrzés tudománya, függetlenül attól, hogy ezek a funkciók gépekben, élő szervezetekben, társadalmakban valósulnak meg. Ilyen értelemben a fenti funkciókat is tágan értelmezzük.

Ilyen megfogalmazásban a vezérlés valamely rendszer (élő szervezet, társadalmi, gazdasági szervezet, gép stb.) működésének irányítása. A vezérlés mindig együtt jár információ feldolgozásával és saját információk termelésével. A hírközlés alatt értünk minden olyan folyamatot, amely az információk áramlásával (időbeli, térbeli mozgásával) és tárolásával kapcsolatos. Ellenőrzés olyan információk megteremtését jelenti, amelyek a vezérelt rendszer működéséről tájékoztatnak.

Mint már szó volt róla a gazdasági rendszerek irányítása során alapvető szerepe a szabályozásnak van. A gazdasági rendszerek működése valamilyen környezetben megy végbe, s a rendszer és környezete között kapcsolat van. A rendszer működéséhez környezetéből

anyagot, energiát és információt vesz fel. Ezek a rendszer működése során átalakulnak és ugyancsak anyag, energia és információ formájában átadásra kerülnek a rendszer környezete számára. A környezetből való anyag, energia és információ felvételt a rendszer bemenetének, inputjának, ráfordításának, az anyag, energia és információ környezet számára történő átadását a rendszer kimenetének, outputjának, kibocsájtásának nevezzük. Tekintve, hogy a rendszerbe beáramló anyag, energia és információ átalakuláson megy keresztül a rendszer működése során, így a rendszer outputja formáját tekintve más lesz, mint inputja.

A rendszer működésének szabályozását a szabályozó rendszer végzi. A szabályozó rendszer számára információra van szükség egyrészt a rendszer kívánatos működéséről, másrészt a rendszer tényleges működéséről. A rendszer kívánatos működéséről általában a működésre vonatkozó leírás (terv, meghatározott normatív értékek), tényleges működéséről az ellenőrzés tájékoztat. A rendszer kívánatos és tényleges működésének egybevetése, eltérésük megállapítása készíti a szabályozó rendszert a szabályozott rendszer működésébe történő szükségszerű beavatkozásra.

Egy rendszer szabályozásának folyamata nem feltétlenül teszi szükségessé, hogy a szabályozó rendszer folyamatosan és részletesen informálódjon a szabályozott rendszer minden elemének működéséről. Végbemenhet a szabályozás akkor is, ha a szabályozott rendszerben végbemenő folyamatot (vagy annak egy részét) egyáltalán nem is ismerjük (fekete doboz), de ismerjük a rendszer inputjait és outputjait, s elegendő ismerettel rendelkezünk annak megítéléséhez, hogy hogyan változik a rendszer outputja akkor, ha inputját változtatjuk. Ez esetben ugyanis a rendszer outputjának állandó ellenőrzésével egyidejűleg inputjait mindaddig változtatjuk ameddig a kívánatos outputot el nem érjük, illetve az input változtatásokat szükség szerint mindig elvégezzük, amikor a rendszer outputja eltér a kívánatostól.

A rendszer szabályozásában lényeges szerepe van tehát a tervnek (a kívánatos működés illetve kívánatos output meghatározottságának és ismeretének) és az ellenőrzésnek (a tényleges működés illetve output ismeretének). Beavatkozni a rendszer működésébe (szabályozni működését) csak akkor kell, ha az a tervezettől (kívánatostól) eltér illetve bizonyos tűrési szinten túli eltér.

Természetesen a terv maga is változhat a rendszer működése során, s a tervtől való eltérés megállapításánál mindig az aktuális tervet (és az aktuális tűrési paramétert) kell figyelembe venni.

Egy rendszer működése annál jobb minél kevésbé kell a szabályozó rendszernek beavatkozni a szabályozott rendszer működésébe. Ebből az is következik, hogy az az egészséges ember, akinek nincs szüksége orvosra és gyógyszerre, és az a jól működő gazdasági szervezet, ahol a (lehetőleg kislétszámú) vezetésnek nem sok dolga akad, s akkor jól működő egy ország gazdasága, ha kevés szabályozóval, s a szabályozók minél ritkábban történő változtatásával is ütemesen és arányosan fejlődik.

Mind a rendszerelmélet, mind a kibernetika rendszerekkel foglalkozik. Míg azonban a rendszerelmélet a rendszer egészét magasabb szintézisben vizsgálja, addig a kibernetika a különböző rendszerek irányításának kérdéseivel foglalkozik, tehát általános irányításelméletnek tekinthető.

A kibernetika a következő kérdésekre keresi a választ:

Hogyan irányíthatunk olyan bonyolult rendszereket, amelyeket nem is ismerünk teljesen.

Hogyan irányíthatunk olyan rendszereket, amelyek elemei igen változatosak, eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, működésük előre nem jelezhető pontosan, sőt gyakran működésük ismeretlen mér-

tékben megbízhatatlan.

Hogyan irányíthatunk olyan rendszereket, amelyek állapotát, működését nagyszámú változó tényező határozza meg.

A kibernetika szemléletmódját és módszereit jellemzi, hogy

- központi szerepet játszik az információ
- az irányítandó rendszereket mozgásukban és fejlődésükben, változásukban vizsgálja
- tárgyalásmódját a viszonylagosság jellemzi
- a rendszert és környezetét egymással való sokoldalú kapcsolatában, kölcsönhatásában vizsgálja
- vizsgálati módszere deduktív
- vizsgálatához felhasználja a fekete doboz (black box) és a modell módszert.

A fekete doboz módszer

Mint már arról szó volt gyakran a rendszer belső szerkezete, belső működése nem ismeretes és nem is ismerhető meg, vagy nem ismerhető meg a rendszer működésének befolyásolása nélkül, vagy pedig az nem is érdekel bennünket, mert a rendszer kimeneti függvényei nem fontosak számunkra, csupán az a követelményünk, hogy a rendszer a kívánt módon működjön.

Ilyenkor a fekete-doboz módszert alkalmazzuk a rendszer működésének tanulmányozása során. Ez - mint arról szó volt - abból áll, hogy a rendszer inputját és outputját megfigyeljük és egybevetjük, vizsgáljuk az output változását az input változásának hatására, s ennek alapján következtethetünk arra, hogy az általunk

elérni kívánt output milyen input mellett teljesül.

A módszer (sok kísérletet végrehajtva) arra is aklamas, hogy a rendszer struktúráját fokozatosan megismerjük és a "fekete doboz" "szürke dobozzá", majd "fehér dobozzá" váljon.

#### A modellmódszer

Megoldhatatlan feladatra vállalkoznánk, ha a biológiai, gazdasági, társadalmi rendszerek viselkedését mindig konkrét gyakorlati rendszerek megfigyelésével kívánnánk vizsgálni. Az ilyen vizsgálatok hosszadalmasak volnának, gyakran az adott rendszer működésének befolyásolásával, vagy a rendszer megsemmisítésével járnának. A probléma megoldásában nagy segítségünkre lehet, éppen ezért mind szélesebb körben kerül alkalmazásra a modellmódszer. A valóság helyett annak modelljét (lehetőleg hű mását) vizsgáljuk tehát és ennek alapján következtetünk a valóságos rendszer viselkedésére.

A modell a valóság lényegének leegyszerűsített és absztrakt mása, amely a valóság lényegi tulajdonságait, törvényszerűségeit kell, hogy bemutassa. Az egyszerűsítés soha nem mehet a valóság megismerésének rovására.

A modellek egyaránt szolgálhatják a tudományos és a gyakorlati megismerést. Megalkotása során erre tekintettel kell lenni.

A modellek lehetnek:

#### Képszerű modellek:

A valóságot képszerűen jelenítik meg, jellemzőjük, hogy statikusak és csak akkor változtathatók meg értelemszerűen, ha az eredeti rendszer is megváltozik. Ilyen a fénykép, a makett, a menetrend stb.

Analóg modellek:

A megfigyelt valóság és a modell között szoros kapcsolat van. Viszonylag könnyen változtathatók és alkalmasak dinamikus összefüggések vizsgálatára is. Analóg modellek pl. a térképek, a grafikonok, a folyamatábrák, a kísérleti állatok és növények stb.

Verbális modellek:

A rendszert és működését logikailag, szavakból, fogalmakból állóan szövegszerűen írjuk le.

Szimbolikus modellek:

A rendszert és működését matematikai szimbólumokkal írjuk le.

Más szempontból a modellek lehetnek:

Folytonos modellek, amikor a modellben szereplő elemi tevékenységek mind folytonosak, tehát tört értéket is felvehetnek pl. tej liter, termésátlag tonna stb.

Diszkrét (egészértékű, integer) modellek, amikor a modellben szereplő elemi tevékenységek csak egész értékeket vehetnek fel pl. munkaerő, fő, gép, darab stb.

Vegyes modellek, ha a modellben mind folytonos, mind egész értékű tevékenységek szerepelnek.

A szerint, hogy a modellben lévő paraméterek egyértelműen meghatározottak, vagy véletlentől függő mennyiségek, valószínűségi változók, beszélünk determinisztikus és sztochasztikus modellekről.

Megkülönböztetünk még statikus és dinamikus modelleket a szerint, hogy a modell egy adott időpontra (állapotra) vonatkozik,

vagy az időbeli változás vizsgálatát is lehetővé teszi.

### A gazdasági rendszerek irányítása, szabályozása

A gazdasági rendszerek irányítása - mint említettük - általában a szabályozás segítségével valósul meg. A szabályozás lehet:

Értéktartó szabályozás, amikor célunk, hogy a rendszer működését előírt értéken stabilizáljuk.

Követő szabályozás, ha célunk, hogy a rendszer működését valaminek a függvényében folytonosan és a lehető leggyorsabban előírt változó értékre állítsuk be.

Egyedi szabályozás, amikor minden szabályozott jellemzőhöz kijelölünk egy, vagy több módosító jellemzőt, azaz minden módosító jellemző csak egy szabályozott jellemzőre hat.

Kapcsolat szabályozás, ha az előbbi egyértelmű megfeleltetés nem oldható meg, s egy módosító jellemző közvetve vagy közvetlenül több szabályozott jellemzőre hat.

Folyamatos szabályozás, amikor a szabályozott jellemzőt állandóan figyelemmel kísérjük és szükség szerint bármikor beavatkozva módosítjuk.

Mintavételes szabályozás, ha a szabályozott jellemzőt nem teljeskörűen, hanem minták alapján figyeljük meg.

Determinisztikus szabályozás, amikor minden szabályozó jel előre egyértelműen, meghatározottan hat.

Sztochasztikus szabályozás, amikor a fenti egyértelműség és meghatározottság nem áll fenn, a szabályozás valószínűségi változó szerint működik.

Optimumszabályozás, amikor a szabályozott jellemző bizonyos korlátozó feltételek kielégítése mellett valamilyen szélső értéket kell hogy felvegyen.

Adaptív szabályozás a rendszer szabályozását a környezettel szerves kölcsönhatásban szabályozzuk, figyelembe véve a környezet hatását a rendszerre, a rendszer hatását a környezetre és a rendszer belső összefüggéseit.

Hierarchikus szabályozás a rendszer szabályozása az alá- és fölérendeltség hierarchikája szerint valósul meg.

Lineáris szabályozás, amikor a szabályozási körben linearitás érvényesül.

Nemlineáris szabályozás, ha a szabályozási körben nemlinearitás jut érvényre.

#### Automatizált rendszerek

Egy rendszer működésének, vagy a működés irányításának automatizálása nem újkeletű. Már időszámításunk előtt V-IV. században is készítettek olyan szerkezeteket, amelyek az embert, mozgását utánozták, hangokat hallattak, színjátékokat adtak elő. Ezek a szerkezetek, (gyakran óraszerkezetek) általában merev szerkezetek voltak, működtető (vezérlő) ezetük csak a működtetés vezérlését végezte. Nem volt visszacsatolás, azaz a vezérlő szerkezet nem értesült az egész szerkezet működtetéséről, a hibát nem tudta korrigálni. Ialán a hibás óra tekinthető az első olyan szerkezetnek, amelyben a visszacsatolást és szabályozást megtaláljuk. Nagyon jó példa a visszacsatolós szabályozásra a gőzgép regulátora, melynek mozgását a gőz nyomása határozza meg, s a regulátor mozgása szabályozza a gőz nyomását.

A szabályozás automatizálásának folyamatában jelentős szerepet töltött be a programozás. Itt még nem a számítógépek prog-

ramozásáról van szó, hanem egy programról, amely meghatározza, hogy egy adott rendszerben mikor milyen folyamatoknak, milyen sorrendben és milyen mennyiségi és minőségi szinten kell végbemenni. Tulajdonképpen már a legrégebb automaták is programozott automatáknak tekinthetők, hiszen a figurák mozgása, a kibocsájtott hangok egymásutániséga, és más jellemzői eleve meghatározottak, "előírtak" voltak.

A program betartását bonyolultabb folyamatoknál az emberek (munkairányítók, munkafelügyelők) biztosították. Később különböző mechanikus szerkezeteket (például cserélhető, különbözőképpen megformázott tárcsákat) építettek be egyes szerkezetekbe szabályozóként. Később perforált dobok, majd lyukkártyák, elektromos és elektronikus eszközök és számítógépek vették át az automatizálás szerepét. Az elektronikus számítógépek fejlődésével mind bonyolultabb és bonyolultabb folyamatok automatizálására kerülhet sor. Ma már "gondolkodó gépek"-ről beszélünk, képesek vagyunk heurisztikus gondolkodási folyamatoknak a számítógépekkel történő utánzására, szimulációjára. Természetesen minél bonyolultabb egy rendszer működése annál nagyobb feladat az automatizálás megvalósítása, de valószínűleg ma még a fejlődés kezdeténél tartunk. A jövő beláthatatlan távlatokhoz vezet. Ma már megvalósult az amit tegnap még fantáziának tekintettünk, s holnap megvalósulhat az amit ma még talán legmerészebb fantáziánk sem ér el.

Kibernetikáról, automatizált irányításról beszélni a mezőgazdaságban az ötvenes évek közepéig csaknem tabu volt. Ma már egyre inkább gyakorlattá válik függetlenül attól, beszélünk-e róla vagy nem. Mert mi az, ha nem automatizálás (vagy nem kibernetika) amikor a fejőállásba betérő tehenet a számítógép azonosítja, s számára a tejhozama szerint járó abrakot a számítógép kiadagolja. Mindezt emberi beavatkozás nélkül. Sőt mi több! A számítógép határozta meg azt is, hogy milyen legyen az abrakadag összetétele, s számítógép vezérelte azokat a gépeket is, amelyek a különböző takarmányokból szükséges mennyiségeket a keverőbe juttatták, a számítógép vezérelte a keverőt stb.

Számítógép ellenőrzi üvegházakban a hőmérsékletet, a levegő páratartalmát és összetételét, automatizált szellőzést, hőmérséklet és páratartalom szabályozást végez stb. Automatizált szerkezet a szív ritmusát szabályozó pacemaker (pészméker) és számos életmentő műszer az egészségügyben. Az űrhajók automatizált vezérlő rendszerekkel rendelkeznek. Automatizált szerkezetek biztosítják az űrhajók összekapcsolását földköri pályájukon. Robotpilóták vezérlik a repülőgépet. Mindinkább bevonul az automatizálás a mezőgazdaságba is. Gépek célszerű működését, épületek klímáját, technológiai folyamatok végbemenetét automatizáljuk. De nem csak egy gép, de gépek csoportjának irányításában is szerepet kap az automatizálás, nemcsak munkaműveletek, de egész technológiai folyamatok, és nemcsak egy-egy termék előállításának technológiai folyamata, de termékcsoporthoz technológiai folyamatának irányítása is automatizálható. § az automaták pontosabbak, megbízhatóbbak is, mint az ember, s az ember által meghatározott módon a legcélszerűbben, legtakarékosabban végzik el feladataikat, vagy a legtakarékosabb, legcélszerűbb működést biztosítják. Ez már az irányítás magasabb szintje, a technikai, technológiai (biológiai, kémiai, műszaki stb) és közgazdasági tevékenység integrációját biztosítja.

Talán a számítógépek a tudományok és az emberi tevékenységek integrációját fogják elősegíteni? Nem kizárt. A termelés során pl a növénytermesztés, növényvédelem, műszaki munka, ökonómiai munka szétválása, s ezt követően az irányítási tevékenység hasonló tagolódása talán nem is feltétlenül törvényszerű, hiszen búzát, kukoricát, tejet stb. termelünk, s a termelés komplex folyamat növénytermesztés, kémia, ökonómia, műszaki tevékenység stb együtt, egységben és egymásrészében. A konkrét témakörök tárgyalása során ezt az utat kíséreljük meg követni vállalva a járatlanság veszélyeit, a tévedés kockázatát.

## 2.FEJEZET A SZÁMITÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA A NÖVÉNY- TERMESZTÉS OPERATÍV IRÁNYÍTÁSÁBAN.

### 2.1.Egyszerűbb eljárások.

Tegyük fel, hogy rendelkezésünkre áll a növénytermesztési ágazatok termelési folyamatát részletesen leíró, s mind a természetes, mind az érték paramétereket tartalmazó technológiai terv. Számítógéppel történő automatizált elkészítését az automatizált tervezési rendszer (CADMAS) tanulmányozása révén fogjuk megismerni, ezért most abból indulunk ki, hogy ilyen terv létezik, mégpedig a gazdaság valamennyi növénytermesztési ágazatára táblákra adaptálva. (Részletesebben Tóth József: Mezőgazdasági Vállalatok automatizált tervezése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1981.)

Az sem okozna gondot számunkra egy jól megalkotott számítógépes rendszerben, amennyiben nem rendelkeznének ilyen termelési technológiákkal, hiszen ez esetben azokat számítógéppel gyorsan elkészíttetnénk. Amennyiben ágazatonként csak egy alaptermék állna rendelkezésünkre akkor pedig változatképző program segítségével ezek a technológiák gyorsan konkrét táblákra konvertálhatók, amennyiben a táblára vonatkozó szükséges információkkal rendelkezünk.

A technológiai tervek megfelelő rendszerbe foglalva tartalmazzák a technológiák azonosítóit (kódszám, a növény neve, átlaghozama, a tábla jele, területe, gazdaság neve, a technológia aktuális éve stb.), a termék termelési tervet (egyidejűleg többféle fő - és melléktermék megadásával), a termék fajlagos és összes termelését, fajlagos árat, az árbevételt, illetve pénzértékben kifejezett hozamot, állami támogatást, olyan (egyéb) költségeket, amelyeket máshol nem tudunk elszámolni, stb.

Tartalmazza a technológiai terv időbeli sorrendben az elvégzendő munkaműveleteket, azok mennyiségét, a művelet megkezdésének és befejezésének idejét, az elvégzés módját (erő és munkagépkecsolatot), a műveletvégzésre felhasználható műszak hosszát és a művelet elvégzéséhez szükséges műszakok illetve műszakórák számát, a műveletekhez kapcsolt munkabér költséget (részletezve szakmunkás, erőgépvezető, segédmunkás) és a felhasznált anyagmennyiségeket.

Külön táblázatban találjuk az anyagfelhasználást anyagféleségenként, annak mennyiségét, egységárát és összes költségét, felüntetve a felhasználás idejét, ugyancsak külön táblázatban kimutatjuk havonként a munkaerőszükségletet és költséget, géptípusonként és havonként a gépimunka szükségletet, az erőgépeknél az üzemanyag - (és kenőanyag) költséget.

Takarmány esetében a táplálóanyaghozamot is megtervezzük.

Végül külön táblázatban találunk egy részletes gazdasági elemzést.

Az így megtervezett technológia önmagában is jól alkalmazható az operatív irányítás/során, bár tagadhatatlan, hogy kisebb mérvű átdolgozása után a jelenleginél is hatékonyabban alkalmazható az operatív irányításban.

Tekintve, hogy a technológia a számítógépen állandóan rendelkezésre áll és bármikor a teljes technológia vagy annak egy része a képernyőn áttekinthető, vagy kilistáztatható, minden időben könnyen tájékozódhatunk az elvégzendő feladatokról.

Az elvégzett munkát és az azt jellemző paramétereket pl. a felhasznált munkabéreköltséget, üzemanyagköltséget és bármely más anyagot stb. inputként megadhatjuk. A számítógép a tervezett és tényleges adatokat összehasonlítja, s kívánságra a terv, a tény és az eltérés adatait kimutatja, illetve jelzi, hogy mely munkaműveleteket nem végeztük el, vagy mennyi a még elvégzetlen művelet,

milyen nem tervezett műveletet végeztünk el stb.

Bármikor végrehajthatjuk a terv módosítását is. Kérhetjük az eredeti és a módosított tervre vonatkozóan a gazdasági számítások elvégzését és azok összehasonlítását. Ez önmagában nagy jelentőségű lehet az operatív irányítás számára, hiszen lehetővé teszi a különböző technológiai megoldások hatásának vizsgálatát és a kedvezőbb megoldás kiválasztását.

Az időjárás, vagy más tényező miatt a tervezett technológiától gyakran el kell térni. Ilyenkor nagy jelentőségű lehet annak megvizsgálása, hogy mely ágazatoknál milyen eltérés legcélszerűbb, hogy vállalati szinten a lehető legcélszerűbb megoldáshoz jussunk. Természetesen egy ilyen vizsgálatnál a szakmai ismeretek döntő fontossággal bírnak mind az alapparaméterek meghatározása során, mind a lehetőségek és a korlátok számbavételét tekintve.

Maga az ágazati szintű operatív irányítás önálló számítógépes rendszer is lehet, amikor is e célra tervezzük meg számítógéppel a termelési technológiákat, (ilyen rendszert dolgozott ki Commodore-64-re Herdon Mikklós és Lóth József) de kapcsolódhat a tervezési rendszerhez (ez célszerűbb), amikor a vállalati tervezés során elkészített termelési technológiákat visszük át - megfelelően konvertálva - az operatív irányítási rendszerbe.

Mind a technológia tervezés, mind a változatképzés, a végrehajtás nyomonkövetése és a gazdasági számítások elvégzése viszonylag egyszerű szimulációs eljárásként fogható fel, nem igényel magasabb matematikai módszereket, főként adatrendezési és egyszerű számolási, megjelenítési, listázási feladat.

A menetközben történő vizsgálatok és a gazdasági elemzés sokat segíthetnek a naprakész adatszolgáltatásnak és az operatív irányításnak. Igen tanulságos lehet a termelési folyamat befejezése utáni gazdasági elemzés is. A tényleges folyamatnak és gazdasági mutatóinak egybevetése az eredeti tervvel és esetleg a terv-

módosításokkal segíthet a tervezési hibák feltárásában, a tervmódosítások célszerűségének, vagy problémáinak megítélésében vagy elvégezhetünk olyan vizsgálatokat is, amikor megkérdőjelezzük mi történt volna, ha valamely műveletet más módon végezzük el stb.

## 2.2. Optimalizáló eljárások

Tegyük fel, hogy a növénytermesztési ágazatok termelési technológiáját optimalizáljuk. A mi szempontunkból most nem lényeges, hogy az optimalizálás egy komplex modellben, esetleg annak egy blokkját alkotva történt és e blokkot emeljük ki vizsgálat céljára, vagy ágazati modellekkel dolgoztunk. Tagadhatatlan, hogy a komplex modell megoldásra kell törekedni, s a komplex modellt, vagy annak egy-egy blokkját lehet az operatív irányítás során figyelembe venni.

Vegyük a legegyszerűbb esetet, amikor egy ágazat termelési technológiáját optimalizáljuk és az e célra összeállított matematikai modellt használjuk fel a továbbiakban az operatív irányításban. Az eljárás értelemszerűen felhasználható akkor is, ha komplex vállalati modellel dolgozunk bonyolultabb körülmények között.

Vezessük be a következő jelöléseket:

$X_{jf}$  a j-edik növény területe az  
f-edik táblán

F az f-edik táblán a j-edik  
növény területére előírt méret

Természetes, hogy

1.  $X_{jf} = F$

azonban  $X_{jf}$  változó, F pedig a változóra előírt korlát.

Az 1. feltételben azt írtuk elő, hogy az f-edik táblán a j-edik növény területe legyen F nagyságú.

A következőkben elő kell írni, hogy az első területhez kapcsolható (termőterülettől függő) munkaművelet meg kell, hogy egyezzen a j-edik növény területének  $\beta$ -szorosásával, természetesen az f-edik területnagyságra vonatkoztatva, azaz

$$2. \quad \beta X_{jf} = \sum_{ihr} \sum_{jfil} m_{jfil}^{hrt}$$

ahol  $m_{jfil}^{hrt}$  a j-edik növény f-edik táblán termelendő területén i-edik időszakban elvégzendő első munkaművelet h-adik erőgéppel és g-edik munkagéppel végezve. A t azt szimbolizálja, hogy területhez kapcsolt műveletről van szó.

A 2. feltétel szerint az összes időszakokban bármilyen erőgép és munkagépkapcsolattal végzett munkaművelet összessége az első munkaműveletből j-edik növénynél f-edik táblán egyezzen meg az adott növény területével az f-edik táblán. Mint látjuk i-re, h-ra, r-re összegeztünk. A  $\beta$  egy konstans amely azt írja elő, hogy az adott munkaműveletet a terület hányad részén kell elvégezni. Ha  $\beta=1$  akkor pontosan az  $x_{jf}$  területen végezzük a műveletet.

A feltételt egyoldalra rendezve kapjuk, hogy

$$3. \quad \beta X_{jf} - \sum_{ihr} \sum_{jfil} m_{jfil}^{hrt} = 0$$

A továbbiakban elő kell írni, hogy minden területhez kapcsolt művelet egyezzen meg  $X_{jf}$  -vel, illetve  $X_{jf}$  -nak  $\alpha$ szorosával, azaz  $\beta X_{jf} - \alpha$ , vagy az előző területhez kapcsolt művelet  $\beta$ szorosásával

E szerint tehát a k-adik és a k-1 edik művelet aránya

$$4. \quad \sum_{ihr} \sum m_{jfik-1}^{hrt} - \sum_{ihr} \sum m_{jfik}^{hrt} = 0$$

Ez a feltétel a műveletek közötti kapcsolatot tekintve elegendő, ha csak a művelet összessége között van kapcsolat, időbeli eloszlásuk egymástól független.

Természetesen nem engedhető meg, hogy olyan eredményt kapjunk, amikor egymás után következő műveletek esetén azok sorrendje időbelileg felcserélődik. Elképzelhetetlen például, ha adott növény alá a műtrágya kiszórására és bemunkálására mondjuk három időszakot, három dekádöt adunk meg, az első időszakban elvégezzük a műtrágya bemunkálását a talajba, (azt amelyet még ki sem szórunk) majd a műtrágya kiszórását a második és harmadik időszakban végezzük el stb.

Elő kell tehát írni azt is, hogy az egymáshoz kapcsolódó műveletek esetén a sorrendben második műveletből az i-edik időszakban csak legfeljebb annyi végezhető, amennyit az első művelet elvégzése lehetővé tesz, azaz legfeljebb annak  $\beta$  szorosa, vagyis a k-adik és k-1-edik műveletre vonatkoztatva

$$5. \quad \sum_{hr} \sum \beta m_{jfik-1}^{hrt} \geq \sum_{hr} \sum m_{jfik}^{hrt}$$

illetve

$$6. \quad \sum_{hr} \sum \beta m_{jfik-1}^{hrt} - \sum_{hr} \sum m_{jfik}^{hrt} \geq 0$$

A bemutatott feltételek csupán a terület és a területhez kapcsolódó műveletek közötti kapcsolatokat írják elő. A következőkben meg kell határozni a terület és a termés hozam kapcsolatát, azaz

$$7. \quad q_{jf} x_{jf} = Q_{jf}$$

ahol

$q_{jf}$  a j-edik növény átlaghozama  
az f-edik területen

$Q_{jf}$  a j-edik növény össztermése  
az f-edik területen.

A továbbiakban sorra kell venni a terméshozammal kapcsolatos műveleteket és azokat ugyanúgy, mint a területtel kapcsolatos műveleteket a terméshozam változóhoz, vagy egymáshoz kapcsolni megfelelő feltételekkel, azaz

$$8. \quad \beta_{q_{jf} x_{jf}} = \sum_{ihr} \sum \sum m_{jfil}^{hrQ}$$

illetve

$$9. \quad \beta_{q_{jf} x_{jf}} - \sum_{ihr} \sum \sum m_{jfil}^{hrQ} = 0$$

ahol

$Q$  a terméshozamhoz kapcsolt  
műveletet szimbólizálja

A feltétel most is az első terméshozammal kapcsolatos műveletre vonatkozik. Ugyanezt  $k$  és  $k-1$ -edik műveletre vonatkoztatva és értelemszerűen alkalmazva kapjuk, hogy

$$10. \quad \sum_{ihr} \sum \sum \beta_{jfik-1}^{hrQ} + \sum_{ihr} \sum \sum m_{jfik}^{hrQ} = 0$$

illetve időszakonként

$$11. \quad \sum_{hr} \beta m_{jfk-1}^{hrQ} - \sum_{hr} m_{jfk}^{hrQ} = 0$$

A továbbiakban meg kell fogalmazni azokat a feltételeket, amelyek a munkaműveletek munkaerő és gépszükségletét és a munkaerő és gépkapacitásokat kapcsolja össze időszakonkénti bontásban. Ennek megfelelően a h-adik erőgépre vonatkozó feltételünk az i-edik időszakban a következő:

$$12. \quad \sum_{hr} g_{jfk}^{hrt} m_{jfk}^{hrt} + \sum_{hr} g_{jfk}^{hrQ} m_{jfk}^{hrQ} - G_{ih} y_h \leq 0$$

Hasonlóképpen az r-edik munkagépre az i-edik időszakban a

$$13. \quad \sum_{hh} g_{jfk}^{hrt} m_{jfk}^{hrt} + \sum_{hh} g_{jfk}^{hrQ} m_{jfk}^{hrQ} - G_{ir} y_r \leq 0$$

ahol:

$g_{jfk}^{hrt}$  a területtel arányos  $g_{jfk}^{hrQ}$  a terméshozammal arányos műveletekhez kapcsolódó teljesítmény normatívák, illetve tervezett teljesítmény adatok, ha az adott műveletet az i-edik időszakban j-edik növény részére hr gépkapcsolattal végezzük.

$G_{ih}$  illetve  $G_{ir}$  a h-adik erőgép illetve r-edik munkagép által elérhető fajlagos (azaz egy gépre vonatkoztatott) kapacitás illetve a h-adik erőgépből ill. r-edik munkagépből rendelkezésre álló géplétszám.

Természetesen a modell minden változójára megadható alsó, vagy felső korlát illetve egyenlet meghatározhatjuk azokat a változók adott csoportjaira vagy feltételeket írhatunk elő a változók, vagy változó csoportok közötti arányokra.

A modellben különböző célfüggvények fogalmazhatók meg, különböző részletezettséggel.

Legyen célfüggvényünk a nettó jövedelem, amelynek maximalizálására törekszünk, azaz

$$14. \quad p_{jf}^t x_{jf} + p_{jf}^Q q_{jf} x_{jf} - \sum_{ikhr} \sum \sum c_{jfik}^{hrt} m_{jfik}^{hrt} - \\ - \sum_{ikhr} \sum \sum c_{jfik}^{hrQ} m_{jfik}^{hrQ} - c^{hfix} y_h - c^{rfix} y_r = \max$$

ahol

$p_{jf}^t$  az egységnyi területtel arányos nettó jövedelem (értéke lehet negatív előjeleű is)

$p_{jf}^Q$  az egységnyi terméshozammal arányos nettó jövedelemhez való hozzájárulás

$c_{jfik}^{hrt}$  a  $m_{jfik}^{hrt}$  -hez tartozó

fajlagos költség

$c_{jfik}^{hrQ}$  a  $m_{jfik}^{hrQ}$  -hoz tartozó

fajlagos költség

$c^{hfix}$  a h-adik erőgép éves fix

költsége

$c^{rfix}$  az r-edik munkagép éves fix költsége

A fentiekhez részletesebb kifejtés nélkül az alábbi értelmezést főzzük. Az egységnyi terület területtel arányos nettó jövedelem értéke azt jelenti, hogy számbavesszük mindazokat a hozamokat (ha ilyen van) és költségeket (pl.adó) amelyek a területhez

kapcsolhatók, s nem kapcsolhatók sem a terméshozamhoz, sem a munkaműveletekhez, sem a gépekhez. Ez magába foglalja azt a lehetőséget is, hogy nulla hozam mellett (általában ez áll fenn) felmerülnek költségek (pl. adó), tehát a területváltozóhoz negatív érték kapcsolódik. Elvileg azonban hozam is lehetséges itt pl. a területre vonatkoztatott állami dotáció stb.

A terméshez kapcsolódó nettó jövedelem lényegében az árbevétel és kifejezetten a terméshozamhoz kapcsolódó hozamok és költségek különbsége. Nem számoljuk ide tehát a területtel kapcsolatos, illetve a munkaműveletekhez és gépekhez kapcsolódó költségeket. A terméshozamhoz kapcsolódó jövedelem mindig pozitív előjelű, egyébként a termelés igen nagy ráfizetéssel járna.

A műveletekhez kapcsolódnak a műveletek változó költségei (munkabér és bérjárulék, üzem és kenőanyagköltség stb), ide sorolhatók a művelettel területre juttatott anyagok is, mint költségtényezők, de csak egyszer és csak akkor, ha ezeket a terméshozamhoz kapcsolódó költségeknél nem számoltuk el.

Végül a gépek fix költségeihez tartoznak az amortizáció, javítási költségek vagy ezek egy része, a géptároló költségének az adott gépre terhelhető része stb.

Nincs akadálya a  $p_{jf}^t$  és  $p_{jf}^Q$  valamint a műveleti költségek részletesebb megbontásának sem, másrészt a vázolt célfüggvény bizonyos elemeinek kiragadásával, illetve részletesebben kimunkált célfüggvény elemek megfelelő csoportosításával újabb célfüggvények előállításának, vagy más célfüggvények megadásának sem. Így például minimalizálhatjuk a műveleti költségeket, üzemanyagköltségeket, a munkabéreköltségeket, anyagköltségeket, a gépek fix költségeit stb.

A modell megoldásával az adott ágazat optimalizált technológiai tervét kapjuk meg az adott táblára vonatkozóan, függetlenül más ágazatoktól és tábláktól stb. Mint azonban arról szó volt ez a

valóság leegyszerűsítését jelenti, valójában célszerű e modellek összekapcsolása komplex modellbe, amivel a komplex vállalati tervezés során részletesebben megismerkedünk. Most az egyszerűség kedvéért a komplex modell egy technológiai blokkjával foglalkozunk.

Tegyük fel, hogy rendelkezünk egy optimalizált technológiai tervvel amelyet a modell megoldásaként (vagy inkább a komplex modell megoldásaként az adott blokkra vonatkozólag) kaptunk. A termelés során az időjárási vagy más tényezők hatására el kell térnünk a tervezettől. Az eltérésnek megfelelően a modellt bármikor átalakíthatjuk úgy, hogy a már megvalósult tevékenységek a tényleges folyamatot tükrözzék, s a további folyamatokat optimalizáljuk. Ennek során mindig rendelkezni fogunk a megvalósult folyamatok tényleges információival, valamint az adott termelési tevékenység jövőbeli alakulásának optimális tervével. A modell számos más vizsgálat elvégzésére is alkalmas. Megfelelő számítógép kapacitás esetén a technológiai folyamatok komplex modellben történő optimalizálásának megvalósítása után az egyes ágazatok technológiai megvalósítása is a komplex modellben követhető nyomon.

A komplex modell felépíthető úgy is, hogy az nem az ágazati technológiai blokkokból áll, hanem munkaműveleti blokkokból. Ebben az esetben nem az ágazatok technológiai tervét kapjuk, hanem az egész vállalatra vonatkozóan kapunk egy technológiai tervet, amely előírja, hogy mikor milyen munkaműveleteket kell elvégezni, milyen mennyiségben és ütemezésben, milyen módon.

Egy ilyen modellmegoldásból részletes technológiai szervezési terv készíthető valamennyi gépre és eszközre vonatkozóan.

A tervek természetesen a tényleges helyzet alakulása során állandóan nyomonkövethetők és a még el nem végzett folyamatok optimalizálhatók.

Az el nem végzett folyamatok optimalizálásával mindkét ismer-

tetett esetben egyúttal a modell (és ennek alapján várhatóan a valóság) viselkedése is vizsgálható, különböző szituációk lejátszhatók stb.

### 2.3 Munkaműveletek és munkafolyamatok számítógépes irányítása

E témakörbe a lehetőségek széles köre tartozik, ezért főként csak azok felvázolására szorítkozhatunk.

Kezdjük a legegyszerűbb esettel, amikor valamely munkaművelet, vagy tevékenység elvégzéséhez több ember és gép összehangolt tevékenységére van szükség, s tevékenységük egymással is kapcsolatban van, egymás tevékenységeit befolyásolják. Ebben az esetben az adott tevékenység elvégzését elemi műveletekre célszerű bontani, meghatározva ezek elvégzésének lehetséges módjait, eszközigényét és az elérhető teljesítményeket, majd általában viszonylag egyszerű számítási eljárással, vagy szimulációs módszerekkel állítunk össze egy szervezési tervet. E tervben meghatározzuk a folyamatban résztvevő emberek, gépek és eszközök körét, az általuk elvégzendő tevékenységet, elérendő teljesítményeket és munkájuk kapcsolatát, kapcsolódási módját, tartalékok célszerű mértékét, a rendszer működésébe beálló zavarok esetén szükséges tennivalókat stb. Jó példa erre a betakarítás szervezése, ahol pl. meghatározzuk a munkában résztvevő kombájnok számát, teljesítményét, ehhez rendeljük a szállítóeszközöket, s szervezzük meg a tisztítás stb. munkafolyamatát.

Viszonylag egyszerű számítás, de mivel gyakran fordul elő (minden újabb táblára történő átállásnál, esetleg nagyobb táblák esetén ismétlődve és minden évben), célszerű lehet esetleg az ilyen tevékenységekre egy kis számítógépes programot írni, ami aztán bármikor aktualizálható.

Egy ily számítógépes program természetesen egyidejűleg szolgálhat az adott tevékenység elvégzésének állandó nyomonkövetésére, nyilvántartására stb., ami méginkább elősegíti az operatív irányítást.

Szimulálható számítógéppel, esetleg grafikus megjelenítéssel egy gép munkája valamely művelet elvégzése során vagy több gép munkája egy adott táblán adott műveletet végezve.

Ma már mindinkább előtérbe kerülnek olyan automatikák, amelyek lényegében egy kis számítógépet s ennek segítségével számítógépes vezérlést valósítanak meg. Ilyen vezérlés lehet gépekbe beépítve a gépek vagy a gépek egyes alrendszerének szabályozására, vagy vezérlésére. Hasonló vezérlő vagy szabályozó rendszerek találhatók raktárakban, tárolókban pl. a hőmérséklet és páratartalom szabályozására, az alkatrészek nyilvántartására, előkeresésére, mozgatására. Automatikákat találunk az üvegházakban a klimatikus tényezők, a táplálóanyag adagolás, a növényvédelem megoldásának irányítására, az öntözőrendszerek működésének szabályozására stb.

Mindjobbban fejlődik a meteorológiai előrejelzés is, s minél távolabbi és minél valószínűbb előrejelzéseket kapunk az időjárás várható alakulásáról annál jobban fel tudjuk azokat használni az operatív irányításban.

A fagyveszélyek előrejelzése segít a fagykárok elhárításának megszervezésében. A csapadékos vagy csapadékmentes időszak előrejelzése esetén másként kell megszervezni a betakarítási, növényvédelmi stb. munkafolyamatokat.

A meteorológiai előrejelzés hasznosságát és az operatív irányításban való alkalmazhatóságát nem vitathatjuk, azért mert az előrejelzések ma még adott vállalat területén, vagy területének egy részén nem valósulnak meg. A gyakorlatban dolgozó szakemberek nem egyszer tapasztalták, hogy míg az egyik határrészen zuhogott az eső és a kombájnosoknak le kellett állniuk, vígan dolgoztak a

kombájnok 2-3 kilométerrel vagy néhány száz méterrel odább lévő területen. Ilyenkor bizony jól jön a rádió adóvevő készülék, ami tájékoztat az időjárásbeli különbségről és lehetővé teszi a kombájnok átcsoportosítását arra a területre ahol szabadon dolgozhatnak. A gabona betakarítás ugyanis ma is a legfontosabb munkák egyike, amikor is minden kombájnos munkanap sokat számít.

A másik ma még kezdeti lépéseknél tartó lehetőség távlatilag a távérzékelés. A légi és a műholdas fényképezés segíthet a talaj tulajdonságának és mindenkorai állapotának, a növényekre gyakorolt hatásának jobb megismerésében, a terméshozamok előrebecslésében stb. A talaj és a növény kölcsönös kapcsolatának jobb megismerése segíti a fajta megválsztását, a technológiai folyamatok célszerű megválsztását és végrehajtását a szükség szerint történő beavatkozást. Ha érzékeljük a növények reakcióit valamilyen talajban lejátszó folyamatra, vagy valamilyen anyagihiányra, esetleg anyag többletre éppen a távérzékelés által történő növényelemzés útján is intézkedni tudunk az irányban, hogy a növény kedvezőbb fejlődését biztosítsuk. Ilyenkor nagy segítséget nyújthat egy jó számítógépes rendszer.

A Nyiregyházi Konzervgyár közreműködésével OMFB támogatással a 70-es évek elején kezdődtek el azok a kísérletek, amelyek a borsótermesztés és feldolgozás számítógépes irányítását hivatottak megvalósítani. A talaj tulajdonságainak és a várható időjárásnak megfelelően lehet megválsztani a fajtát, a vetési időt és a vetés módját. A tenyészidő folyamán a talaj és a növény állandó megfigyelésével, valamint a meteorológiai adatokra és előrejelzésekre alapozva állandóan előrebecslések végezhetők számítógéppel a terméshozam nagyságát és az érés idejét illetően. A különböző vállalatoktól beérkező információk alapján tudják a növény betakarítását, szállítását és feldolgozását célszerűen ütemezni.

#### 2.4.A hálótervezés alkalmazása a növénytermesztés irányításában

Nem használják még szélesebb körben a mezőgazdaságban a hálótervezést. Pedig valószínűleg jó eszköznek bizonyulna az operatív irányításban.

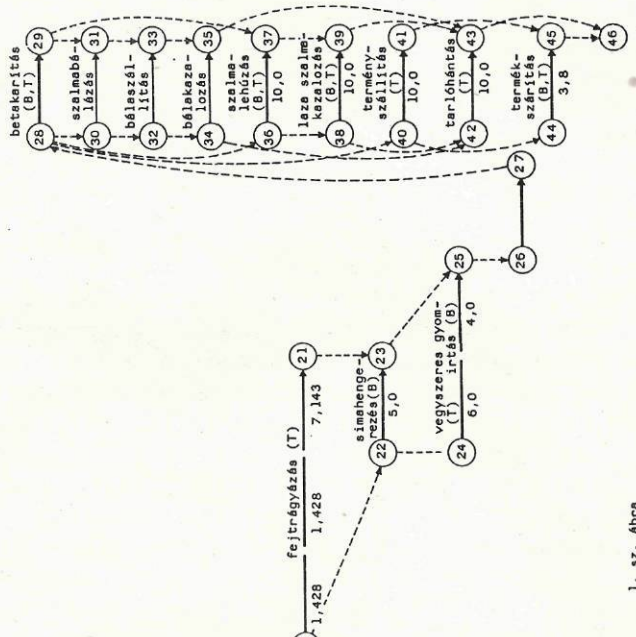
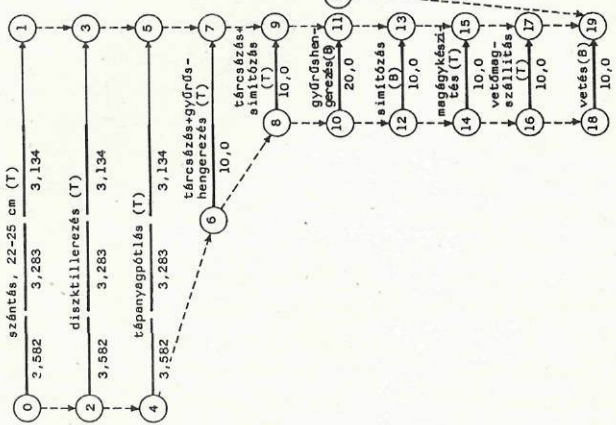
Egy-egy növénytermesztési ágazat munkaművelési hálóterve viszonylag egyszerűen elkészíthető. Figyelembe vehetők itt a különböző megoldási módok, illetve a különböző munkaműveleteknél különböző erő és munkagépkapcsolatok, az időbeli ütemezések stb.. Erre vonatkozólag viszonylag egyszerű hálótervet mutatunk be az 1.sz. ábrán.

A bemutatott hálóterv egy olyan matematikai megoldás eredménye, amikor a termelési technológia optimumát kerestük, lehetővé téve két termelési rendszer által ajánlott technológia tervezését. A két termelési rendszer technológiáját T és B jelekkel különböztettük meg. Egyik műveleteknél egyik, más műveleteknél a másik termelési rendszer ajánlata mutatkozott optimálisnak, esetenként pedig ezek keverése volna célszerűbb.

Hasonlóképpen elkészíthető bármely gép üzemelésének hálóterve. Mikor milyen munkát kell végeznie, mely növény számára, melyik táblán stb..

Bonyolultabb feladat a vállalat egészére vonatkozó hálóterv elkészítése.

Ha azonban a hálótervet elkészítettük és ismertek a szükséges információk, akkor az jól használható a munkaszervezésben, az időjárás, vagy más tényezők hatására bekövetkezett módosítások következményeinek vizsgálatában, illetve a további munkák célszerű szervezésében.



1. sz. ábra

Az őszibúza-égszet művelési hálóterve és a munkák időbeli ütemezése  
 Az egyes munkákhoz rendelt íveken vastagabb vonallal jelöltük a munkák tényleges elvégzési idő-  
 intervallumait, illetve az elvégzendő munkameneteket (100 ha-ban megadva) és elvégzési módokat.

De nem is feltétlen szükséges a háló elkészítése ahhoz, hogy a hálótervezési módszereket alkalmazzuk. Hiszen ismerjük, hogy a szükséges számítások a háló megszerkesztése nélkül is elvégezhetők, a háló csupán a szemléltetés jó eszközéül szolgálhat. Másrészt a hálót megfelelő számítógépes rendszer automatizáltan is elkészítheti.

A CADMAS tervezési rendszerben munkaszervezési hisztogram készíthető el minden munkaerőcsoportra, gépre és eszközre. A hisztogram különböző jeleket használ az ágazatok jellemzésére. Egy-egy jel meghatározott mértékegységnek felel meg. A hisztogramról, melyet a 2.sz. ábrán mutatunk be, látható hogy az adott gép vagy eszköz adott hónap dekádjában hány műszak munkát fog végezni előreláthatólag a különböző ágazatok részére.

A hisztogram jól szemlélteti a gép kapacitás kihasználását, munkacsúcsokat, munkavölgyeket. Az operatív irányításnak különösen oda kell figyelni a munkacsúcs időszakokban és esetleg hasznos munkalehetőséget keresni a munkavölgy időszakokban.

Készíthető természetesen olyan program is, amely az addig elvégzett munkákról nyert információk alapján a munkák átütemezését elvégzi és az új aktuális hisztogramot megrajzolja. Megoldható az is, hogy a számítógép ne csak a hisztogramot készítse el, hanem megfelelő rajzoló szerkezet esetén - mint arról már szó volt - a munkaerő, gépek és eszközök munkaszervezési hálótervét is.

Megfelelő számítástechnikai eszköz és szoftver kérdése az is, hogy az előbbi hisztogram, vagy hálóterv alapján a szükséges információ megadása esetén az egymást helyettesíteni képes gépek egymást segítsék, egymástól feladatokat vállaljanak át, így a munkacsúcsot és a gépszükségletet csökkentsék, egyenlőre ezt a problémát csak matematikai modellezéssel tudjuk megoldani munkaátcsoportosító változók modellbe építésével.

Megnevezése: T150K

Egy jel 2 műszaknapnak felel meg

		ÁGAZAT		JELE
		MEGNEVEZÉSE		
167.2		SII		
		RSS	Őszi búza áru 6.2 T	A
		MPQ	Őszi búza áru 5.8 T	B
		LLL	Őszi búza tak 5.8 T	C
		LLL	Őszi búza vmag 6 T	D
		LLL	Őszi árpa áru 5 T	F
		KKK	Őszi árpa tak 5 T	F
		KKK	Zab áru 4.8 T	G
		KKK	Kukorica áru 9.5 T	I
		KKK	Kukorica áru 10 T	J
		KKK	Kukorica áru 8.5 T	K
99.3		U KKK	Kukorica tak 8.5 T	L
94.6	R	UUUJJJ	Mák 0.5 T	M
	QRR	UUUJJJ	Mák 0.6 T	N
	PQQ	UUUJJJ	Mák 0.8 T	O
	LPP	TTTTII	Nforgó áru 2.5 T	P
	LLL	SSIIII	Nforgó áru 2.8 T	Q
	KKK	SSSIII	Nforgó áru 3 T	R
	KKK	SSSIII	Vmag borsó 3 T	S
52.9	U JKK	PQRIIIIM	Vmag borsó 3.2 T	T
44.3	TUUJJJ	GG MNOGIILL	Cukorrépa 40 T	U
32.3	STIIII	EFFX KLMGGKKK	Szil.kész. 36 T	X
	SSSIII	CDEQRRJKKEFFKKK		
	RRSFII	BBBPPQIIIBCOKKK		
	PQQCEF	BRBMNOGGGBBBJJ		
	LMPBBB	BBBKMAAGBBBIJ		
	JKKBBB	BBBJKAAAABBIII		
2.1	GIIAAGG	AAAIIAAAAAAIII		

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 hó

2. sz. ábra

Gépenkénti műszakszükséglet havonkénti eloszlása

## 2.5. A táblatörzskönyvek számítógépes rendszere és alkalmazása az irányításban

A Növényvédő és Agrokémiai Központ évek óta számítógépen tartja nyilván a táblatörzskönyv adatait. Arról van itt szó, hogy minden mezőgazdasági művelés alatt álló tábla összes lényeges adatai kerülnek a táblatörzskönyvekbe. Kezdetben a táblatörzskönyveket kézzel vezették később szájezték.

A táblatörzskönyvek számítógépes rendszerében nyilván lehet tartani a táblák azonosítóját, domborzatát, a talaj jellemzőit, azt, hogy mely évben milyen növényt termeltek a táblán, leírva részletesen a termesztés-technológiáját. A termesztés technológia magába foglalja az összes munkaműveleteket és azok elvégzésének idejét, az összes anyagfelhasználást, a felhasználás idejét, a termés eredményére vonatkozó információkat, elemi károkat stb. Ezen adatok valamint az időjárás adatok részletes "életrajzát" adják a táblának és a rajta termesztett növényeknek a számítógépes nyilvántartás bevezetésének kezdetétől. Ezek az információk bármikor rendelkezésre állnak, felhasználhatók gazdasági elemzésre illetve az operatív irányítás során. Ennek folyamán - különösen amikor már hosszabb időszakra rendelkezünk információkkal - különböző matematikai elemzési módszereket felhasználhatunk (regressziós analízis illetve termelési függvények, faktoranalízis, szimulációs eljárások stb.). A táblatörzskönyv nyilvántartási rendszer jól kapcsolódhat a növénytermesztési technológia tervezési és operatív irányítási rendszerhez is.

### 3. FEJEZET A SZÁMÍTÁSTECHNIKA ALKALMAZÁSA AZ ÁLLATTENYÉSZTÉS OPERATÍV IRÁNYÍTÁSÁBAN

#### 3.1. Nyilvántartási és előrejelzési rendszerek

Mind több számítógépes állattenyésztési telepirányítási rendszerről hallhatunk napjainkban. A magyar mezőgazdaságban először a takarmányadag optimalizáló rendszerek kezdtek elterjedni, s divattá kezdett válni a takarmányadályon divattá vált a különböző állattenyésztési telepirányítási számítógépes rendszerek létrehozása.

A magyarázata ennek főként abban keresendő, hogy az ilyen rendszerek kidolgozása viszonylag egyszerű. Valójában ezek a rendszerek nyilvántartják az eredményeket és a már bekövetkezett események alapján előrejeleznek várható eseményeket, olyanokat, amelyek a már bekövetkezett események hatására be fognak következni, illetve nagy a valószínűsége annak, hogy be fognak következni, ha csak valami közbe nem jön, s az ily módon történő nyilvántartással és előrejelzéssel segítik az operatív irányítást. A közbejött valami is általában a várható esemény bekövetkezése előtt észlelhető. Ha pl. egy tehenet megtermékenyítettek az a tehen elleni fog, ha csak közbe nem jön pl. vetélés, de ez általában az ellés bekövetkezése előtt észlelhető. Ha tehát ilyen közbejött akadály nem merül fel a tehen elleni fog, azt az ellés várható időpontja is közelítően meghatározható, legfeljebb azt nem tudjuk előre, hogy üsző, vagy bika ellés történik, egészséges utód jön-e a világra vagy esetleg élettelen, milyen lesz az utód testtömege stb.

A nyilvántartási és előrejelzési rendszerek lényege az állatok egydei (esetleg kiscsoportos) nyilvántartása, minden megtörtént esemény nyilvántartásba vétele, a megtörtént eseményekből előrejelezhető események meghatározása és annak biztosítása, hogy

mind a múlttra vonatkozó megtörtént eseményekről, mind a jelen és a jövő várható eseményeiről információt nyerhessünk bármikor, amikor azt kívánjuk. Ennek alapján bármikor megismerhetjük a kiválasztott állatok "élettrajzát" ami információt szolgáltat számunkra ahhoz, hogy az állatot minősítsük, sorsáról döntsünk stb. Szerepelhetnek a nyílvántartásban olyan információk, amelyek gazdaságossági számítások elvégzésére alkalmasak. Informálódhatunk arról, hogy adott, általunk meghatározott időpontban, vagy hosszabb-rövidebb időszakban a különböző eseményeknek mely állatoknál kell bekövetkezni pl. apasztás, szárazra állítás, elletőbe való áthelyezés, termékenyítés stb-stb. Informálódunk az adott állatállomány testtömegének változásáról, tejhozamának változásáról, az egyedek tejhozamának változásáról, az állatok egészségi állapotáról, gyógyszerfelhasználásáról stb. Amennyiben rendellenességet, a tervtől, illetve várhatótól eltéréseket találunk vizsgáljuk az eltérés okát és beavatkozhatunk a folyamatba.

### 3.2. Az állományváltozás szimulációja

Adott állattenyésztési ágazat tervezését általában egy összevont állományváltozási terv készítésével szokták kezdeni. Ez az alapja a testtömeg gyarapodási tervek elkészítésének, a termelési és értékesítési tervnek, a takarmányfelhasználási tervnek, a költség a hozam és a jövedelemtervnek stb.

Az összevont állományváltozási tervet általában csak éves, vagy negyedéves időszakokra bontva készítik el, nem foglalkozva a napi vagy heti, dekad stb. részletezéssel.

Az első feladat meghatározni, hogy az adott állatállományon belül milyen állat csoportokat különböztetünk meg, amelyek egymással kapcsolatban vannak. A következő feladat a vizsgált időszak meghatározása (kezdeti és befejező dátum megadása). Ezután meghatározzuk a nyitó állományt állatcsoportonként.

A számítógépes rendszerben definiálni kell azokat az összefüggéseket, amelyek meghatározzák az egyes csoportok közötti kapcsolatokat és az időbeli történéseket. Ennek során meg kell határozni a lehetséges állománynövelő tényezőket (szaporulat, átminősítés, vásárlás) és az állománycsökkentő tényezőket (kényszervágás, elhullás, eladás, átminősítés) és ezek kapcsolatait.

Maga az állományváltozási terv lényegében egy mérlegrendszer, ahol a nyitóállománynak és az állománynövekedésnek meg kell egyeznie a záróállomány és az állománycsökkenés összegével. Ennek során figyelembe kell venni, hogy az átminősítés mindig valamely csoportnál csökkentő, más csoportnál növelő tételt jelent.

A számítógépes rendszer interaktív üzemmódban működhet. Kéri a nyitóállományra, a szaporulatra és a növelő illetve csökkentő tételekre vonatkozó információkat állatcsoportonként szükség szerint és ennek alapján meghatározza a záróállomány létszámát és összetételét. Mivel az állományváltozási terv mérlegrendszer természetesen a számítógépes rendszer úgy is elkészíthető, hogy az állomány növekedésére vagy csökkenésére vonatkozó egyes adatokat nyitva hagyjuk és megadjuk a záróállomány létszámát és összetételét, s a számítógépes rendszerrel határozzuk meg a nyitva hagyott tétel értékét. Ilyen állományváltozási tervet készítő rendszer többféle változatban is elkészíthető (egy változatot COMMODORE 64 számítógépre Dr. Kiss Gábor készített) s természetesen megvan a lehetősége annak is, hogy a tervezett állományváltozást számítógéppel nyomon kövessük, az eltéréseket megállapítsuk, felderítsük ezek okait és szükség esetén a folyamatba beavatkozzunk. Pl. a szaporulatnak a tervezettől való jelentősebb eltérése mindenképpen figyelmeztető és fel kell deríteni, majd szükség esetén ki kell küszöbölni ennek okát. Hasonló a helyzet ha az elhullás, kényszervágás stb. tér el a tervezettől.

Az előző pontban ismertetett nyilvántartási és előrejelzési rendszerre alapozva készíthető olyan állományváltó 4st szimuláló

rendszer, amely a nyilvántartott események alapján rövid időszakokra (akár napokra) bontva állít össze állománylétszám, vagy ha úgy tetszik állományváltozási tervet, s ezt a megtörtént események alapján állandóan korrigálva nyerhetjük. Valójában egy ilyen rendszer segítheti igazán az operatív irányítást. Célszerű tehát a nyilvántartási és előrejelzési rendszert úgy készíteni, hogy az az állatállomány létszámát, változását általunk meghatározott időintervallumban a kívánt részletesség szerint adja meg.

Egy ilyen rendszerhez számos más az operatív irányításban és a gazdasági elemzésben, valamint a tervezésben használható rendszer kapcsolható pl. várható testtömeggyarapodás előrejelzése, várható termelés előrejelzése, várható termelési érték, költség és jövedelem becslése.

### 3.3. Takarmány készletnyilvántartás és a beltartalmak átszámítása

Az állattenyésztésben és az állattartásban az anyagfelhasználást mind naturálisan, mind pénzértékben legnagyobb részben a takarmányok alkotják. Az év során különböző takarmányokat használunk fel. Ezeket a takarmányokat különböző tárolóhelyeken raktározzuk, készszük. A készletek feltöltése általában szakaszosan, a felhasználásuk folyamatosan történik. Ugyanazt a takarmányt egyidejűleg is különböző állatfajokkal, állatcsoportokkal etetjük. A takarmányok egy része veszendőbe megy. Takarmányt adhatunk el.

Másrészt a takarmányok táplálóanyagtartalmát, illetve más anyagtartalmát azaz beltartalmi értékeit vagy szabványtáblázat szerint számoljuk, vagy - ami célszerűbb és mindenképpen ennek általánossá válására kell törekednünk - időszakonként elvégezett laboratóriumi vizsgálattal határozzuk meg. Bármely eset álljon is fenn az eredményt úgy kapjuk meg, hogy megismerjük mennyi szárazanyag található 1 kg takarmányban a vizsgálat időpontjában,

(vagy szabványtáblázatot használva általában) és mennyi táplálóranyag van a takarmányok 1 kg szárazanyagában, majd meghatározzuk, hogy mennyi van 1 kg takarmányban a különböző anyagokból. Sőt laboratóriumi vizsgálatok esetén a mért beltartalmi értékeket az emészthetőséggel korrigálva kell számításba venni.

A takarmányok beltartalmi értékeinek átszámítása 1 kg száraz anyagtartalomra vonatkoztatott értékekből 1 kg takarmányra vonatkoztatott értékekre nem jelent bonyolult számítást, és ha ismerjük a takarmányok fajlagos (1 kg takarmányra vonatkoztatott) szárazanyagtartalmát, az nagyon egyszerűen elvégezhető. Hasonlóképpen egyszerűen végezhető el az emészthetőséggel történő korrekció, valamint a beltartalmi értékeknek 1 kg takarmányról 1 kg szárazanyagra való átszámítása.

Mivel azonban ezeket a számításokat gyakran el kell végezni és le is kell adminisztrálni, célszerű e célból megfelelő számítógépes programot alkalmazni (ilyen programot készített Dr. Szabó Mátyás - Dr. Tóth József COMMODORE-64-re). Még célszerűbb egy olyan megoldás, amikor a takarmánykészlet nyilvántartó program egyidejűleg a szükséges számításokat is elvégzi.

A takarmánykészlet nyilvántartó számítógépes rendszernek legalább a következő feladatokat kell megoldania.

### 1., Készletnyilvántartás

Raktározási helyek szerinti bontásban valamint összesítve tartalmaznia kell a különböző takarmányok azonosítóját (nevét esetleg más azonosítókat, kódokat), a készleten lévő mennyiséget, takarmány fajlagos értékeit (árát, költség adatait) mindenkor az adott takarmány árát, vagy átlagárát véve számításba, azaz azt az árat amelyen az anyagnyilvántartási rendszerben szerepeltetni kell. Esetleg célszerű lehet megteremteni annak lehetőségét, hogy ugyanazt a takarmányt többféle áron is nyilvántartsuk.

A készletnyilvántartás terjedjen ki a takarmányok beltartalmi értékeire, azaz mindig az aktuális beltartalmi értéket (legutolsó laboratóriumi vizsgálat eredményét) kell a nyilvántartásnak tartalmaznia.

Természetesen nincs akadálya annak sem - sőt az nagyon is célszerű lehet - hogy az előző beltartalmi értékekre vonatkozó információkat is megőrizzük, valamint nyilvántartsuk, hogy a különböző (változó) beltartalmi értékekkel mely állatcsoportot mettől meddig ettünk, mennyi volt ennek során az összes takarmányfelhasználásunk stb. Ennek nyilvántartása számos elemzésre adhat lehetőséget. Pl. vizsgálhatjuk, hogyan változnak a takarmányok fajlagos beltartalmi értékei az idő folyamán a különböző anyagokból. Hogyan biztosítottuk az egyes állatok, vagy állatcsoportok szükségleteit a különböző táplálóanyagokból és milyen hatása volt annak az állat termelésére, kondíciójára. Végezhetünk különböző gazdasági számításokat, amikor a különböző időszakok változó adatai jól felhasználhatók.

## 2., Beltartalmi és költség adatok karbantartása.

A takarmányok szárazanyagtartalma, beltartalmi értékei és ára is változnak. A takarmánykészlet nyilvántartási rendszernek lehetővé kell tenni, hogy a takarmányok beltartalmi értékeit és árait a változásoknak megfelelően módosíthassuk, megvalósítva ezzel, hogy a készletnyilvántartás - mint arról az előzőekben már szó volt - mindig az aktuális készlet, ár és beltartalmi érték adatokat tartalmazza. Ennek során, mint arról szó volt a régi értékek is megőrizhetők, valamint nyilvántartható, hogy adott aktuális paraméterekhez milyen készletfelhasználás kapcsolódott.

## 3., A készletváltozás nyilvántartása.

A takarmánykészletek változása kétirányú, készlet növekedés és készlet csökkenés. A készlet növekedhet termelésből, vásárlásból, átminősítésből. Utóbbi általában az előbbi két tételhez

kapcsolódik, hiszen pl. valamely értékesítésre (eladásra) szánt terméket amely termelésből, vagy vásárlásból származik valami miatt (minőségromlás, takarmányhiány, piaci kereslet hiánya) átminősítünk takarmánynak.

Célszerű, ha a készletnyilvántartási rendszer megőrzi a takarmány származására vonatkozó információkat (melyik vállalatától vásároltuk, melyik táblán termeltük stb.) másrészt kimutatja az adott takarmány készletváltozását az adott tárolóhelyen, (amelyre a takarmányt szállítottuk), valamint összességében.

A készlet csökkenés eredhet piaci értékesítésből, lehet veszteség (romlás) és felhasználás. Most is célszerű a készletváltozásra vonatkozólag nyilvántartani egy sor információt pl. mely állatcsoport számára milyen mennyiségben mely időszakban (megtől meddig) került a takarmány felhasználásra, melyik vevő részére, milyen áron és milyen mennyiségben értékesítettünk, mi volt a veszteség oka és milyen takarmánymennyiség ment veszendőbe.

#### 4., Információátadás más rendszerek számára.

A takarmány készletnyilvántartási rendszer lehet egy komplexebb rendszer része is. Például része lehet egy olyan takarmánygazdálkodási rendszernek, amely a takarmányadagok optimalizálását és a takarmánykeverékek optimalizálását, a takarmánykészlet nyilvántartását (az előbbieket szerint) elvégzi. Ilyenkor természetes, hogy a készlet nyilvántartási alrendszer automatikusan adatokat szolgáltat az optimalizáló alrendszernek, s az optimalizálás eredménye felhasználásra kerül a készletnyilvántartási rendszerben, hiszen ha ismert a takarmányadag vagy keverék és megadjuk az állatlétszámot és a takarmányozási időszakot a számítógép automatikusan meghatározza a takarmányfelhasználást és a készletváltozást.

### 3.4. TAKARMÁNYADAGOK ÉS TAKARMÁNYKEVERÉKEK OPTIMALIZÁLÁSA

A takarmányadagok tervezésének jelenleg a gyakorlatban általában használatos módszerét "próbálgató módszernek", vagy "kísérlet - tévedés" módszerének lehetne nevezni. Ez abból áll, hogy a meglévő takarmányokból összeállítunk egy takarmányadagot, majd meghatározzuk az egyes takarmányok fajlagos beltartalmi értékeinek ismeretében az adag beltartalmát, táplálóanyag és más vizsgált anyag tartalmát. Ezután az állat igényeinek ismeretében megvizsgáljuk, hogy az adag kielégíti-e az állat életfenntartó és termelő táplálóanyag szükségletét, vagy az életfenntartás mellett milyen termelésre képesíti az állatot és ennek alapján eldöntjük, hogy a takarmányadagot elfogadhatónak tartjuk-e? Amennyiben a takarmányadagot nem tartjuk elfogadhatónak úgy a takarmányok mennyiségeit megváltoztatva új takarmányadagot állítunk össze, ismét meghatározzuk az adag beltartalmi értékeit s ismét vizsgáljuk az adag elfogadhatóságát. Ezt mindaddig folytatjuk amíg általunk elfogadható takarmányadaghoz nem jutunk.

E módszer előnye, hogy egyszerű, nem igényel különösebb matematikai ismeretet és könnyen érvényesít bizonyos gyakorlati vagy nehezen számszerűsíthető szempontokat. Legnagyobb hátránya, hogy vagy csak nagyon közelíthető megoldást eredményez, vagy igen sok számolási munkával tudjuk az állat igényeit jobban megközelítő adagot többszöri kísérletezés után megtervezni másrészt, hogy a gazdaságosság követelményeit - még ha törekszünk is erre - nem tudjuk megfelelően figyelembe venni, különösen nagyobb terjedelmű, többféle takarmányt és több táplálóanyagot figyelembevevő feladatok esetén.

Megtervezhetők a takarmányadagok egzakt módszerekkel, matematikai programozással. Ma még e célra elsősorban a lineáris programozást alkalmazzák.

A takarmányadagok lineáris programozással történő megtervezé-

se nagyobb elméleti, matematikai és szakmai felkészültséget kíván, de a számítások jól gépesíthetők és számítógéppel elvégezhetőek. Előnye, hogy szigorúan figyelembe veszi a gazdaságosság követelményeit és ha a feladatot jól fogalmazzuk meg az előzővel azonos biológiai értékű - vagy még jobb -, de attól gazdaságosabb takarmányadagot tudunk megtervezni.

A számítógépes takarmányadag optimalizáló rendszerek üzemeltetése tulajdonképpen nem követeli meg a matematikai modell ismeretét sem, hiszen a modellt a számítógép automatizáltan összeállítja és megoldja. Könnyen tudunk a modellen változtatásokat is eszközölni anélkül, hogy a matematikai modellezéssel tisztában lennénk stb.. Az agrármérnököknek azonban feltétlenül szüksége van olyan szintű matematikai modellezési ismeretre, amely lehetővé teszi a probléma természetének az ismeretét és különleges esetekben is képes a probléma matematikai megfogalmazására illetve számítógépes rendszerek üzemeltetésére. (A takarmánygazdálkodásban alkalmazható modellrendszerekkel részletesebben Dr. Tóth J.: A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. könyv foglalkozik.)

Tegyük fel tehát, hogy valamely állat (állatcsoport) napi takarmányadagját kívánjuk megtervezni lineáris programozással. Ismeretes az állat faja, fajtája, kora testtömege és termelése (vagy általunk kívánatos termelése) mely ismeretek alapján - általában szabványtáblázatokból - meghatározzuk az állat napi szükségletét a különféle táplálóanyagokból. (Az egyszerűség kedvéért valamennyi anyagot, amelyet vizsgálunk táplálóanyagnak nevezünk.)

Tegyük fel, hogy az adott állatnak  $m$ -féle táplálóanyagra van szüksége (vagy vizsgálatunk  $m$ -féle anyagra terjed ki), amelyekből az egy napra szükséges mennyiségeket jelöljük  $b_1, b_2, \dots, b_m$ -mel.

A takarmányadagot  $n$ -féle takarmányból kívánjuk összeállítani. A különféle takarmányoknak az adagban szereplő egyelőre ismeretlen mennyiségeit jelöljük  $x_1, x_2, \dots, x_n$ -nel.

Jelöljük a  $j$ -edik takarmányfajta egységnyi mennyiségében lévő  $i$ -edik táplálóanyag mennyiségeket  $a_{ij}$ -vel ( $i=1,2,\dots,m$  és  $j=1,2,\dots,n$ ).

Az állat biológiai igényeinek és a különböző takarmányok biológiai hatásának ismeretében megállapíthatjuk az egyes takarmányokból etethető mennyiségeket, illetve az adott állatnak a különböző takarmányok, vagy takarmánycsoportok iránti igényeit. Jelöljük ezeket  $q_1, q_2, \dots, q_n$ -nel.

Ismerjük még az egyes takarmányok etetésének ráfordítási igényét pl. költségigényét, jelöljük az egyes takarmányok egységnyi mennyisége feletetésének költségét (pl. piaci árát)  $p_1, p_2, \dots, p_n$ -nel.

Most az a feladat, hogy olyan takarmányadagot állítsunk össze, amely fedezi az adott állat napi szükségletét a különböző táplálóanyagokból, élettanilag megfelel az állat igényeinek és a lehető leggazdaságosabb (pl. a lehető legkevesebb költséggel jár).

Fogalmazzuk meg először az állat táplálóanyag-igényének kielégítésére vonatkozó mérlegfeltételeket.

Az állat igénye az egyes táplálóanyagok iránt különbözőképpen adható meg. Követelményünk lehet, hogy a takarmányadag az  $i$ -edik táplálóanyagból pontosan meghatározott mennyiséget tartalmazzon. Ez esetben az  $i$ -edik táplálóanyagra vonatkozó mérlegfeltételünk a

$$15. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i$$

formában fogalmazható meg. Így előírhatjuk, hogy az adagban pontosan az állat normatív szükségletének megfelelő mennyiségű fehérjét vagy más anyagot kell biztosítani az adott állat számára.

Ilyen szigorú mérlegfeltételt a takarmányadagok optimalizálása során csak igen ritka esetben lehet indokolt előírni. Különösen ha egyidejűleg több táplálóanyagra vonatkozóan írunk elő egyenletet lehetséges, hogy a feladat megoldhatatlan, vagy ha megoldható akkor sem gazdaságos, mert olcsóbb lehet egy olyan takarmányadag amelyben valamely anyagból a szükségesnél esetleg többet biztosítunk az állat számára, mintha a normatív szükséglethez feltétlenül ragaszkodunk. Éppen ezért a táplálóanyagokra vonatkozó mérlegfeltételeket leggyakrabban úgy fogalmazzuk meg, hogy a takarmányadag valamely táplálóanyagból legalább, vagy legfeljebb milyen mennyiséget tartalmazzon, azaz:

$$16. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i,$$

illetve

$$17. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i$$

A 16. feltétel szerint az  $i$ -edik táplálóanyagra alsó korlátot írunk elő, vagyis megszabtuk, hogy abból legalább milyen mennyiséget kell tartalmaznia a takarmányadagnak. Ily módon fogalmazhatjuk meg a feltételt az energiaszükségletre, a fehérjére, az aminosavakra és a vitaminokra stb., vagyis mindazokra az anyagokra, amelyekből az állatnak egy bizonyos mennyiséget legalább meg kell kapnia (alsó korlát), de azt túllépve káros hatástól nem kell tartanunk. (A túlzott fehérjeetetésnek is lehet káros hatása, de ettől az optimalizálás során általában nem kell tartani, mivel a fehérjében gazdag takarmányok drágák, s a célfüggvény legtöbbször nem engedi, hogy az adag fehérjetartalma a szükségletet nagymértékben meghaladja. Amennyiben ez nem biztosított akkor a következőkben ismertetésre kerülő intervallumos megoldást alkalmazhatjuk.)

A 17. feltétel szerint azt írjuk elő, hogy a takarmányadag az illető táplálóanyagból, vagy más anyagból legfeljebb milyen mennyiséget tartalmazhat. Ez történik olyan anyagok esetében, amelyek egy bizonyos határon túl adagolva károsak lehetnek az állat szervezetére, így korlátozott mennyiségben adagolhatók, illetve etetésük elhagyása sem hátrányos.

Gyakran szükséges alkalmazni a mérlegfeltételek egy másik típusát, amikor az adag valamely táplálóanyagtartalmára vonatkozóan egy intervallumot írunk elő. Így például az állat szárazanyagigényét célszerű általában egy alsó és egy felső érték által meghatározott intervallumban megadni. Pl. egy 600 kg testtömegű tehén napi szárazanyagszükségletét 12-18 kg-ban írhatjuk elő, mert legalább 12 kg szárazanyagot etetni kell ahhoz, hogy éhségérzetét megszüntessük, de 18 kg-nál több szárazanyag felvételére nem képes.

Ha pl. az  $r$ -edik táplálóanyagból a takarmányadag tartalmára vonatkozóan egy intervallumot adunk meg, akkor az adag tartalma az  $r$ -edik táplálóanyagból ( $b_r$ ) egyelőre ismeretlen, de nem lehet kevesebb egy alsó határnál, jelöljük ezt  $b_{r0}$ -val, illetve nem lehet több egy felső határnál, amit jelöljünk  $b_r^0$ -val. (Az alsó 0-index az intervallum alsó, a felső 0-index az intervallum felső értékét jelöli.) Ez esetben követelményünk:

$$18. \quad b_{r0} \leq b_r \leq b_r^0,$$

és mivel

$$19. \quad \sum_{j=1}^n a_{rj} x_j = b_r,$$

ezért a 18. az alábbi két feltételre bontható fel:

$$20. \quad \sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \geq b_{r0}$$

és

$$21. \quad \sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \leq b_r^0$$

A 18. feltétel szerint természetesen nem csak az adag szárazanyagtartalma adható meg, hanem esetenként így célszerű előírni az energiaszükséglet kielégítését is. Általában a 18. feltételt alkalmazzuk az olyan esetekben amikor valamely táplálóanyagból az adott állat számára egy bizonyos mennyiséget feltétlenül biztosítani kell, ez azonban túl is léphető, de csak egy adott határig.

A takarmányadagok optimalizálása során felmerülhet annak szükségessége is, hogy az adag tartalmára valamely anyagból ne abszolút mennyiséget írjunk elő, hanem annak egy másik anyaghoz való viszonyát. Ilyen követelményt támaszthatunk például az adag mészes foszfortartalmára, amikor általában a foszfor iránti abszolút igény mellett megadjuk a mész és a foszfor arányát is a savbázis egyensúly biztosítása érdekében. E tekintetben szintén előírhatunk kötött viszonyt (egyenletet), illetve alsó vagy felső korlátot, esetleg alsó és felső korlátot egyidejűleg két feltétellel.

Ha például most az  $i$ -edik és a  $k$ -edik anyag arányát szabjuk meg, előírhatjuk, hogy az adag tartalma az  $i$ -edik anyagból pontosan a  $k$ -edik anyag  $\mathcal{J}$ -szorosával legyen egyenlő (ahol  $\mathcal{J}$  egy arányszám mely megmutatja, hogy  $b_i$  hányszorosa legyen a  $b_k$ -nak), vagyis

$$22. \quad b_i = \mathcal{J} b_k,$$

Megszabhatjuk az illető anyag arányát úgy is, hogy az  $i$ -edik anyag legfeljebb vagy legalább  $\mathcal{J}$ -szorosa legyen a  $k$ -edik anyag-

nak, azaz

$$23. \quad b_i \leq \gamma b_k,$$

illetve

$$24. \quad b_i \geq \gamma b_k.$$

Tekintve, hogy

$$25. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i$$

és

$$26. \quad \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j = b_k$$

a 22. a következőképpen fogalmazható meg:

$$27. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \gamma \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j,$$

és ebből

$$28. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \sum_{j=1}^n (\gamma a_{kj}) x_j,$$

az egyenletet egyoldalra rendezve hagyjuk, hogy

$$29. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - \sum_{j=1}^n (\gamma^{a_{kj}})x_j = 0,$$

ami viszont a következő egyszerű alakra hozható:

$$30. \quad \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \gamma^{a_{kj}})x_j = 0.$$

A fenti módon járhatunk el értelemszerűen a 23. és a 24. formulák tekintetében is, ahol egyenlet helyett egyenlőtlenségeket találunk.

A takarmányok táplálóanyagtartalmára vonatkozó szabványtáblázatokban régebben az egyes takarmányokra nem a méisztartalmat, hanem csak a mészfelesleget illetve mészhiányt adták meg, azaz az  $a_{ij} - \gamma^{a_{kj}}$  kifejezések már kiszámítva, táblázatba foglalva álltak rendelkezésre, ami egyszerűvé tette a 22.-24. formulák alkalmazását.

A 15. (és értelemszerűen a 16-17.) formula szerinti feltétel is egy oldalra rendezhető a

$$31. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i = 0$$

szerint, amikor a  $b_i$ -t táplálóanyagszükségleti változóként építjük a modellbe. Ilyenkor természetesen elő kell írunk  $b_i$ -re egy alsókorlátot is,

$$32. \quad b_i \geq b_{i0}$$

meghatározva, hogy az  $i$ -edik táplálóanyagból legalább  $b_{i0}$  mennyiséget tartalmaznia kell az adagnak.

Speciális esetként jöhet számításba az amikor az egyik feltétellel megfogalmazott táplálóanyagszükségletet vagy annak általában egy részét egy másik feltételbe csoportosítjuk át ún. átcsoportosító változó (vagy változók) modellbe építésével.

Tegyük fel, hogy

$$33. \quad \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - v^{ik} = b_i$$

és

$$34. \quad \sum_{j=1}^n a_{kj}x_j + v^{ik} = b_k$$

valamint előírhatjuk, hogy

$$35. \quad v^{ik} \geq b_r$$

E formulában  $v^{ik}$  egy olyan átcsoportosító változó, amely az  $i$ -edik feltételben a  $b_i$  kielégítése mellett még  $v^{ik}$  mennyiségű anyagot a  $k$ -edik feltételbe is átcsoportosít, s azt is előírtuk, hogy az átcsoportosításnak legalább  $b_r$  mennyiségnek kell lennie.

Végül lehet követelményünk az is, hogy valamely anyagnak egy másik anyaghoz viszonyított koncentrációját írjuk elő, azaz

$$36. \quad \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{a_{kj}} x_j \geq \alpha$$

ahol  $\alpha$  egy skalár, amely meghatározza, hogy az  $i$ -edik anyag hány-szorosa legyen az adagban a  $k$ -adik anyagnak.

Ezzel lényegében áttekintettük azokat a lehetséges mérlegfeltétel típusokat, amelyekkel a takarmányadagok optimalizálása során a táplálóanyag-szükségleteket előírhatjuk. Természetesen a mérlegfeltételek kielégítésére gyári készítmények is figyelembe vehetők.

A rendelkezésre álló takarmányok azonban - mint ismeretes - különböző jellegűek és biológiai hatásuk is eltérő. E tekintetben a takarmányok különbözőképpen csoportosíthatók. Megkülönböztetünk koncentrált takarmányokat és kevésbé koncentrált tömegtakarmányokat. A tömegtakarmányok lehetnek pl. zöldtakarmányok, szálas takarmányok és lédús takarmányok. Forrás tekintetében megkülönböztetünk saját termelésű és vásárolt takarmányokat. A saját termelésű takarmányok lehetnek főtermékek, melléktermékek és másodvetések termései, vagy más szempontból piaci forgalomban szerepeltethető és piaci forgalomban nem lévő takarmányok. Általában nem található piaci forgalomban azok a takarmányok, amelyek kis táplálóanyagkoncentrációjuk és nehéz szállíthatóságuk miatt nem, vagy csak nagyon ritkán képezik adás-vétel tárgyát.

Bizonyos takarmányok tartalmazhatnak mérgező, vagy az egészséget károsító anyagokat, mások lehetnek dugító vagy hashajtó hatásúak stb. Mindezeket figyelembe kell venni a takarmányadagok összeállításánál. Az adagban a különböző takarmányok olyan mennyiségben, illetve arányban legyenek, hogy az megfeleljen az állat biológiai igényeinek.

A matematikai modell összeállításakor a különféle takarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó, az állat élettani igényeit kielégítő feltételeket is előre meg kell szabni és azokat a modellbe beépíteni. Az ilyen célú mérlegfeltételeket az alábbiak szerint adhatjuk meg.

Előírhatjuk valamely takarmányra vonatkozólag, hogy az adagban legalább milyen mennyiségben kell szerepelnie

$$37. \quad x_j \geq x_{j0},$$

vagy legfeljebb milyen mennyiségben szerepelhet

$$38. \quad x_j \leq x_j^0$$

ahol  $x_{j0}$  a j-edik takarmányra előírt alsó,  $x_j^0$  pedig a felsőkorlátot jelenti.

Előírhatjuk adott takarmányra csak a 37. feltételt (alsó korlátot) vagy csak a 38. feltételt (felső korlátot), vagy egyidejűleg mind az alsó, mind a felső korlátot. Természetesen ha  $x_{j0} = x_j^0$ , akkor a j-edik takarmány mennyiségére egyenletet adtunk meg.

Meghatározhatjuk két takarmány (pl. a j-edik és a k-adik takarmány) kívánatos arányát az adagban, azaz

$$39. \quad x_j = \mu x_k$$

vagyis, hogy a j-edik takarmány pontosan a k-adik takarmány  $\mu$  szöröse legyen. Egyenlet helyett természetesen  $\leq$  vagy  $\geq$  relációt is előírhatunk.

Lehet követelményünk az is, hogy a j-edik takarmánynak olyan mennyiségben kell az adagban szerepelnie, hogy az adagban i-edik

táplálóanyag  $\beta$  szorosát (valahány százalékát) a  $j$ -edik takarmány biztosítsa, vagyis

$$40. \quad a_{ij}x_j = \beta b_i$$

Természetesen az egyenlet helyett most is szerepeltethető alsó vagy/és felső korlát.

A takarmányok mennyiségeire, arányaira illetve valamely táplálóanyagból való részesedésére vonatkozó feltételeket természetesen egyidejűleg több takarmány összességére, takarmánycsoportokra vonatkozóan is megfogalmazhatjuk, azaz

$$41. \quad x_j + x_{j+1} + \dots + x_{j+r} \geq q_0$$

$$(\text{vagy } \leq q^0)$$

$$42. \quad x_j + x_{j+1} + \dots + x_{j+r} = \mu (x_k + x_{k+1} + \dots + x_{k+z})$$

(természetesen szerepelhet  $\leq$  vagy/és  $\geq$  reláció is a

feltételben és a modellben egyoldalra rendezve építjük be

A 40. feltétel is kiterjeszthető több takarmányra, azaz

$$43. \quad \sum_{j=k}^z a_{ij}x_j = \beta b_i$$

ahol szintén lehet  $\leq$  és  $\geq$  reláció is.

Míg a táplálóanyag-igényekre vonatkozó feltételek általában szabványtáblázatban vannak előírva, a takarmányok mennyiségeire és arányaira nincsenek ilyen szabványok. Szakkönyvekben találunk

ugyan utalásokat az egyes takarmányokból etetendő kívánatos mennyiségekre (alsó vagy felső korlátokra és intervallumokra), ezek azonban nagymértékben függnék attól, hogy milyen más takarmányok vannak az adagban. Más lesz pl. a lucernából etethető mennyiség, ha az adagban egyéb szálas takarmányok nincsenek, vagy ha egyidejűleg más szálas takarmányokat is etetünk stb. Az sem mindig elegendő, ha azonos típusú takarmányokat együttesen korlátozunk.

A takarmányok mennyiségeit, illetve arányait meghatározó feltételek számszerűsítését a biológiai igények mellett bizonyos gazdasági követelmények és feltételek is befolyásolják. Ha például valamely takarmányokból kevés áll rendelkezésre és beszerzése korlátozott, akkor az abból etethető mennyiség felső határát kénytelenek vagyunk a biológiailag etethető felső határ alatt megszabni. Ha azonban bőven van olyan takarmány, amely piaci forgalomba nem kerül (nem adható el, nem cserélhető el, illetve eladása nem jövedelmező), vagyis az abból fel nem etetett mennyiség tönkremegy, akkor a biológiailag etethető mennyiség határát igyekszünk a lehetséges legmagasabb értékben megadni.

Saját termelésű takarmányoknál azokra, amelyekből viszonylag nagy mennyiség áll rendelkezésre és piaci forgalomban nem szerepeltethető, az étlettanilag megengedhető legnagyobb mennyiségben felső korlátot szabunk meg, de emellett beiktatunk egy indokolt alsó korlátot is. Azokat, amelyekből kevés van és nem vásárolhatók, azt 1 napra jutó mennyiségben korlátozzuk. Azokat a saját termelésű takarmányokat, amelyek piaci forgalomban szerepelnek (eladhatók és vásárolhatók), a biológiai igény alapján korlátozzuk.

A piaci forgalomban szereplő nem saját termelésű takarmányokat, ha azok korlátlanul beszerezhetőek, a biológiai igény szerint korlátozzuk. Ha azonban beszerzésük korlátozott, akkor a feltételek meghatározásánál ezt is figyelembe kell venni.

A kérdés további részletezése nélkül is nyilvánvaló, hogy a takarmányadagok matematikai programjának összeállítása során legnehezebb és legtöbb szakértelmet kívánó probléma éppen a takarmánymennyiségekre, illetve arányokra vonatkozó feltételek helyes meghatározása. A kérdés megoldása nagy szakmai felkészültséget és az üzem körülményeinek alapos ismeretét igényli.

A takarmányadagok programozása során a mérlegfeltételek helyes meghatározásához az elmondottak értelmében a következő általános elveket kell szem előtt tartani:

a., A mérlegfeltételek biztosítsák az állat táplálóanyagigénynek és a takarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó - szakmailag helyes - igényeinek kielégítését.

b., A mérlegfeltételek feleljenek meg a vállalat gazdasági adottságainak.

c., A mérlegfeltételek ne legyenek egymásnak ellentmondóak. (Ellentmondásuk esetén a modell nem oldható meg.)

d., Ha az a., és b., pontban említettek egymásnak ellentmondó feltételekhez vezetnek, a mérlegfeltételeket alapos szakmai és gazdaságossági mérlegeléssel kialakított kompromisszum alapján kell megszabni.

e., Lehetőleg tartózkodjunk a túl sok és szorosra szabott mérlegfeltételek alkalmazásától (ez ugyanis nagymértékben kihat a takarmányadagok gazdaságosságára), de ez nem mehet a szakmai célszerűség rovására. A lineáris programozás - mint ismeretes - lehetőséget ad annak a vizsgálatára is, hogy az egyes korlátozó feltételek változása milyen hatással van az adag gazdaságosságára. Célszerű lehet esetleg ennek vizsgálata is.

f., A mérlegfeltételek meghatározásánál valamennyi állatcsoportra gondolnunk kell.

g., A takarmányadagok optimalizálási modelljének összeállításánál a mérlegfeltételek kialakításában közömbös, hogy melléktermék, másodtermék, vásárolt takarmány, takarmánykeverék stb. szerepel-e az adagban. Itt tehát kizárólag az általános elveket kell alkalmazni. Másként merül fel a probléma akkor, ha takarmánytermelési tervet kívánunk optimalizálni takarmányadag mélységben. Ezzel a kérdéssel a számítógépek a vállalati gazdálkodásban a tantárgy keretében fogunk megismerkedni. (Részletesebb tárgyalása Dr. Tóth J.: A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. könyvben található.)

Az eddigiekben megfogalmazott mérlegfeltételeken kívül teljesülniük kell még az

$$44. \quad x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

határfeltételeknek, vagy nem negativitási feltételeknek, azaz az adagban negatív takarmánymennyiségek nem szerepelhetnek.

A 15-44. formulákban megfogalmaztuk a takarmányadagok lineáris programozással történő optimalizálása során előforduló feltételeket. Az optimalizálásnak azonban akkor van igazi értelme, ha a feltételek nem határozzák meg egyértelműen a takarmányadagokat, hanem azok több adagvariánssal kielégíthetők. Ebben az esetben a lineáris programozás módját ad arra, hogy a lehetséges variánsok közül a számunkra leggazdaságosabbat válasszuk ki.

A matematikai programozás során fontos feladat annak eldöntése, hogy mit tekintünk a gazdaságosság kritériumának, azaz mi legyen a célfüggvény közgazdasági tartalma.

Tekintve, hogy most a takarmányadagok tényleges adatok alapján történő optimalizálását vizsgáljuk, amikor már a takarmánytermelés befejeződött, tehát a termelésről már nem dönthetünk, ké-

zenfekvő, hogy a leggazdaságosabbnak tekintjük azt a takarmányadagot, melynek piaci ára a legolcsóbb. Ilyenkor tehát legcélszerűbb ha a célfüggvény közgazdasági tartalma a piaci ár. Természetesen a piaci árban az üzemet terhelő szállítási és feldolgozási költséget is beleszámítjuk. Ez azt jelenti, hogy vásárolt takarmány esetén a vállalatot terhelő szállítási költséget hozzáadjuk a termék árához. Célszerű lehet a takarmányköltségeknél figyelembe venni a takarmány előkészítésének és az állat elé juttatásának a költségét is, különösen ha az az egyes takarmányoknál jelentős eltérést mutat, s ennek számításba vétele a takarmányok költségarányait módosítja.

Jelöljük a  $j$ -edik takarmány piaci árát (szállítási és feldolgozási költségek figyelembevételével módosítva)  $p_j$ -vel. A takarmányadag összeállításakor az a követelményünk, hogy a 15-43. mérlegfeltételeket és a 44. határfeltételeket kielégítsük, de a takarmányadag költsége (piaci áron számolva és korrigálva) a lehető legkisebb legyen, azaz célfüggvényünk minimális értéket vegyen fel:

$$45. \quad P = \sum_{j=1}^n p_j x_j \longrightarrow \min.$$

ahol  $P$  az adag költsége.

A fentiekben megfogalmazott célfüggvénnyel kapcsolatban néhány megjegyzést kell tenni. Bizonyos saját termelésű takarmányok nem szerepelnek piaci forgalomban, így nincs tényleges áruk. Ezek célfüggvény koefficiense lehet valamilyen névleges ár (pl. elszámoló ár) vagy termelési költség, illetve a programozás szempontjából esetleg nulla is. Mivel ezek a takarmányok nem adhatók el, fel nem használásuk esetén tönkremennének, arra törekszünk, hogy a rendelkezésre álló mennyiséget ezekből lehetőleg teljesen felhasználjuk. Ha ezek a célfüggvényben nulla koefficienset kapnak, vagy

valamilyen, viszonylag alacsony névleges árat, akkor a mérlegfeltételek adta keretek között minél nagyobb mértékben szerepelni fognak az adagban.

Ezzel lényegében áttekintettük a takarmányadagoknak lineáris programozással történő tervezése általános módszertani problémáit. A 15-45. alatt bemutatott formulák összevontan, mátrix alakban felírva egy általános lineáris programozási modellbe foglalhatók össze a következő formában:

$$\begin{aligned} \underline{x} &\geq \underline{0} \\ \underline{A}_1 \underline{x} &\leq \underline{b} \\ \underline{A}_2 \underline{x} &\leq \underline{q} \\ p &= \underline{p}^T \underline{x} \rightarrow \min. \end{aligned}$$

ahol

$\underline{x}$  - a takarmányok mennyiségeire vonatkozó vektor, amely megadja, hogy a különböző takarmányok milyen mennyiségben szerepeljenek az adagban.

$\underline{A}_1$  - a takarmányok táplálóanyagtartalmára vonatkozó mátrix

$\underline{A}_2$  - a takarmányok biológiai hatására vonatkozó mátrix

$\underline{b}$  - táplálóanyagszükségletek vektora

$\underline{q}$  - a biológiai igényekre vonatkozó korlátok vektora

$\underline{p}^T$  - a célfüggvény koefficiensek (költségek) sorvektora.

Meg kell még jegyezni, hogy  $\underline{A}_1$  és  $\underline{A}_2$  mátrixok és  $\underline{p}^T$  vektor komponenseinek természetesen összhangban kell lenni az  $\underline{x}$  vektorral. Ha pl. az  $\underline{x}$  vektor elemei a különböző takarmányok adagban szereplő mennyiségeit kg-ban fejezik ki, akkor az  $\underline{A}$  mátrixok és  $\underline{p}^T$  vektor komponensei is 1 kg takarmányra vonatkoznak.

Természetesen vonatkozási alapként nemcsak a takarmányok egységnyi mennyiségét, hanem pl. azok 1 kg szárazanyag-tartalmát, energiataralmát vagy fehérje tartalmát, vagy az 1 Ft-ért vásárolható, illetve 1 Ft költséggel etethető takarmánymennyiséget is választhatjuk. Ha a modellben összhangot teremtünk mindegy, hogy milyen vonatkozási alapot választunk. Célszerű azonban úgy választani, hogy a koefficiensek minél nagyobb része rendelkezésre álljon, illetve egységekből álljon.

Hangsúlyoznunk kell, hogy az optimalizálással kapott eredmény a modell - mérlegfeltételrendszerének matematikai és mezőgazdasági szempontból történő helyes összeállításától, a célfüggvény közgazdasági tartalmától és a modell konkrét számadataitól függ. A megoldás eredményének szakmai szempontból történő alapos elemzése soha nem nélkülözhető.

Az eddigiekben a takarmányadagok optimalizálásával foglalkoztunk. A takarmánykeverékek optimalizálása módszertani szempontból nem vet fel lényegesen új problémákat. Csupán arról van szó, hogy a keverékekben nem egy állat napi takarmányszükségletének biztosítását írjuk elő, hanem általában 100 kg keveréktakarmány optimális összetételének meghatározását. Most tehát elő kell írni, hogy a keverékben szereplő takarmányok összes mennyisége 100 kg legyen, azaz

$$47. \quad \sum_{j=1}^n x_j = 100$$

Természetesen nem feltétlenül 100 kg keverék előállítását írjuk elő, megadható az is, hogy F mennyiségű keveréket kell előállítani, ahol F bármilyen tetszőleges értéket felvehet. Ennek megfelelően a táplálóanyag-szükségleti kívánalmakat is 100 kg keveréktakarmányra, vagy F-kg keveréktakarmányra vonatkoztatva adjuk meg. A 100 kg keverék alkalmazása azért lehet praktikus, mert ez esetben a beltartalmi igények általában a keverék százalékában adhatók meg és a modell megoldásával a keverékben szereplő komponensek százalékos összetételét kapjuk, ami aztán könnyen átszámítható F mennyiségű takarmányra.

### 3.5. Takarmányadag és takarmánykeverék optimalizálási modellek

A takarmányadagok és a takarmánykeverékek optimalizálása általános módszertani ismereteinek áttekintése után néhány konkrét példát és néhány konkrétabb matematikai modelltipust mutatunk be. E modelltipusok alkalmasak arra is, hogy szemléltetésül szolgáljanak különböző problémák matematikai modelljének megfogalmazásához.

Magyarországon 1986. január 1-től a keményítődérték rendszerről áttértünk a takarmányok energia értékelésére alapozott takarmány értékelési rendszer alkalmazására. Az első kiadványt, amely az energia értékelési rendszer alapján tárgyalta a takarmányadagok tervezését a MÉM Mérnök és Vezetőtovábbképző Intézet adta ki. "A takarmányok energia értékelése és a gazdasági használatok energia ellátása." Budapest 1985. Ez a kiadvány, majd Dr. Herold István: Az új takarmány értékelési rendszer. Debrecen, 1986. (Egyetemi jegyzet) c. műve jelentős segítséget és inspirációt adtak számomra új módszertani eljárások kidolgozásához. E kiadványokban közölt példafeladatokat, illetve azok egy részét a

továbbiakban felhasználjuk a különböző modellek által elérhető eredmények szemléltetésére is. Figyelembe kell itt venni, hogy a kiadványokban szereplő példafeladatok csupán takarmányozástani szempontból kerültek összeállításra, nem vizsgálták azokat ökonómiailag és nem alkalmaztak optimumszámítást, hiszen ez nem is volt céljuk. Nem meglepő tehát, ha az optimum számítások eredményeként sok esetben jelentős eltérést találunk az adagok költségét tekintve.

A takarmányozásból ismeretes, - ezért csupán emlékeztetésül hívjuk fel a figyelmet -, hogy a takarmányadagok tervezése során a szarvasmarhák esetében háromféle nettó energiaértékkel számolunk, úgymint

- a., életfenntartó, azaz maintenance (kiejtése méjntinönsz, jelölése  $NE_m$ )
- b., tejtermelő, azaz lactation (kiejtése lektéjns, jelölése  $NE_l$ )
- c., tömeggyarapodási, vagyis gain (kiejtése géjn, jelölése  $NE_g$ )

Sertéseknél és nyúlnál az emészthető energiával, azaz digestible energy (kiejtése didzsesztöbl enödzsi, jelölése DE), -vel, baromfinál pedig a metabolizálható energiával (jelölése ME)-val számolunk.

Az említett kiadványok kifejtik, hogy tejhasznú teheneknél elegendő csupán tejtermelési energiával számolni (életfenntartás, tejtermelés, vehemésítés és növekedés tekintetében egyaránt) mivel a tejtermelésben és az életfenntartásban hasonló hatásfokú a metabolizálható energiának nettó energiává történő hasznosítása, a tejhasznú tehenek energiaszükségletében csak igen kis hányadot képvisel a növekedés, illetve kondíciójavítás energiaszükséglete, beleértve a különben is rövid időre terjedő vehemésítés okozta tö-

meggyarapodást is, végül mert a tejhasznú tehenek növekedésében, illetve kondíciójavításában a metabolizálható energiának nettó energiává történő hasznosulásának határfoka kedvezőbb, mint az átlagos szarvasmarhánál.

Hasonlóképpen járhatunk el a takarmányozástani szakirodalom szerint a húshasznú tehenek tejtermelését illetően, ahol viszont nem számolunk tejtermelési energiával, csak életfenntartó energiával, tekintve, hogy itt az életfenntartás táplálóanyagszükséglete dominál a tejtermelés szükségletével szemben.

Fiatal húshasznú tehenek esetében, amelyek még növekednek az életfenntartási energia mellett tömeggyarapodási energiával is számolunk.

Tenyészbikáknál általában csak az életfenntartó energiát vesszük számításba, viszont a növendék és a hízómarháknál minden esetben számolnunk kell az életfenntartási és a testtömeggyarapodási energiával is.

Juhok esetében a szarvasmarhákhöz hasonlóan járunk el és életfenntartásra, tej és gyapjútermelésre az életfenntartási, testtömeggyarapodásra viszont tömeggyarapodási nettó energiával számolunk stb.

Ami a fehérje szükséglet figyelembevételét jelenti szintén csak emlékeztetésként jegyezzük meg, hogy sertéseknél és nyúlnál emészthető nyersfehérjével, szarvasmarhánál és baromfinál nyersfehérjével dolgozunk.

A további ismereteknél feltételezzük a takarmányozásban tanultakra való emlékekezést, illetve annak felelevenítését.

### 3.5.1. Takarmányadagok optimalizálása szárazonálló tejtípusú tehén részére.

Vegyünk először egy egyszerű esetet a MÉM Mérnök és Vezető-továbbképző kiadványából (továbbiakban kiadvány) a 88. oldalon szereplő mintapéldát, amely egy 650 kg-os szárazonálló tejtípusú tehén takarmányadagját mutatja be. (1. táblázat.)

E szerint az adott takarmányadagban 0.1 kg foszfor kiegészítő, 0.05 kg só és 0.05 kg premix szerepel és háromféle gazdasági abrak. A foszfor kiegészítőtől, a só és premixtől az egyszerűség kedvéért eltekintünk (hiszen azokkal a továbbiakban a mintafeladat seem számol), azok etetését a kiadványban meghatározott mennyiségben feltételezzük és vizsgálatainkat csupán a gazdasági takarmányokra terjesztjük ki.

A gazdasági takarmányokkal az adagban 11.65 kg szárazanyagot, 65.18 MJ  $NE_1$ -t (az eltérés az 1. táblázattól kerekítésből adódik), vagyis a szükségletnél 7.58 MJ-el többet, a nyersfehérjéből 1348 g-ot (338 g többletet), nyersrostból pedig 3028 g-ot (628 g többletet) biztosítanak.

Takarmányadag 675 kg-os szárazonálló  
tejlő tehén részére

1. táblázat

Takarmány:	1 kg szárazanyagban				Tak.	az adagban				
	Sz.a.	NE <sub>1</sub>	Ny.feh.	Ny.rost		Sz.a.	NE <sub>1</sub>	Ny.feh.	Ny.rost	
	g/kg	MJ	g	g		kg	g/kg	MJ	g	g
Szükséglet:							57.6	1010	2400	**
Kuk.szilázs	329	6.5	92	201	12	3.95	25.68	363	794	
Réti széna	874	5.0	129	300	8.5	7.43	37.15	958	2229	
* Kukorica	912	8.6	100	20	0.3	0.27	2.32	27	5	
* P kieg.	988	-	-	-	0.10	0.10	-	-	-	
* Só	100	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-	
* Premix	988	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-	
Összesen:						11.85	65.15	1348	3028	

\*\* min. 20 % a szárazanyagban

\* összekeverve a "kiegészítő abrakot" alkotják

Vegyük a silókukorica árát 0.6 Ft/kg, a réti szénáét 2 Ft/kg, a kukoricáét 3.96 Ft/kg-nak (1987 év eleji árakkal számolunk). Ezen árakkal számolva a mintapéldában javasolt adag költsége (csak a gazdasági takarmányokat számolva) 25.39 Ft.

Jelöljük most  $x_1$ -el a kukorica szilázs,  $x_2$ -vel a rétiszéna,  $x_3$ -al a kukorica mennyiségét az adagban. Irjuk fel az 1. táblázat adatai alapján a takarmányadag optimalizálási modelljét úgy, hogy követelményünk legyen, hogy az adag legalább 11.65 kg szárazanyagot, ez az előírt szükségletnek megfelelően 57.6 MJ  $NE_1$ -t, 1010 g nyersfehérjét és 2400 g nyersrostot tartalmazzon, de az adag költsége minimális legyen, azaz

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

$$\begin{aligned} 0.329x_1 + 0.874x_2 + 0.912x_3 &\geq 11.65 \\ 2.140x_1 + 4.370x_2 + 7.840x_3 &\geq 57.60 \\ 30.270x_1 + 112.750x_2 + 91.200x_3 &\geq 1010.00 \\ 66.129x_1 + 262.200x_2 + 18.240x_3 &\geq 2400.00 \end{aligned}$$

$$0.6 x_1 + 2.0 x_2 + 3.96 x_3 = \text{minimális}$$

A fenti feladatban a táplálóanyag tartalmak 1 kg takarmányra vonatkoztatva vannak megadva (s a továbbiakban is mindig ezt követjük) az 1. táblázat adataiból kiszámítva.

A feladatot megoldva az alábbi takarmányadagot kapjuk:

Kukorica szilázs	33.62 kg
Réti széna	0.67 kg
Az adag költsége	21.52 Ft

Az adag költsége tehát a mintafeladathoz képest 3.87 Ft-al kevesebb. Szárazanyagtartalma 11.65 kg (szükséglettel egyezik),  $NE_1$  tartalma 74.89 MJ (17.29 MJ többlet) és 1093.68 g nyersfehérjét (83.68 g többlet) valamint 2400 g nyersrostot (szükséglettel egyezőt) tartalmaz.

Olcsóbb ugyan az adag, de túl sok kukorica szilázst tartalmaz. Irjuk elő, hogy az adag nem tartalmazhat 25 kg-nál több kukorica szilázst, azaz építsük be a modellbe az  $x_1 \leq 25$  feltételt is.

Megoldásként a következő takarmányadagokat kapjuk:

Kukorica szilázs	25.00 kg
Réti széna	3.92 kg
Költség	22.84 Ft

Az adag költsége tehát az előbbihez képest 1.32 Ft-al emelkedett, de még mindig 2.55 Ft-al kevesebb, mint a mintafeladatban megadott adag költsége. Az adag szárazanyag tartalma a szükséglettel megegyezik, más beltartalmi értékei többletet tartalmaznak, azaz 70.62 MJ  $NE_1$ -t, 1198.59 g nyersfehérjét, 2680.72 g nyersrostot.

Variálhatunk tovább. Például előírhatjuk, hogy legalább 0.3 kg kukoricát etetni kívánunk. Ekkor az adag a következő:

Kukorica szilázs	25.00 kg
Réti széna	3.61 kg
Kukorica	0.30 kg

Költség 23.40 Ft

Szárazanyagtartalom	11.65 kg
$NE_1$	71.61 MJ
Nyersfehérje	1190.66 g
Nyersrost	2604.12 g

Ismét drágult tehát az adag 0.56 Ft-al, de még mindig 1.99 Ft-al olcsóbb, mint a mintafeladatban javasolt adag.

Az adott esetben a takarmányadag optimalizálása problémamentes volt, tekintve, hogy az energiát elegendő volt laktációs ener-

gia formájában vizsgálni.

A feladat matematikai modellje általánosítva a szóhajóhető alsó és felső valamint csoportkorlát feltételekkel a következő egyszerű formában írható fel:

$$x_j \geq 0 \quad (j=1,2,\dots,n)$$

$$b_{i0} \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i^0 \quad (i=1,2,\dots,m)$$

$$48. \quad x_{j0} \leq x_j \leq x_j^0$$

$$q_0 \leq x_h + x_{h+1} + \dots + x_{h+r} \leq q^0$$

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j = \text{minimális}$$

ahol

$x_j$  - a j-edik takarmány mennyisége az adagban

$x_h$  - a h-adik takarmány mennyisége az adagban  
(hasonlóan h+1, ..., h+r-edik takarmányok)

$a_{ij}$  - a j-edik takarmány fajlagos beltartalma az i-edik anyagból

$b_{i0}$  - az i-edik anyagból adandó szükséglet alsó határa

$b_i^0$  - az i-edik anyagból adható mennyiség felső határa

$x_{j0}$  - a j-edik takarmányból adandó mennyiség alsó határa

$x_j^0$  - a j-edik takarmányból adható mennyiség felső határa

$q_0$  - a h, h+1, ..., h+r-edik takarmányokból adható összes mennyiség alsó határa

$q^0$  - a fentiekből adható mennyiség felső határa.

$c_j$  - a j-edik takarmány fajlagos költsége.

3.5.2. Takarmányadag 650 kg-os tehén részére 38 kg 3.5 %-os zsírtartalmú tej termelésére.

A mintapéldát a kiadványban a 84. oldalon találjuk (2.táblázat). Mivel most is csak  $NE_1$ -el kell számolnunk matematikai modellünk egyszerű, az előbbivel megegyezik.

Az állat szükséglete:

$NE_1$	152.1 MJ
Nyersfehérje	3631.0 g
Nyersrost	3328.0 g

Takarmányadag 650 kg-os, 38 kg, 3,5 %  
zsírtartalmú tejet termelő tehén részére

2. táblázat

Takarmány:	Sz.a. g/kg	1 kg szárazanyagban			Tak. kg	az adagban			
		NE <sub>1</sub> MJ	Ny.feh. g	Ny.rost. g		Sz.a. kg	NE <sub>1</sub> MJ	Ny.feh. g	Ny.rost. g
Szükséglet:					** 152.1 3631 3328				
Zöld luc.	235	5.9	203	274	10	2.35	13.86	477	644
Kuk.szil.	329	6.5	92	201	14	4.61	29.97	424	927
Luc.széna	875	5.3	200	272	3.5	3.06	16.22	612	832
Csőzúzalék	659	7.3	90	80	4	2.64	19.27	238	211
* Kukorica	912	8.6	100	20	4	3.65	31.39	365	73
* Búza	909	8.3	150	22	1	0.91	7.55	137	20
* Ext.napr.	908	6.9	401	186	3.8	3.45	23.81	1383	642
* BBS-ADE-42	988	-	-	-	0.11	0.11	-	-	-
* Só	1000	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-
* Tak.mész	1000	-	-	-	0.07	0.07	-	-	-
Összesen:					20.9	142.07	3636	3349	

\*\* min. 16 % a szárazanyagban      Energiahiány: 10.03

\* összekeverve a tejelőtápot alkotják.

Várható súlyvesztés: 487 g/nap

A mintapélda szerint javasolt adag és költsége:

3. táblázat

Megnevezés	Mennyiség	Egységár	Össz.költség
Zöld lucerna	10.0 kg	0.40 Ft/kg	4.00 Ft
Kukorica szilázs	14.00 kg	0.60 Ft/kg	8.40 Ft
Lucerna széna	3.5 kg	1.80 Ft/kg	6.30 Ft
Csőzúzalék	4.0 kg	2.00 Ft/kg	8.00 Ft
Kukorica	4.0 kg	3.96 Ft/kg	15.84 Ft
Búza	1.0 kg	3.71 Ft/kg	3.71 Ft
Extr. n.forgó	3.8 kg	7.40 Ft/kg	28.12 Ft
BBS-ADE-42	0.11 kg	22.10 Ft/kg	2.43 Ft
Só	0.05 kg	4.70 Ft/kg	0.24 Ft
Tak.mész	0.07 kg	1.50 Ft/kg	0.10 Ft
Összes költség			77.14 Ft

A mintapéldában javasolt takarmányadag 20.9 kg szárazanyagot, 142.07 MJ NE<sub>1</sub>-t (10.03 MJ hiányt) 3636 g nyersfehérjét és 3349 g nyersrostot tartalmaz, s az energiahány miatt napi 487 g testtömeg csökkenés várható.

A kiadványban figyelembe vett táplálóanyagtartalommal számolva a 48. formula szerinti modell alkalmazásával írjuk elő, hogy olyan takarmányadagot kívánunk előállítani, amely feltétlenül biztosítja az állat számára minden táplálóanyagból a példafeladatban megfogalmazott szükségletet. Ugyanakkor engedjük meg, hogy a zöld lucerna 15 kg-ig, a kukorica szilázs 20 kg-ig, a lucerna széna 4.5 kg-ig a csőzúzalék 5 kg-ig, a búza 2 kg-ig emelkedhet az adagban. A kukorica és az extrahált napraforgó mennyiségét ne korlátozzuk, viszont a BBS-ADE-42, a só és a takarmánymész mennyiségét a mintafeladatban adott mennyiségben egyenlettel írjuk elő.

Eredményként 4. táblázat szerinti takarmányadagot kapjuk:

Optimális adag 650 kg-os tehén részére 38 kg 3.5 % zsírtartalmú tej esetén

4. táblázat

Megnevezés	Mennyiség	Egységár	Össz.költ.
Zöld lucerna	15.00 kg	0.40 Ft/kg	6.00 Ft
Kuk.szilázs	20.00 kg	0.60 Ft/kg	12.00 Ft
Lucerna széna	4.50 kg	1.80 Ft/kg	8.10 Ft
Csózúzalék	5.00 kg	2.00 Ft/kg	10.00 Ft
Kukorica	1.93 kg	3.96 Ft/kg	7.64 Ft
Búza	2.00 kg	3.71 Ft/kg	7.42 Ft
Ext. napraforgó	2.11 kg	7.40 Ft/kg	15.84 Ft
BBS-ADE-42	0.11 kg	22.10 Ft/kg	2.43 Ft
Só	0.05 kg	4.70 Ft/kg	0.24 Ft
Tak.mész	0.07 kg	1.50 Ft/kg	0.10 Ft
Összes költség			69.77 Ft

Ez az adag 23.08 kg szárazanyagot, 152.1 MJ NE<sub>1</sub>-t, 3631 g nyersfehérjét, 4058.82 g nyersrostot tartalmaz, tehát minden táplálóanyagból kielégíti az állat szükségletét, ugyanakkor a napi takarmányköltség 7.37 Ft-al, azaz 9.5 %-al csökken.

Nagy problémája az adagnak, hogy szárazanyagtartalma igen magas, így nem fogadhatjuk el annak ellenére, hogy olcsóbb.

Valójában a mintafeladatban megadott takarmányadag 20.9 kg-os szárazanyagtartalma is magas, hiszen ha elfogadjuk, hogy 1000 kg testtömegre vonatkoztatva a szarvasmarha számára 20-30 kg száraz-

anyagot kell biztosítani, akkor a 650 kg-os tehén szárazanyagfelvevő képességének felső határa 19.5 kg.

Beépíthetünk a modellbe egy felső korlátot a szárazanyagra vonatkozóan, de azt fogjuk tapasztalni, hogy a modell megoldhatatlan még akkor is, ha a szárazanyagra 20.9 kg felső korlátot adunk meg. Annak érdekében, hogy a feladat megoldható legyen a modellen más változtatásokat is végre kell hajtani.

Változtassuk meg a modellt a következők szerint:

a., Felülről korlátozzuk a zöld lucernát 15 kg, kukorica szilázst 25 kg, lucerna szénát 6 kg, csőzúzalekot 5 kg, kukoricát 7 kg, búzát 4 kg, ext. napraforgót 5 kg-ban a szárazanyagot 21 kg-ban. Alulról korlátozzuk a kukorica szilázst 10 kg-ban.

b., Engedjük meg, hogy az adag  $NE_1$  tartalma 142.7 MJ legyen, azaz a mintafeladattal megegyezően hiánnyal számoljon és a nyersfehérje tartalom is legyen a mintapéldával egyenlő, azaz 3636 g. Ebben az esetben megoldható a feladat, és az adag költsége most 71.29 Ft, vagyis a mintafeladathoz képest 5.85 Ft-al (7.6 %-al) olcsóbb. A feladat adatlistáját és a megoldás eredményét az Ag-robot számítógépes rendszer által listázott formában a 5. táblázat tartalmazza.

Az adatlista tulajdonképpen a matematikai modellt tartalmazza, a modellben szereplő takarmányokat, valamint a táplálóanyag-szükséglet alsó és felső korlátjait, (szükséges min. és lehetséges max.), a takarmányok fajlagos beltartalmi értékeit illetve a táplálóanyag-szükségletek alsó és felső korlátjainak értékeit.

A feltételrendszerek tartalmát megnevezésük fejezi ki. Itt nemcsak a táplálóanyagokra vonatkozó feltételek lehetnek, hanem takarmánycsoport korlátok is.

ADATLISTA

5. táblázat

A FELADAT NEVE: TEJ2

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 10

	ZÖLD LUC	KUK.SZIL.	LUC.SZÉNA	CSŐZÚZALÉK
SZA	.235	.329	.875	.659
NE <sub>1</sub>	1.387	1.139	4.638	4.811
NY.FEH.	47.705	30.268	175	59.31
NY.ROST	64.39	66.129	238	52.72
ETETHETŐ MIN	0	10	0	0
ETETHETŐ MAX	15	25	6	5
TAKARMÁNY ÁR	.4	.6	1.8	2

	KUKORICA	BÚZA	EXTR.NFORGÓ	BBS-ADE-42
SZA	.912	.909	.908	.988
NE <sub>1</sub>	7.843	7.545	6.265	0
NY.FEH.	91.2	136.35	364.108	0
NY.ROST	18.24	19.998	168.888	0
ETETHETŐ MIN	0	0	0	.11
ETETHETŐ MAX	7	4	5	.11
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	7.4	22.1

	SÓ	TAK MÉSZ	SZÜKSÉGES MIN	LEHETSÉGES MAX
SZA	1	1	0	21
NE <sub>1</sub>	0	0	142.7	1E+30
NY.FEH.	0	0	3636	1E+30
NY.ROST	0	0	3328	1E+30
ETETHETŐ MIN	.05	.07		
ETETHETŐ MAX	.05	.07		
TAKARMÁNY ÁR	4.7	1.5		

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE  
A MEGOLDOTT FELADAT: TEJ2

5. táblázat  
folytatása

TAKARMÁNY NÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
ZÖLD LUC	15	0	15
KUK SZILÁZS	10	10	25
LUC SZÉNA	5.25	0	6
KUKORICA	4.17	0	7
BÚZA	4	0	4
EXTR. NFORGÓ	2.13	0	5
BBS-ADE-42	.11	.11	.11
SÓ	.05	.05	.05
TAK MÉSZ	.07	.07	.07
KÖLTSÉG (Ft)	71.29		

\*

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	21	21
NE <sub>1</sub>	142.7	1E+30	142.7
NY.FEH.	3636	1E+30	3636
NY.ROST	3328	1E+30	3390.88

Az egyedi korlátokat (alsó-felső) az etethető min. és etethető max. sorok tartalmazzák. Ezután következik a takarmány ár, vagy más a modellben megadott célfüggvény közgazdasági tartalmának megfogalmazása, illetve az egyes takarmányokhoz tartozó oszlopokban a célfüggvény koefficiensek konkrét értékeinek listázása.

Természetesen ahol a takarmányok etethetőségének az alsó és a felső korlátja megegyezik ott egyeletet írtunk elő.

Az adatlistához tartozik még a feladat neve (itt TEJ2) és a takarmányok (modellváltozók) számának kiírása.

A feladat megoldásaként megkapjuk a takarmányadag optimális összetételét és a takarmányokra megadott alsó és felső korlátokat a gyorsabb összehasonlítás és elemzés megkönnyítéséhez. Itt találjuk az adag költségét és beltartalmát (tényleges), szintén megkönnyítve az alsó és felső korlátokkal történő összehasonlítást. Természetesen a feladat neve (azonosítója) most is kiírásra kerül.

### 3.5.3. Takarmányadag 600 kg testtömegű 32 kg 3.4 % zsírtartalmú tejet termelő tehen részére.

Vegyük most a Herold féle jegyzet 34. oldalán megadott mintapéldát (6. táblázat), amely 600 kg testtömegű naponta 32 kg 3.4 % zsírtartalmú tejet termelő tehenet vesz alapul. A táblázatból kitűnik, hogy a szárazanyaggal most is baj van, hiszen az 18 kg helyett 19.23 kg, s e mellett 11 g fehérjehiánnyal, 0.5 MJ  $NE_1$  és 74 g nyersrost többlettel kell számolnunk. Hiány mutatkozik calciumból és foszforból, amit kiegészítők adagolásával kiküszöböl, illetve felesleget is biztosít.

Az egyszerűség és a rövidebb tárgyalhatóság érdekében a továbbiakban nem foglalkozunk a premix-el (a mintapélda is a szárazanyagtartalom szempontjából veszi csak figyelembe) és nem foglal-

kozunk a calcium és mész kiegészítőkkal sem, bár tudjuk, hogy ez a modellbe minden további nélkül figyelembe vehető, sőt a 30. formula alkalmazásával  $Ca:P = 1, 7:1$  arányt (vagy szükség szerint bármilyen arányt) is eleve követelményként előírhatunk.

Fogalmazzuk meg tehát a matematikai modellt úgy, hogy az adag a mintafeladat szerinti takarmányokból állítható elő, szárazanyag-tartalma legfeljebb 19.19 kg lehet (a premix szárazanyag-tartalmával korrigáltunk);  $NE_1$  tartalma legalább 131.5 MJ, nyersfehérje-tartalma legalább 3081 g (tehát hiányt nem engedünk) nyersrost tartalma legfeljebb 3077 g, Ca tartalma legalább 133.8 g, P tartalma legalább 68.1 g legyen. Számolunk tehát továbbra is Ca és P pótlással, hogy az optimalizált adag a mintafeladattal reálisan összehasonlítható legyen.

A takarmánymennyiségeket felülről korlátozzuk a következők szerint:

Zöld lucerna	10	kg
Kukorica szilázs	25	kg
Lucerna széna	5	kg
Csözüzalék	5	kg
Kukorica	5	kg
Búza	2	kg
Ext. napraforgó	3.5	kg

A megoldás eredményeként kapott adagot a mintafeladatban javasolt adaggal összehasonlítva a 7. táblázat tartalmazza.

Takarmányadag 600 kg testtömegű, naponta 32 kg, 3.4 % zsírtartalmú tejet termelő tehén részére

6. táblázat

Takarmány	Sz.a. tartalom		1 kg szárazanyagban van				1 kg takban van		Takarmányadag	A takarmányadagban van					
	g/kg	MJ	NE <sub>1</sub>	Ny. Ny.		Ca	P	Sz.a.		NE <sub>1</sub>	Ny. Ny.		Ca	P	
				feh. rost							feh. rost				
				g	g	g	g	kg		MJ	g	g	g	g	
Szükséglet:életfenntartásra/600 kg testtömegre/:									-	40.6	489	-	45.0	30.0	
termelésre /32 kg tejre/:									-	90.9	2592	-	89.6	54.4	
Összesen:									12-24	131.5	3081	3077	134.6	84.4	
Zöld luc.	235	5.91	203	274	4.3	0.5	7.0	1.65	9.8	335	452	30.1	3.5		
Kuk.szil.	329	6.54	92	201	2.4	0.6	20.0	6.58	43.0	605	1323	48.0	12.0		
Luc.széna kp.875	5.33	200	272	14.6	2.5	3.0	2.63	14.0	526	715	43.8	7.5			
Csőzűz, sil.	659	7.29	90	80	0.2	1.7	2.0	1.32	9.6	119	106	0.4	3.4		
Kukorica	912	8.55	100	20	0.3	2.8	4.0	3.65	31.2	365	73	1.2	11.2		
Búza	909	8.26	150	29	0.8	3.2	1.0	0.91	7.5	137	26	0.8	3.2		
Extr.napr.	908	6.89	401	186	3.5	10.1	2.7	2.45	16.9	983	456	9.8	27.3		
26.egys.prem	900	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-		
Összesen:									-	19.23	132.0	3070	3151	133.8	68.1
Felesleg/+/ill.hiány/-/:-									-	+0.5	-11	+74	-0.8	-16.3	
MCP, foszforpótlásra /16,3.5g=/									81 g	-	-	-	-	13.0	18.4
Összesen:													146.8	86.5	

Ca:P arány = 1,7:1

Takarmányadagok összehasonlítása 600 kg testtömegű  
32 kg 3.4 % zsírtartalmú tejet adó tehén esetén.

7. táblázat

Megnevezés	Egységár  Ft/kg	Az adag tartalma és költsége	
		Mintafeladatban	Optimalizált adagban
		Mennyiség kg,MJ,g	Mennyiség kg,MJ,g I. változat
Zöld lucerna	0.40	7.00	10.00
Kukorica szilázs	0.60	20.00	17.88
Lucerna széna	1.80	3.00	2.43
Csőzúzalék	2.00	2.00	3.79
Kukorica	3.69	4.00	2.29
Búza	3.71	1.00	2.00
Extr.napraforgó	7.40	2.70	2.68
Sza	-	19.19	19.18
NE <sub>1</sub>	-	132.00	131.50
Nyersfehérje	-	3070.00	3124.68
Nyersrost	-	3151.00	3151.00
Ca	-	133.80	133.80
P	-	68.10	68.10
Költség	-	63.73	62.98

A feltételek a mintafeladat által meghatározottak és igen szigorúak voltak ennek ellenére is napi 0.75 Ft költség megtakarítás adódik.

Önkéntelenül is felmerülhet a kérdés (és ez az előbbi példára is vonatkozik), hogy nem tartalmaz-e túlzott leegyszerűsítést az, hogy az adag tervezése során az életfenntartás szükségletét is  $NE_1$ -ben határozzuk meg? A takarmányadagoknak számítógépes optimalizálás alkalmazása nélkül történő megnevezése ilyen egyszerűsítést szükségessé tehet, ha enélkül a feladat áttekintése, vagy a számításigényesség jelentős nehézségeket támaszt, számítógépes rendszerekben viszont ilyen nehézségek nincsenek. Kiséreljük tehát meg a feladatot úgy megoldani, hogy az életfenntartási szükségletet tekintve a  $NE_1$  helyett  $NE_m$ -el számolunk

A feladat többféle módon is megoldható. Elsőként azt az esetet vesszük, hogy külön modellezzük az életfenntartó és külön a termelő szükségletet és megfelelő takarmánykorlátok alkalmazásával érjük el, hogy a takarmányok az adagban az előbb megfogalmazott felső korlátok alatt maradjanak. Az így nyert két adagot aztán összesítve nyerjük a napi takarmányfelhasználást.

Ebben az esetben a Ca és a P igényt is úgy határozzuk meg, hogy a hiányt megengedjük, de annak arányát az életfenntartó és termelő adagban változtathatónak tekintjük.

A másik megoldásban egy modellel dolgozunk és a nyersfehérjére, nyersrostra, Ca, P és szárazanyagra közös mérlegfeltételeket írunk elő. Ugyanakkor az energiát  $NE_m$  és  $NE_1$ -ként vesszük számításba és a  $NE_m$ -re vonatkozólag egy alsó korlátot határozzuk meg.

Felmerül ugyanis az a probléma, hogy ha egy 600 kg testtömegű üsző életfenntartó szükséglete ( $NE_m$ ) 39.04 MJ, akkor célszerű-e 40.6 MJ  $NE_1$ -el számolni? Itt most nem a két (érték igen kis mértékű) eltéréséről van szó, hanem arról, hogy a takarmányok  $NE_m$  és  $NE_1$  tartalma igen eltérő és néha ellentétes is, azaz esetenként a  $NE_m$ , máskor a  $NE_1$  tartalom a magasabb. Szolgáljon itt példaként néhány takarmány  $NE_m$  és  $NE_1$  tartalma (8. táblázat)

Néhány takarmány  $NE_m$  és  $NE_1$  tartalma

8. táblázat

Takarmány	1 kg szárazanyagban van		
	$NE_m$ MJ	$NE_1$ MJ	$NE_m/NE_1$
Angol perje 1.növedék	7.05	6.75	1.044
Silókukorica viaszérésben	7.07	6.64	1.065
Lucerna virágzaskor	4.99	5.30	0.942
Fűszénázs közepes	4.81	4.91	0.980
Kukoricaszilázs viaszérésben	6.94	6.54	1.061
Lucernaszénázs közepes	5.42	5.66	0.958
Réti széna közepes	4.99	5.03	0.992
Lucerna széna közepes	5.06	5.33	0.949

E néhány takarmány is jól szemlélteti, hogy a különböző takarmányokban a  $NE_m$  és  $NE_1$  viszonya eltérő. Ha pl. 39.04 MJ  $NE_m$  szükségletet viaszérésben levő silókukoricával kívánjuk biztosítani, akkor 5.52 kg szárazanyagtartalomnak megfelelő takarmányt kell feletetni, s ezáltal 36.67 MJ  $NE_1$ -t biztosítunk. Ha ezzel szemben a 39.04 MJ  $NE_m$ -ot közepes minőségű lucernával biztosítjuk, akkor a feletetendő szárazanyagtartalom 7.71 kg és ezzel 41.12  $NE_1$ -t biztosítunk.

Vizsgálhatjuk a problémát a másik szemszögből is. Ha életfenntartásra a mintafeladat szerint 40.6 MJ  $NE_1$ -t adunk, akkor silókukoricából 6.11 kg szárazanyagot kell adnunk, ami 43.23 MJ  $NE_m$ -et jelent, lucernaszénából pedig az adandó szárazanyag mennyisége 7.62 kg, ami 38.54 MJ  $NE_m$ -et jelent.

Az eredmény mindkét esetben ugyanaz, jelentős 12 %-os eltérés! Önkéntelenül felmerül a kérdés, hogy mi értelme van akkor 0.6 MJ-al számolni (40.6 esetén), amikor a 0.6 a 40-nek csak 1.5 %-a, ugyanakkor a  $NE_m$ -nek  $NE_1$ -el való helyettesítése 10 %-ot is meghaladó hibaforrást eredményez!

Megoldottuk tehát a feladatot a már ismertetett kétféle módon is, úgy hogy az életfenntartási szükségletet  $NE_m$ -el számoltuk. A megoldások eredményeit a következők szemléltetik:

Először azt a példát vesszük, amikor a problémát két modellel oldottuk meg (9. táblázat).

Tejtermelés takarmányadagjának optimuma két modell alkalmazásával

9. táblázat

Megnevezés	Életfenntartó adag	Termelő adag	Összesen	Minta példában
Zöldlucerna	-	10.00	10.00	7.00
Kukoricasiló	17.10	7.90	25.00	20.00
Lucerna széna	-	5.00	5.00	3.00
Csözüzalék	-	2.42	2.42	2.00
Kukorica	-	-	-	4.00
Búza	-	2.00	2.00	1.00
Extr. napraforgó	-	1.61	1.61	2.70
Költség	10.26	41.88	52.14	63.73
Szárazanyag	5.63	14.20	19.83	19.19
$NE_m$	39.04	93.38	132.42	138.105
$NE_1$	36.80	90.90	127.70	132.00
Ny.fehérje	517.59	2592.00	3109.59	3070.00
Ny.rost	1130.83	2807.81	3938.64	3151.00
Ca	41.04	142.66	183.70	133.80
P	10.26	48.97	59.23	68.10

Az így előállított adag a mintafeladathoz képest 11.59 Ft napi költségmegtakarítást jelent. Természetesen megvan a lehető-

sége most is a takarmányok és/vagy táplálóanyagszükségletek további korlátozásának. (Az életfenntartás és termelés optimalizálásának részletes eredményét a 10-11. táblázatok tartalmazzák KE és KT elnevezéssel.)

ADATLISTA

10. táblázat

A FELADAT NEVE: KE

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 7

	ZÖLD LUC	KUK SZIL	LUC SZÉNA	CSŐZÜZ SILÓ
SZA	.235	.329	.875	.659
NE <sub>m</sub>	1.354	2.283	4.428	5.292
NE <sub>1</sub>	1.389	2.152	4.664	4.804
NY.FEH.	47.705	30.268	175	59.31
NY.ROST	64.39	66.129	238	52.72
CA	4.3	2.4	14.6	.2
P	.5	.6	2.5	1.7
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	1E+30	1E+30	1E+30	1E+30
TAKARMÁNY ÁR	.4	.6	1.8	2

	KUKORICA	BÚZA	EXTR.NFORGÓ	SZÜKSÉGES MIN
SZA	.912	.909	.908	0
NE <sub>m</sub>	8.327	8.236	6.465	39.04
NE <sub>1</sub>	7.798	7.508	6.256	0
NY.FEH.	91.2	136.35	364.108	489
NY.ROST	18.24	26.361	168.888	0
CA	.3	.8	3.5	0
P	2.8	3.2	10.1	0
ETETHETŐ MIN	0	0	0	
ETETHETŐ MAX	1E+30	1E+30	1E+30	
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	7.4	

	LEHETSÉGES MAX	10. táblázat folytatása
SZA	1E+30	
NE <sub>m</sub>	1E+30	
NE <sub>1</sub>	1E+30	
NY.FEH.	1E+30	
NY.ROST	1E+30	
CA	1E+30	
P	1E+30	
ETETHETŐ MIN		
ETETHETŐ MAX		
TAKARMÁNY ÁR		

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE  
A MEGOLDOTT FELADAT: KE

TAKARMÁNY NÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
KUK SZILÁSZ	17.1	0	1E+30
	KÖLTSÉG (Ft)	10.26	
	*		

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	1E+30	5.63
NE <sub>m</sub>	39.04	1E+30	39.04
NE <sub>1</sub>	0	1E+30	36.8
NY.FEH.	4.89	1E+30	517.59
NY.ROST	0	1E+30	1130.83
CA	0	1E+30	41.04
P	0	1E+30	10.26

ADATLISTA

11. táblázat

A FELADAT NEVE: KT

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 7

	ZÖLD LUC	KUK SZIL	LUC SZÉNA	CSŐZÚZ.SILÓ
SZA	.235	.329	.875	.659
NE <sub>m</sub>	1.354	2.283	4.428	5.292
NE <sub>1</sub>	1.389	2.152	4.664	4.804
NY.FEH.	47.705	30.268	175	59.31
NY.ROST	64.39	66.129	238	52.72
CA	4.3	2.4	14.6	.2
P	.5	.6	2.5	1.7
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	10	7.9	5	3
TAKARMÁNY ÁR	.4	.6	1.8	2

	KUK	BÚZA	EXTR.NFORGÓ	SZÜKSÉGES MIN
SZA	.912	.909	.908	0
NE <sub>m</sub>	8.327	8.236	6.465	0
NE <sub>1</sub>	7.798	7.508	6.256	90.9
NY.FEH.	91.2	136.35	364.108	2592
NY.ROST	18.24	26.361	168.888	0
CA	.3	.8	3.5	0
P	2.8	3.2	10.1	0
ETETHETŐ MIN	0	0	0	
ETETHETŐ MAX	5	2	4	
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	7.4	

	LEHETSÉGES MAX	11. táblázat folytatása
SZA	1E+30	
NE <sub>m</sub>	1E+30	
NE <sub>1</sub>	1E+30	
NY.FEH.	1E+30	
NY.ROST	1E+30	
CA	1E+30	
P	1E+30	
ETETHETŐ MIN		
ETETHETŐ MAX		
TAKARMÁNY ÁR		

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE  
A MEGOLDOTT FELADAT: KT

TAKARMÁNY NÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
ZÖLD LUC	10	0	10
KUK SZILÁZS	7.9	0	7.9
LUC SZÉNA	5	0	5
CSÖZÚZ SILÓ	2.42	0	3
BÚZA	2	0	2
EXTR NFORG	1.61	0	4
KÖLTSÉG (FT)	41.88		

\*

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	1E+30	14.2
NE <sub>m</sub>	0	1E+30	93.38
NE <sub>1</sub>	90.9	1E+30	90.9
NY.FEH.	2592	1E+30	2592
NY.ROST	0	1E+30	2807.81
CA	0	1E+30	142.66
P	0.	1E+30	48.97

Megvizsgálhatjuk NE<sub>m</sub> és NE<sub>1</sub> koncentráció szempontjából is az adagot. A NE<sub>m</sub> koncentráció  $132.42:19.83=6.6$ , a NE<sub>1</sub> koncentráció  $127.7:19.83=6.9$ . E szerint a tejtermeléshez  $90.9:6.9=13.2$  kg takarmány szárazanyagra van szükség. Marad az életfenntartó szükséglet kielégítésére  $19.83-13.2=6.63$  kg szárazanyag, aminek a NE<sub>m</sub> tartalma  $6.63 \times 6.6=43.76$  vagyis még  $4.72$  MJ NE<sub>m</sub>-ot feleslegben is is etetünk.

Amennyiben a feladatot egy modellbe vonjuk össze úgy, hogy átcsoportosító változó modellbe építésével biztosítjuk, hogy a  $90.90$  MJ NE<sub>1</sub> és a hozzátartozó NE<sub>m</sub> illetve  $39.04$  MJ NE<sub>m</sub> és a hozzátartozó NE<sub>1</sub> meglegyen (ez különbözőképpen is megfogalmazható a modellben), akkor az egyik lehetséges megoldás szerint az adag  $10$  kg zöldlucernát,  $15.72$  kg kukoricaszilázst,  $2.76$  kg lucernaszé-  
nát,  $5$  kg csőzúzalékot,  $1.37$  kg kukoricát,  $2$  kg búzát és  $2.77$  kg extr. napraforgót tartalmaz, és költsége  $61.79$  Ft, tehát  $1.94$  Ft-al olcsóbb, mint a mintafeladat költsége,  $1.19$  Ft-al olcsóbb, mint az optimalizált adag költsége, (7. táblázat) amikor szigorú feltételeket határoztunk meg. Ugyanazok a szigorú feltételek kerülnek itt is megvalósításra. E szigorú feltételek enyhítése

esetén a célfüggvény értéke jelentősen csökkenthető. Így pl. amennyiben a két feladatra bontásnál alkalmazott feltételeket építjük a modellbe az adag költsége 52.13 Ft-ra csökken, azaz kis eltéréssel ugyanaz mint amikor a feladatot két modellel oldottuk meg.

Csupán szemléltetés céljából mutatjuk be a modell adatlistáját (12. táblázat) és a megoldás eredményét (13. táblázat). Láthatjuk, hogy megoldásként azt alkalmaztuk, hogy a két modellel történő eredményeként nyert 93.38 MJ  $NE_m$  és 36.80 MJ  $NE_1$  -t annak tekintettük, mint a tejtermeléssel szükséges  $NE_1$  -l egyidejűleg legalább biztosítandó  $NE_m$  -et, illetve az életfenntartó takarmányban legalább biztosítandó  $NE_1$  -t, s ezenkívül átcsoportosító változóként előírtuk a biztosítandó  $NE_m$  illetve  $NE_1$  értéket. Ez a modell ugyanazt az eredményt adja, mintha a modellt a takarmányok megkésztetésével építenénk fel, amiről a következőkben lesz szó.

Viszonylag egyszerű a takarmány optimalizálás a sertés és a baromfiak esetében, hiszen ezen állatoknál csak egyféle energiával kell számolnunk, vagyis a szárazonálló tehén esetére bemutatott példa szerint a modellt könnyen meg tudjuk szerkeszteni. Az viszont mindenképpen felmerülhet, hogy szárazonálló tehénnél is nem volna-e célszerű  $NE_1$  helyett  $NE_m$ -el számolni. A számítástechnika alkalmazásának korszakában nincs ugyanis szükség ilyen jellegű egyszerűsítésekre.

Felvethető volna még néhány megoldandó probléma az állattenyésztés és a takarmányozástan felé, de ez már meghaladja tananyagunk keretét. E helyett a testtömeggyarapodás céljára szolgáló takarmányadag tervezésével, majd ezt követően más problémákkal foglalkozunk.

ADATLISTA

12. táblázat

A FELADAT NEVE :KET

TAKARMÁNYOK SZÁMA : 9

	ZÖLD LUC	KUK SZILÁZS	LUC SZÉNA	CSŐZÚZ SILÓ
SZA	.235	.329	.875	.659
NE <sub>m</sub>	1.354	2.283	4.428	5.292
NE <sub>1</sub>	1.389	2.152	4.664	4.804
NY.FEH.	47.705	30.268	175	59.31
NY.ROST	64.39	66.129	238	52.72
CA	4.3	2.4	14.6	.2
P	.5	.6	2.5	1.7
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	10	25	5	5
TAKARMÁNY ÁR	.4	.6	1.8	2

	KUK	BÚZA	EXTR.NFORGÓ	NE <sub>m</sub>
SZA	.912	.909	.908	0
NE <sub>m</sub>	8.327	8.236	6.465	-1
NE <sub>1</sub>	7.798	7.508	6.256	0
NY.FEH.	91.2	136.35	364.108	0
NY.ROST	18.24	26.361	168.888	0
CA	.3	.8	3.5	0
P	2.8	3.2	10.1	0
ETETHETŐ MIN	0	0	0	39.4
ETETHETŐ MAX	5	2	3.5	1E+30
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	7.4	0

	NE <sub>1</sub>	SZÜKSÉGES MIN	LEHETSÉGES MAX	12. táblázat folytatása
SZA	0	0	19.85	
NE <sub>m</sub>	0	93.38	1E+30	
NE <sub>1</sub>	-1	36.8	1E+30	
NY.FEH.	0	3070	1E+30	
NY.ROST	0	0	3939	
CA	0	133.8	1E+30	
P	0	59.23	1E+30	
ETETHETŐ MIN	90.9			
ETETHETŐ MAX	1E+30			
TAKARMÁNY ÁR	0			

#### 3.5.4. Marhahústermelés és növendéknevelés takarmányadagjának optimalizálása

Mint már arról szó volt a szarvasmarhák takarmányozása során a takarmányok energiaértékét a szerint is meg kell különböztetni, hogy azt életfenntartásra (NE<sub>m</sub>), tejtermelésre (NE<sub>1</sub>) vagy hústermelésre, illetve növendékállatok esetén növekedésre, testtömeggyarapodásra (NE<sub>g</sub>) kívánjuk felhasználni. A legbonyolultabb problémával akkor találkozunk, amikor a takarmányt testtömeggyarapodásra (növendéknevelés, hizlalás) adjuk, mivel a hústermelés, illetve a testtömeggyarapodás energiaszükséglete és az életfenntartás energiaszükséglete (a NE<sub>g</sub> és a NE<sub>m</sub>) eltérő. Az előbbieken láttuk, hogy valójában ez a probléma a tejtermelés és az életfenntartás vonatkozásában is felvethető, de a takarmányozástannal foglalkozó szakemberek és a szakirodalom a tejtermelés takarmányadagjának tervezése során az életfenntartás és a tejtermelés energiaszükségletét együtt kezelve NE<sub>1</sub>-ben adják meg. A testtömeggyarapodás energiaszükségletét viszont a takarmányozástanban életfenntartási (NE<sub>m</sub>) és testtömeggyarapodási (NE<sub>g</sub>) energiában elkülönítve veszik számításba.

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE  
A MEGOLDOTT FELADAT: KET

13. táblázat

TAKARMÁNY NÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
ZÖLD LUC	10	0	10
KUK SZILÁZS	25	0	25
LUC SZÉNA	4.76	0	5
CSŐZÚZ SILÓ	3.61	0	5
BÚZA	1.33	0	2
EXTR.NFORG.	1.68	0	3.5
NE <sub>m</sub>	39.2	39.04	1E+30
NE <sub>1</sub>	90.9	90.9	1E+30
KÖLTSÉG (FT)	52.13		
*			

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	19.85	19.85
NE <sub>m</sub>	93.38	1E+30	93.38
NE <sub>1</sub>	36.8	1E+30	36.8
NY.FEH.	3070	1E+30	3072.92
NY.ROST	0	3939	3939
CA	133.8	1E+30	180.18
P	59.23	1E+30	59.23

Vannak akik az életfenntartás és testtömeggyarapodás takarmányadagjának tervezését úgy találják megoldhatóknak, hogy a problémát két takarmányadag optimalizáló modellre vezetik vissza, egyik modellben az életfenntartás, a másikban a testtömeggyarapodás táplálóanyag-szükségletét véve figyelembe, vagy a takarmányokat a modellben megkétszerezve építik be.

A táplálóanyag-szükségleti táblázatokban az állat fehérje-szükséglete, valamint más anyagokból kielégítendő szükséglete (szárazanyag, nyersrost, kalcium, foszfor, vitaminok és aminosavak) azonban nincs különválasztva az életfenntartás és a testtömeggyarapodás szükségletére, ezért amennyiben két takarmányadag modellel dolgozunk felmerül a kérdés, mit kezdünk az állat fehérje (és más anyag) szükségletével?

Egy lehetséges megoldásként volna felvethető, hogy a fehérje-szükségletet (nyersfehérjében adva meg) valamilyen arányban osszuk meg az életfenntartás és a testtömeggyarapodás modellje között. Rögtön felmerül azonban az a kérdés, hogy a megosztás milyen arányban történjen, hiszen annak szubjektív alapon történő meghatározásával nagymértékben befolyásolhatjuk az eredményt. Ez vonatkozik más anyagokra, valamint a takarmányokra megadandó élettani igényeket kifejező feltételekre is. Azt ugyanis meg tudjuk mondani, hogy egy adott állat, adott testtömeget és testtömeggyarapodást figyelembe véve milyen határok között képes például pillangósszénát fogyasztani, de ezt életfenntartásra és termelő takarmány-szükségletre bontani lehetetlen. Hasonló problémával találkozunk tehát most, mint amikor a tejtermelés takarmányadagjának megtervezésekor a  $NE_m$  és a  $NE_l$  különválasztását végeztük el.

A további tárgyalás során illusztrációként használjuk fel a MÉM Mérnök és Vezetőtovábbképző Intézet kiadványában a 76. oldalon található példát, amely egy 500 kg testtömegű, nagyramájú hízóbika részére mutat be takarmányadagot 1000 kg/nap testtömeggyarapodás esetén (14. táblázat).

Takarmányadag 500 kg testtömegű nagy rámájú hizóbika  
részére 1000 g/nap tömeggyarapodás esetén

14. táblázat

Takarmány	Sz.a. g/kg	1 kg száraz- anyagban			tak. töm. kg	az adagban			
		NE <sub>m</sub>	NE <sub>g</sub>	Ny.feh.		Sz.a.	NE <sub>m</sub>	NE <sub>g</sub>	Ny.feh.
		MJ	MJ	g		kg	MJ	MJ	g
Szükséglet:						34.07	19.33	958	
S.kuk.szil.	325.0	6.83	4.30	88.0	15.0	4.87	33.26	20.94	429
Rétiszéna	860.0	4.82	2.48	137.0	2.0	1.72	8.29	4.27	235
Kukorica	890.0	9.60	6.68	103.0	1.1	0.98	9.41	6.55	100
Búza	909.0	9.20	6.34	142.0	1.0	0.91	8.37	5.77	129
Ext.napr.	890.0	6.39	2.99	427.0	0.2	0.18	1.14	0.53	76
N.rép.sz.	173.0	8.12	5.42	125.0	3.0	0.52	4.21	2.81	64
AP-18	900.0	-	-	-	0.088	0.08	-	-	-
Futor	900.0	-	-	-	0.009	0.01	-	-	-
Összesen:						9.27	64.68	40.87	1033
Koncentráció:							6.98	4.41	
Létfenntartás szükséglete/NE <sub>m</sub> /						34.07 MJ			
Létfenntartáshoz szükséges tak.sz.a.:						34.07 : 6.98 = 4.881 kg			
Tömeggyarapodásra marad: tak.sz.a.:						9.27 - 4.881 = 4.389 kg			
Tömeggyarapodásra rendel- kezésre áll:						4.389 × 4.41 = 19.35 MJ			

A táblázatban közölt számítási metodika a takarmányadag logikai összeállításának eljárását veszi kizárólag figyelembe, hiszen itt arról van szó, hogy tapasztalatra alapozva logikai úton megtervezünk valamilyen takarmányadagot, kiszámítjuk ennek szárazanyag-tartalmát,  $NE_m$  és  $NE_g$ , valamint nyersfehérjeteralmát. Amennyiben a nyersfehérje tartalmát és a szárazanyag tartalmát kielégítőnek találjuk, megvizsgáljuk a takarmányt energiatartalom tekintetében is. Ezt a szerzők úgy végzik el, hogy először meghatározzák a takarmányadag  $NE_m$  és  $NE_g$  koncentrációját a szárazanyaghoz viszonyítva ( $NE_m/Sza$  és  $NE_g/Sza$ ), majd meghatározzák, hogy az adott  $NE_m$  koncentráció alapján az adott adagból hány kg szárazanyag elégíti ki az állat életfenntartási energia ( $NE_m$ ) szükségletét és hány kg szárazanyag marad testtömeggyarapodás céljára. Ezután meghatározzák, hogy a testtömeggyarapodás céljára rendelkezésre álló szárazanyag a  $NE_g$  koncentrációt figyelembe véve fedezi-e az eleve meghatározott testtömeggyarapodás szükségletét, vagy milyen mértékű testtömeggyarapodást tesz lehetővé.

Amennyiben az adag energiatartalma nem fedezi az előírt szükségletet megállapítjuk, hogy az adott adag milyen testtömeggyarapodásra képesíti az állatot és ha ezt nem fogadjuk el, vagy az adag szárazanyag-tartalmát, nyersfehérje tartalmát stb. nem fogadjuk el változtatjuk az adagot, ismételten elvégezzük az adag előbbiek szerinti elemzését és ezt mindaddig folytatjuk, amíg elfogadható adaghoz nem jutunk.

A vizsgált példafeladatban - és a kiadvány más példafeladataiban - a szárazanyag-szükséglet nincs megadva, a nyersfehérje-szükséglet túlbiztosított és a testtömeggyarapodás energiaszükséglete csaknem pontosan kielégítést nyer. Más esetekben jelentős túletetést találunk a példafeladatokban, vagy hiányzik az elérendő cél megadása, s csupán az adag vizsgálata után történik annak megállapítása, hogy az adag hány gram napi testtömeggyarapodást tesz lehetővé, vagy milyen mértékű testtömeg veszteséggel kell számolnunk.

A 14. táblázatban közölt takarmányokat az alábbi árakon számoltuk:

Silókukorica szilázs	0.60 Ft/kg
Rétiszéna	2.00 Ft/kg
Kukorica	3.96 Ft/kg
Búza	3.71 Ft/kg
Extrahált napraforgó	7.40 Ft/kg
Nedves répaszelet	0.15 Ft/kg
AP-18	20.40 Ft/kg
Futor	2.00 Ft/kg

A példafeladatban megadott adag költsége a fenti árakon számítva napi 24.81 Ft. Mindenképpen felvetődik a kérdés, hogyan lehetne az adagot optimalizálni, s optimalizálása milyen mértékű költségmegtakarítást eredményezne?

Először kísérreljük meg a feladatot két modellel megoldani ahogyan a tejtermelés esetében is tettük. (9. táblázat).

Tekintsünk el a szárazanyag-szükséglet kielégítésének igényétől, hiszen a szárazanyag-szükségletet a példa sem tartalmazza, a fehérje szükségletet pedig 50-50 %-os arányban osszuk meg az életfenntartó adag és a tömeggyarapodást szolgáló adag között, amit elérhetünk úgy is, hogy az energiát a szükséglet szintjén, a nyers fehérjét pedig a szükséglet 50 %-ának szintjén alsó korlátként adjuk meg, vagy úgy, hogy az energiát a szükséglet kétszeres mennyiségében, a fehérjét pedig a napi szükséglet szintjén határozzuk meg alsó korlátként, majd a kapott eredmény felét vesszük. A kétféle megoldás ugyanazt az eredményt szolgáltatja.

Először tehát írjuk elő, hogy olyan adagot kívánunk kapni, amely kielégíti az állat életfenntartó szükségletét, tehát legalább 34.07 MJ  $NE_m$ -et és legalább 479 g nyersfehérjét tartalmaz. Az adag a 14. táblázatban megadott takarmányokat tartalmazhatja, amelyekre a következő előírásokat tesszük.

A silókukorica szilázs mennyisége legfeljebb 10 kg, a réti-széna legfeljebb 1.5 kg, kukorica legfeljebb 1 kg, a búza legfeljebb 0.75 kg, az extrahált napraforgó legfeljebb 0.2 kg, a nedves répaszelet legfeljebb 15 kg lehet az adagban, az AP-18-ból pontosan 0.044 kg, Futor pontosan 0.0045 kg legyen a napi takarmányadagban.

A modell megoldásával a következő takarmányadagot kaptuk:

Silókukorica szilázs	10.0000 kg
Rétiszéna	0.1905 kg
Búza	0.0650 kg
Nedves répaszelet	7.5000 kg
AP-18	0.0440 kg
Futor	0.0045 kg

Az adag költsége: 8.655 Ft.

Az adag tartalma:

Szárazanyag	4.814 kg
NE <sub>m</sub>	34.070 MJ
NE <sub>g</sub>	21.795 MJ
Ny.fehérje	479.000 g

A következőkben módosítjuk a modellt úgy, hogy az legalább 19.33 MJ NE<sub>g</sub>-et, 479 g nyersfehérjét tartalmazzon, s a takarmányok mennyiségeire vonatkozó előbbi előírások mellett a legkisebb költségigényű 1000 g tömeggyarapodást eredményező adagot kapjuk.

A modell megoldása az alábbi takarmányadaghoz vezet:

Silókukorica	7.4520 kg
Rétiszéna	0.8800 kg
Nedves répaszelet	7.5000 kg
AP-18	0.0440 kg
Futor	0.0045 kg

Az adag költsége:8.261 Ft.

Az adag tartalma:

Szárazanyag	4.520 kg
NE <sub>m</sub>	30.728 MJ
NE <sub>g</sub>	19.330 MJ
Ny.fehérje	479.000 g

A fenti két adagot összeadva olyan adagot kell kapnunk, amely mind az életfenntartás, mind pedig az 1000 g napi tömeggyarapodás táplálóanyag-igényét kielégíti.

Ez az adag a következő:

Silókukorica szilázs	17.4520 kg
Rétiszéna	1.0705 kg
Búza	0.0650 kg
Nedves répaszelet	15.0000 kg
AP-18	0.0880 kg
Futor	0.0090 kg

Az adag költsége:16.916 Ft

Az adag beltartalma:

Szárazanyag	9.334 kg
NE <sub>m</sub>	64.798 MJ
NE <sub>g</sub>	41.125 MJ
Ny.fehérje	958.000 g

Az így nyert adag nyersfehérje tartalma megegyezik a példafeladatban megadott szükséglettel (nem tartalmazza a példafeladat szerinti jelentős többletet) szárazanyag és energiatartalma kevés meghaladja a példafeladat tartalmát. Energia koncentrációja a példafeladatéval lényegében megegyezik.

Az adag költsége a példafeladat szerinti 24.81 Ft-al szemben csak 16.916 Ft, vagyis 7.894 Ft, azaz 31.82 %-os költségmegtakarítás érhető el!

A megoldás előnye, hogy két egyszerű lineáris programozási modell megoldásával érünk el eredményt, hátránya viszont, hogy a nyersfehérje-szükségletnek a két modellre találomra, vagy önkényesen történő megbontása, valamint a takarmányokra megadott korlátok nehézségei befolyásolják az eredményt, amely csak megközelíteni képes az optimumot.

Az előbbieken nem szóltunk ugyanis arról, hogy a takarmányok mennyiségeire mind az életfenntartást, mind a tömeggyarapodást szolgáló modellre azonos, viszonylag tág korlátokat adtunk meg, ami az eredményt mindenképpen befolyásolhatja. Elképzelhető például, hogy az AP-18 vagy Futor, vagy bármely takarmány csak egyik modellben szerepel, vagy azokat az előbbitől eltérő mennyiségekben korlátozzuk, illetve korlátozásuk eltérő meghatározása volna célszerű, csakhogy ezt a célszerűséget előre meghatározni aligha lehet, vagy igen bonyolult módon volna esetleg lehetséges.

Felmerül a kérdés, hogyan lehetne ezt a problémát is a modellben megoldani. Látni fogjuk, hogy a megoldásra többféle módszer is lehetséges. Az egyik megoldás, hogy a takarmányokat kétszer szerepeltetjük a modellben, vagyis az előbbi két modellt összedolgozzuk, s ebben a fehérjére és takarmány mennyiségekre közös korlátokat adunk meg. Ez a megoldás kiküszöböli az előbbi hibáját, de jelentősen növeli a modell méretét és a munkaszükségletet ezért helyette más utat keresünk. E megoldás egyébként alapvetően megegyezik az előbbieken a tejtermelésnél már megismert eljárással, illetve az itt ismertetésre kerülő eljárások a tejtermelés takarmányadagjának optimalizálása során is alkalmazhatók.

3.5.5. Optimalizálás energiaszükségleti változók segítségével

Építsük fel a modellt a következőképpen:

$$x_j, NE_m, NE_g \geq 0$$

$$b_{i0} \leq a_{ij}x_j \leq b_i^0$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - NE_m = 0$$

49. 
$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - NE_g = 0$$

$$q_{j0} \leq x_j \leq q_j^0$$

$$NE_m \geq b_{NE_m}$$

$$NE_g \geq b_{NE_g}$$

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j = \min.$$

ahol:

$a_{ij}$  a j-edik takarmány fajlagos beltartalma az i-edik anyagból, amelyet az adag összeállítása során figyelembe veszünk.

$x_j$  a j-edik takarmány (egyenlőre ismeretlen) mennyisége az adagban

$NE_m$  az adag (egyenlőre ismeretlen) energiatartalma életfenntartásra. (energiaszükségleti változó)

$NE_g$  az adag (egyenlőre ismeretlen) energiatartalma tömeggyarapodásra. (energiaszükségleti változó)

$b_{i0}$  ill.  $b_i^0$  az adag tartalmára előírt alsó, illetve felső korlát az i-edik anyagra vonatkozóan.

$q_{j0}$  ill.  $q_j^0$  az adag tartalmára előírt alsó, illetve felső korlát a j-edik takarmányra. (Hasonlóképpen írható feltétel több takarmányra egyidejűleg.)

$b_{NE_m}$  az életfenntartási energiaszükséglet alsó korlátja.

$b_{NE_g}$  a tömeggyarapodás energiaszükségletének alsó korlátja.

$c_j$  a j-edik takarmány fajlagos költsége.

Alakítsuk most át az előbbi modellt úgy, hogy ugyanazon takarmányokat etetve biztosítsuk, hogy a takarmányadag legalább 9.27 kg szárazanyagot, és legalább 958 g nyersfehérjét tartalmazzon (hasonlóképpen adhatnánk meg  $b_{i0}$  ill.  $b_i^0$ -val más anyagok alsó ill. felső korlátjait), s  $b_{NE_m} = 34.07$  MJ, illetve  $b_{NE_g} = 19.33$  MJ legyen. Írjuk elő a takarmányok korlátjait úgy, hogy a silókukorica szilázs legfeljebb 20 kg, a rétiszéna legfeljebb 3 kg, a kukorica legfeljebb 2 kg, a búza legfeljebb 1.5 kg, az extrahált napraforgó legfeljebb 0.4 kg, a nedves répaszelet legfeljebb 15 kg legyen. Írjuk még elő, hogy az adag pontosan 0.088 kg AP-18, és 0.009 kg Futort tartalmazzon. Könnyen észrevehetjük, hogy a modellben

ugyanazokat a követelményeket fogalmztuk meg, mint az előbbi két modellben, csak amíg ott a követelményeket megbontva két modellben voltunk kénytelenek megadni (s a megbontás csak önkényes lehetett) most nincs szükség ilyen bontásra.

A modell megoldása a következő adaghoz vezetett:

Silókukorica szilázs	16.885 kg
Rétiszéna	1.279 kg
Nedves répaszelet	15.000 kg
AP-18	0.088 kg
Futor	0.009 kg

Az adag költsége: 16.75 Ft, a példafeladat 24.81 Ft költségével és az előbbi megoldásban szereplő 16.916 Ft-al szemben, tehát a példafeladathoz képest 8.06 Ft (32.48 %) az előbbi megoldáshoz viszonyítva 1.66 Ft (mintegy 10 %) megtakarítás érhető el.

Az adag beltartalma a következő:

Szárazanyag	9.270 kg
NE <sub>m</sub>	63.862 MJ
NE <sub>g</sub>	40.404 MJ
Ny.fehérje	958.000 g

és a NE<sub>m</sub> koncentráció 6.88 a NE<sub>g</sub> koncentráció 4.35 a szárazanyaghoz viszonyítva.

A kétféle megoldás között a költségkülönbség az adott példában nem nagy, de más esetekben jelentősebb is lehet.

A különbség abból adódik, hogy a fehérje, AP-18 és Futorra, valamint a takarmányokra vonatkozó követelményeket a két modell között nem tudjuk optimálisan, objektív alapon előre meghatározni.

Az utóbbi megoldás tehát mindenképpen egzaktabb, pontosabb.

### 3.5.6. Optimalizálás energiakonzentráció alapján

Csupán érdekesség kedvéért is érdemes megemlíteni, hogy az előbbi modell átalakítható úgyis, hogy a

$$NE_m \geq 34.07$$

és

$$NE_g \geq 19.33$$

előírás mellett még azok szárazanyaghoz viszonyított koncentrációját is előírjuk, azaz

$$NE_m/Sza \geq 6.98 \quad ( =, \leq ), \quad ( \text{vagy } Sza/NE_m \leq 0.143 )$$

$$NE_g/Sza \geq 4.41 \quad ( =, \leq ), \quad ( \text{vagy } Sza/NE_g \leq 0.227 )$$

Ha az előbbi modellben ezt az átalakítást elvégezzük, és egyidejűleg kitöröljük, (illetve kitörölhetjük) a szárazanyagra előírt alsó és felső korlátokat, vagyis most nem a szárazanyag abszolút mennyiségét, hanem a  $NE_m$  és  $NE_g$ -hez viszonyított arányát ( $NE_m$  és  $NE_g$  koncentrációt) írjuk elő, akkor a következő takarmányadagot kapjuk:

Silókukorica szilázs	4.481 kg
Rétiszéna	3.000 kg
Extrahált napraforgó	0.400 kg
Nedves répaszelet	15.000 kg
AP-18	0.088 kg
Futor	0.009 kg

A takarmányadag költsége: 15.71 Ft

Beltartalmi jellemzői:

Szárazanyag	7.074 kg
NE <sub>m</sub>	45.732 MJ
NE <sub>g</sub>	27.798 MJ
Ny.fehérje	958.000 g

A modellben az energia koncentrációt a

$$Sza/NE_m \leq 0.143$$

és

$$Sza/NE_g \leq 0.227$$

formában fogalmaztuk meg, azaz az energia koncentrációra alsó korlátot írtunk elő. E szerint az adag szárazanyagtartalma nem lehetett több mint  $34.07 \times 0.143 + 19.33 \times 0.227 = 9.26$  kg.

Mint látjuk, ennél 2.19 kg-al kevesebb, azaz csak 7.074 kg az adag szárazanyagtartalma. A 2.19-et a számítógép mint eltérést ki is írja. Természetesen ellenkező reláció vagy egyenlet is előírható a modellben.

Magától értetődik, hogy mivel ez lehetséges és olcsóbb is volt, a táplálóanyagszükséglet kielégítése magasabb koncentrációjú takarmányadaggal, kevesebb szárazanyaggal történik, s ezáltal az előbbi adaghoz képest 1.04 Ft megtakarítást sikerül elérni. Természetesen nincs akadálya annak sem, hogy az így megfogalmazott modellben a szárazanyagra alsó, vagy felső, illetve alsó és felső korlátot is előírjunk. Ennek bemutatásától egyszerűsége miatt is eltekinthetünk.

Az eddigiekben a kevésbé egzakt két modellre bontás eljárás

mellett két egzaktabb eljárást mutattunk be, az egyik esetben az energiaszükséglet (és természetesen a nyersfehérjeszükséglet és esetleg bármely más táplálóanyagszükséglet) mellett a szárazanyag-szükségletet is előírjuk (alsó, felső illetve alsó és felső korlátokat adhatunk), a másik esetben a szárazanyagra vonatkozólag arányt írunk elő az energia koncentráció megadásával.

A két eljárás értelemszerűen kombinálható is, s így egy harmadik megoldáshoz jutunk. Ez utóbbival nem foglalkozunk tekintve, hogy az ismertetett két megoldás alapján a modell értelemszerűen, könnyen megszerkeszthető.

### 3.5.7. Optimalizálás átcsoportosító változóval

Ismerkedjünk meg egy újabb eljárással. Vegyünk ehhez a változatosság kedvéért egy újabb példát (természetesen az előbbi példa is megoldható ezzel az eljárással), amely a már idézett kiadványban a 79. oldalon található. A példafeladat egy 400 kg testtömegű, közepes rámajú üsző részére ismertet takarmányadagot 700 g/nap tömeggyarapodás esetén. (15. táblázat)

A 15. táblázatban közölt számítás módszere az előbbi példafeladattal megegyezik, az energia koncentráción alapul. A javasolt adag az energiaszükségletet biztosítja, a nyersfehérjeszükséglet 6 %-os túladagolását eredményezi.

Számításaink során az alábbi takarmányárrakkal számoltunk

Silókukorica szilázs	0.60 Ft/kg
Nedves c.répaszelet	0.15 Ft/kg
Árpa szalma	0.30 Ft/kg
Kukorica dara	3.96 Ft/kg
AP-18	20.40 Ft/kg

Takarmányadag 400 kg testtömegű, közepes rámájú  
üsző részére 700 g/nap tömeggyarapodás esetén

15. táblázat

Takarmány	Sz.a. g/kg	1 kg száraz- anyagban			Tak. kg	az adagban van			
		NE <sub>m</sub> MJ	NE <sub>g</sub> MJ	Ny.feh. g		Sz.a. kg	NE <sub>m</sub> MJ	NE <sub>g</sub> MJ	Ny. feh. g
Szükséglet:							28.82	17.22	687
S.kuk.szil.	325.0	6.83	4.30	88.0	10.0	3.25	22.20	13.97	286
N.c.répsz.	173.0	8.12	5.42	125.0	10.0	1.73	14.05	9.38	216
Árpszalma	900.0	3.93	1.65	56.0	1.0	0.90	3.54	1.48	50
Kuk.dara	890.0	9.60	6.68	103.0	1.9	1.69	16.23	11.30	174
AP-18	900.0	-	-	-	0.06	0.05	-	-	-
Összesen:						7.62	56.02	36.13	726
Koncentráció:							7.352	4.741	
Létfenntartás szüksége:							28.82 MJ		
Létfenntartáshoz szüks. tak.sz.a.:							28.82 : 7.352 = 3.92 kg		
Tömeggyarapodásra marad:							7.62 - 3.92 = 3.70 kg		
Tömeggyarapodásra rendel- kezésre áll:							3.70 × 4.741 = 17.54 MJ		

A fenti árakkal számolva a példában javasolt takarmányadag költsége 16.55 Ft.

Készítsünk most egy matematikai modellt úgy, hogy a fenti takarmányokból minimális költségű takarmányadagot kapjunk, amelynek szárazanyagtartalma legalább 7.62 kg (azaz a példafeladattal megegyezik),  $NE_m$  tartalma legalább 28.82 MJ,  $NE_g$  tartalma legalább 17.22 MJ és nyersfehérje tartalma legalább 687 g. Építsünk most a modellbe egy átcsoportosító változót, amely alkalmas arra, hogy segítségével az adag  $NE_g$  tartalmából tetszőleges mennyiséget átcsoportosítsunk életfenntartás szükségletévé, tekintve, hogy a 28.82 MJ  $NE_m$  biztosítása nem oldható meg  $NE_g$  egyidejű biztosítása nélkül. Az egyidejű biztosításon kívül azonban 17.22 MJ  $NE_g$  biztosítandó tömeggyarapodás céljára. Írjuk elő, hogy az átcsoportosító változó értéke legalább 17.22 MJ legyen, azaz a példafeladat szerintivel megegyezzen ( $36.13 - 18.91 = 17.22$ ).

A takarmányokra vonatkozóan írjuk elő, hogy a silókukorica szilázs 8-15 kg, a nedves cukorrépaszelet 8-15 kg között lehet, az árpaszalma legfeljebb 2 kg, a kukorica dara legfeljebb 3 kg lehet, az AP-18 pedig pontosan 0.06 kg legyen.

A modell megoldása a következő takarmányadaghoz vezet:

Silókukorica szilázs	10.00 kg
Nedves c.répaszelet	15.00 kg
Árpa szalma	2.00 kg
Kukorica dara	0.86 kg
AP-18	0.06 kg
$NE_g$ átcsoportosítás	17.22 MJ

Az adag költsége az előbbi 16.55 Ft-al szemben most 13.48 Ft, vagyis 3.07 Ft megtakarítás (18.5 %) érhető el.

Az adag beltartalma:

Szárazanyag	7.62 kg
NE <sub>m</sub>	57.69 MJ
NE <sub>g</sub>	36.13 MJ
Ny.fehérje	687.00 g

Megvan a lehetőség arra is, hogy a fehérje-szükséglet mellett a szárazanyag alsó határát is előírjuk, valamint átcsoportosító változók modellbe építésével előírjuk a NE<sub>m</sub> és NE<sub>g</sub> koncentrációját a szárazanyaghoz viszonyítva. Ez a megoldás egy kicsit bonyolultabb, ezért kifejtésétől eltekintünk.

Látjuk, hogy az energiaértékelésen alapuló takarmányozási rendszer nem teszi lehetetlenné a számítástechnika alkalmazását.

Mi több a legnehezebbnek tűnő probléma - az életfenntartó és a testtömeg gyarapítására szolgáló energia egyidejű kezelése - nem is egy hanem többféle modellmegoldási módszerhez vezet, melyek közül néhányat az előbbiekben megismertünk.

Aligha kell bizonyítani, hogy amennyiben kétféle energiát tudunk ilyen formán kezelni, akkor már "n"-féle energiát, illetve más anyagot is kezelhetünk, így az előbbiekben kifejtettek általánosítva is érvényesek, s ennél fogva minden hasonló szituációban alkalmazhatók. Lehetséges tehát az is, hogy az ismertetett eljárások értelemeszerű alkalmazásával például az életfenntartás, tejtermelés és testtömeggyarapodás energia-szükségletét egyidejűleg vegyük figyelembe.

Nincs korlátozás sem az alkalmazás területére, sem pedig a kezelhető változók, illetve mérlegfeltételek számára vonatkozólag. Valószínű tehát, hogy a kifejtett módszertani eljárások nemcsak a mezőgazdaságban, de a népgazdaság és a tudományok más területén is alkalmazhatók.

### 3.5.8. Takarmányadagok és takarmánykeverékek optimalizálásának kiterjesztéséről

Mint már arról szó volt a takarmányadag és a takarmánykeverék optimalizálása módszertani lényegét tekintve nem különbözik egymástól. A különbség lényegében csak annyi, hogy az egyik esetben egy állat (vagy az állatok egy csoportja) napi szükségletét (vagy egy meghatározott időszakra vonatkozó szükségletét) optimalizálhatjuk, azaz takarmányadagot (egy napra, vagy több takarmányozási napra, s ez esetben azok egymásból átszámíthatók) tervezzük, a másik esetben, a takarmánykeverék optimalizálása során pedig egy meghatározott mennyiség (100 kg-ot vagy 1 tonna takarmányt) összetételét tervezzük meg.

Az előbbi esetben az állat napi táplálóanyag-szükségletét illetve annak teljesítését írjuk elő követelményként a feltétel rendszerben, utóbbi esetben viszont meghatározzuk a bekeverendő takarmánykeverék összes tömegét és annak táplálóanyagtartalmi követelményeit, s ennek alapján optimalizáljuk a keverék komponensek szerinti összetételét.

Takarmánykeverék tervezésének szükségessége már a szarvasmarha takarmányozása során is felmerül, hiszen tejtermelő abrakkeveréket a vállalatok önmaguknak is előállítanak és forgalmazó vállalatoktól is vásárolhatnak. Az önmaguk számára előállított takarmánykeveréket célszerű optimalizálni.

Az előző pontokban megismert eljárások értelemszerűen alkalmazhatók az abrakkeverékek optimalizálása során, de alkalmazhatók bármely állatfaj, illetve állatcsoport takarmányadagjának, vagy takarmánykeverékének optimalizálására, hiszen ezeknél az állatoknál általában egyszerűbben is vetődik fel a probléma, mivel csak egyféle energiával kell számolnunk. Az viszont teljesen mindegy módszertani szempontból, hogy ezt az energiát  $NE_m$ ,  $NE_l$ ,  $NE_g$ ,  $DE_s$  vagy ME-nek nevezzük.

Az értelemszerű alkalmazhatóság, valamint a terjedelem korlátok miatt tehát a takarmánykeverékek, valamint a juh, sertés, baromfi és más állatfajok takarmányadagjának és takarmánykeverékeinek optimalizálás tárgyalásától eltekintünk feltételezve, hogy az előbbiek értelemszerű alkalmazása a takarmányozástani és operációkutatási ismeretek birtokában semilyen nehézséget nem jelenthet. Csupán két mintafeladatot mutatunk be a már hivatkozott kiadványból vett példák alapján.

A 16. táblázat a kiadvány 134. oldalán lévő példafeladat modelljét mutatja be, amely intenzív malactáp keverék összeállítását célozza 10-20 kg testtömegű malacok számára.

Az adatlistából látható, hogy a takarmányokra azonos alsó és felső korlátot irtunk elő, mivel azt kívántuk elérni, hogy pontosan a kiadvány által javasolt takarmánykeveréket kapjuk. Előírtuk azt is, hogy a keverék 1 kg legyen. Mivel a különböző takarmányok mennyiségeit pontosan előírtuk és azok összege is pontosan 1 kg így az utóbbi előírás elmaradhatott volna, azonban ez az előírás lehetővé tette a modell további egyszerűbb felhasználását, amikor a takarmányok egyedi korlátjait tágítjuk, de az összes takarmány-mennyiséget továbbra is 1 kg-ban írjuk elő.

A megoldás eredményét (a kiadvány 134. oldalán is ajánlott keveréket) a 17. táblázat tartalmazza, amelynek 1 kg-ja 6.57 Ft.

Az egyedi korlátokat tágítva optimalizáljunk 1 kg keveréket. Ennek modelljét a 18. táblázat, a megoldás eredményét a 19. táblázat tartalmazza. Az adag költsége most 6.45 kg, azaz 0.12 Ft/kg költségmegtakarítás (1.8 %) érhető el.

ADATLISTA

16. táblázat

A FELADAT NEVE: K2  
TAKARMÁNYOK SZÁMA: 9

	KUKORICA	BÚZA	E.SZÓJA 48	BÚZAKORPA
SZA	.87	.87	.88	.88
DE <sub>S</sub>	14.01	14	16	10.32
EM.NY.FEH	70	132	442	103
LIZIN	2.5	3	33.5	3.7
MET+CISZ	3.7	3.3	14	5
CA	.3	.9	2.8	1.4
P	2.8	3	7.1	10.8
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	.4	.28	.241	.037
ETETHETŐ MAX	.4	.28	.241	.037
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	12.7	3.2

	*AP-18	T.MÉSZ	T.SÓ	PREMIX
SZA	0	0	.9	.9
DE <sub>S</sub>	0	0	0	0
EM.NY.FEH.	0	0	0	0
LIZIN	0	0	0	0
MET+CISZ	0	0	0	0
CA	218.7	397.6	0	0
P	169.4	0	0	0
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	.017	.011	4E-03	4E-03
ETETHETŐ MAX	.017	.011	4E-03	4E-03
TAKARMÁNY ÁR	18.7	1.1	1.4	50.1

16. táblázat  
folytatása

	BIOLIZIN	SZÜKSÉGES MIN	LEHETSÉGES MAX
SZA	0	0	1E+30
DE <sub>S</sub>	0	0	1E+30
EM.NY.FEH.	0	0	1E+30
LIZIN	158	0	1E+30
MET+CISZ	0	0	1E+30
CA	0	0	1E+30
P	0	0	1E+30
TAK.MENNY.	1	1	1
ETETHETŐ MIN	6E-03		
ETETHETŐ MAX	6E-03		
TAKARMÁNY ÁR	38.6		

## A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE

17. táblázat

A MEGOLDOTT FELADAT: K2

TAKARMÁNYNÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
KUKORICA	.4	.4	.4
BÚZA	.28	.28	.28
E.SZÓJA 48	.241	.241	.241
BÚZAKORPA	.037	.037	.037
AP-17	.017	.017	.017
T.MÉSZ	.011	.011	.011
T.SÓ	4E-03	4E-03	4E-03
PREMIX	4E-03	4E-03	4E-03
BIOLIZIN	6E-03	6E-03	6E-03

KÖLTSÉG (Ft) 6.57

\*

## AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	1E+30	.843
DE <sub>s</sub>	0	1E+30	13.762
EM.NY.FEH.	0	1E+30	175.293
LIZIN	0	1E+30	10.998
MET+CISZ	0	1E+30	5.963
CA	0	1E+30	9.19
P	0	1E+30	6.951

ADATLISTA

18. táblázat

A FELADAT NEVE: K2  
TAKARMÁNYOK SZÁMA: 9

	KUKORICA	BÚZA	E.SZÓJA 48	BÚZAKORPA
SZA	.87	.87	.88	.88
DE <sub>s</sub>	14.01	14	16	10.32
LIZIN	2.5	3	33.5	3.7
MET+CISZ	3.7	3.3	14	5
CA	.3	.9	2.8	1.4
P	2.8	3	7.1	10.8
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	.5	.3	.25	.2
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	12.7	3.2

	AP-17	T.MÉSZ	T.SÓ	PREMIX
SZA	0	0	.9	.9
DE <sub>s</sub>	0	0	0	0
EM.NY.FEH.	0	0	0	0
LIZIN	0	0	0	0
MET+CISZ	0	0	0	0
CA	218.7	397.6	0	0
P	169.4	0	0	0
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	.01	7E-03	4E-03	1E-03
ETETHETŐ MAX	.025	.02	4E-03	6E-03
TAKARMÁNY ÁR	18.7	1.1	1.4	50.1

18. táblázat  
folytatása

	BIOLIZIN	SZÜKSÉGES MIN	LEHETSÉGES MAX
SZA	0	.8	1E+30
DE <sub>S</sub>	0	13.88	1E+30
EM.NY.FEH.	0	175	1E+30
LIZIN	158	11	1E+30
MET+CISZ	0	5.96	1E+30
CA	0	9	1E+30
P	0	6.95	1E+30
TAK.MENNY.	1	1	1
ETETHETŐ MIN	3E-03		
ETETHETŐ MAX	.01		
TAKARMÁNY ÁR	38.6		

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE

19. táblázat

A MEGOLDOTT FELADAT: K2

TAKARMÁNYNÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
KUKORICA	.383	0	.5
BÚZA	.3	0	.3
E. SZÓJA 48	.25	0	.25
BÚZAKORPA	.03	0	.2
AP-17	.017	.01	.025
T.MÉSZ	.01	7E-03	.02
T.SÓ	4E-03	4E-03	4E-03
PREMIX	1E-03	1E-03	6E-03
BIOLIZIN	4E-03	3E-03	.01

KÖLTSÉG (Ft) 6.45

\*

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	.8	1E+30	.845
DE <sub>S</sub>	13.88	1E+30	13.88
EM.NY.FEH.	175	1E+30	180.041
LIZIN	11	1E+30	11
MET+CISZ	5.96	1E+30	6.059
CA	9	1E+30	9
P	6.95	1E+30	6.95

## ADATLISTA

20. táblázat

A FELADAT NEVE: K3  
TAKARMÁNYOK SZÁMA: 9

	KUKORICA	BÚZA	E.SZÓJA 48	BÚZAKORPA
SZA	.87	.87	.88	.88
DE <sub>S</sub>	14.01	14	16	10.32
EM.NY.FEH.	70	132	442	103
LIZIN	2.5	3	33.5	3.7
MET+CISZ	3.7	3.3	14	5
CA	.3	.9	2.8	1.4
P	2.8	3	7.1	10.8
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	.523	.27	.109	.066
ETETHETŐ MAX	.523	.27	.109	.066
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	12.7	3.2

	AP-17	T.MÉSZ	T.SÓ	PREMIX
SZA	0	0	.9	.9
DE <sub>S</sub>	0	0	0	0
EM.NY.FEH.	0	0	0	0
LIZIN	0	0	0	0
MET+CISZ	0	0	0	0
CA	218.7	397.6	0	0
P	169.4	0	0	0
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	8E-03	9E-03	4E-03	4E-03
ETETHETŐ MAX	8E-03	9E-03	4E-03	4E-03
TAKARMÁNY ÁR	18.7	1.1	1.4	50.1

20. táblázat  
folytatása

	BIOLIZIN	SZÜKSÉGES	LEHETSÉGES
		MIN	MAX
SZA	0	0	1E+30
DE <sub>s</sub>	0	0	1E+30
EM.NY.FEH.	0	0	1E+30
LIZIN	158	0	1E+30
MET+CISZ	0	0	1E+30
CA	0	0	1E+30
P	0	0	1E+30
TAK. MENNY.	1	1	1
ETETHETŐ MIN	7E-03		
ETETHETŐ MAX	7E-03		
TAKARMÁNY ÁR	38.6		

Hasonlóan mutatjuk be a kiadvány 135. oldalán található példafeladatot a 20-23. táblázatokban. Itt a példafeladatban javasolt takarmánykeverék 1 kg-jának költsége 5.3 Ft-ról 5.01 Ft-ra (5.5 %-al) csökken. Természetesen a takarmányokra megadott egyedi korlátok változtatásával újabb és újabb takarmánykeverék változatok állíthatók elő.

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE

21. táblázat

A MEGOLDOTT FELADAT: K3

TAKARMÁNYNÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
KUKORICA	.523	.523	.523
BÚZA	.27	.27	.27
E.SZÓJA 48	.109	.109	.109
BÚZAKORPA	.066	.066	.066
AP-17	8E-03	8E-03	8E-03
T.MÉSZ	9E-03	9E-03	9E-03
T.SÓ	4E-03	4E-03	4E-03
PREMIX	4E-03	4E-03	4E-03
BIOLIZIN	7E-03	7E-03	7E-03

KÖLTSÉG (Ft) 5.3

\*

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	0	1E+30	.851
DE <sub>s</sub>	0	1E+30	13.532
EM.NY.FEH.	0	1E+30	127.226
LIZIN	0	1E+30	7.119
MET+CISZ	0	1E+30	4.682
CA	0	1E+30	6.126
P	0	1E+30	5.116

## ADATLISTA

22. táblázat

A FELADAT NEVE: K3

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 9

	KUKORICA	BÚZA	E.SZÓJA 48	BÚZAKORPA
SZA	.87	.87	.88	.88
DE <sub>S</sub>	14.01	14	16	10.32
EM.NY.FEH.	70	132	442	103
LIZIN	2.5	3	33.5	3.7
MET+CISZ	3.7	3.3	14	5
CA	.3	.9	2.8	1.4
P	2.8	3	7.1	10.8
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	.6	.4	.12	.1
TAKARMÁNY ÁR	3.96	3.71	12.7	3.2

	AP-17	T.MÉSZ	T.SÓ	PREMIX
SZA	0	0	.9	.9
DE <sub>S</sub>	0	0	0	0
EM.NY.FEH.	0	0	0	0
LIZIN	0	0	0	0
MET+CISZ	0	0	0	0
CA	218.7	397.6	0	0
P	169.4	0	0	0
TAK.MENNY.	1	1	1	1
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	.01	.01	4E-03	8E-03
TAKARMÁNY ÁR	18.7	1.1	1.4	50.1

22. táblázat  
folytatása

	BIOLIZIN	SZÜKSÉGES MIN	LEHETSÉGES MAX
SZA	0	.8	1E+30
DE <sub>S</sub>	0	13.53	1E+30
EM.NY.FEH.	0	127.226	1E+30
LIZIN	158	7.119	1E+30
MET+CISZ	0	4.682	1E+30
CA	0	6.126	1E+30
P	0	5.116	1E+30
TAK.MENNY.	1	1	1
ETETHETŐ MIN	0		
ETETHETŐ MAX	9E-03		
TAKARMÁNY ÁR	38.6		

A TAKARMÁNYADAG ÖSSZETÉTELE

23. táblázat

A MEGOLDOTT FELADAT: K3

TAKARMÁNYNÉV	MENNYISÉG	ALSÓ KORLÁT	FELSŐ KORLÁT
KUKORICA	.371	0	.6
BÚZA	.4	0	.4
E.SZÓJA 48	.106	0	.12
BÚZAKORPA	.1	0	.1
AP-17	6E-03	0	.01
T.MÉSZ	.01	0	.01
BIOLIZIN	7E-03	0	9E-03

KÖLTSÉG (Ft) 5.01

\*

AZ ADAG BELTARTALMI JELLEMZŐI

	SZÜKSÉGES		TÉNYLEGES
	MIN	MAX	
SZA	.8	1E+30	.851999999
DE <sub>s</sub>	13.53	1E+30	13.53
EM.NY.FEH.	127.226	1E+30	136.098
LIZIN	7.119	1E+30	7.119
MET+CISZ	4.682	1E+30	4.682
CA	6.126	1E+30	6.197
P	5.116	1E+30	5.116

### 3.6.A takarmányfelhasználás tervezése és operatív irányítása vállalati szinten

A takarmányfelhasználás tervezése és operatív irányítása takarmányadagok optimalizálása útján igen hatékonyá tehető. Ha azonban az egyes állatfajokat, sőt azon belül a takarmányozási állatcsoportokat és a takarmányozási időszakokat, amikor egy adott takarmányadagot etetünk egymástól függetlenül vizsgáljuk jelentősen csökkenthetjük az elérhető hatékonyságot.

Ebben az esetben ugyanis a takarmányadagok optimalizálási modelleiben nem biztos, hogy objektíven tudjuk meghatározni a takarmánykészleteket is figyelembe vevő feltételeket, a különböző takarmányok etethetőségi korlátait. A készletek elosztását állatcsoportok és takarmányozási időszakok között nem optimalizáljuk. Másrészt lehetséges, hogy a modellezéssel olcsó takarmányadagokat kapunk ugyan, de a piaci forgalomban nem szereplő, a vállalatnál viszont rendelkezésre álló takarmányok egy részét nem etetjük fel így azok tönkremennek, költségként terhelik a vállalatot akkor is, ha ezt nem mutattuk ki, mert nem vettük figyelembe a modellezés során. A továbbiakban egy hosszabb időszakot alapul véve vizsgáljuk a takarmányfelhasználás tervezését, megoldva a fenti problémákat.

Ha egy hosszabb időszak takarmányfelhasználási tervét kívánjuk elkészíteni, mindenképp el kell készíteni egy olyan takarmányfelhasználási diagramot, amely takarmányozási állatcsoportonként ábrázolja, hogy az etethető takarmányok az időszakon belül mikor állnak rendelkezésre. Ennek alapján az egész időszakot olyan időszakaszokra tudjuk felosztani, amelyekben ugyanazon takarmányok etethetők az egyes állatcsoportokkal. Minden állatcsoportnál annyi takarmányadagot kell összeállítani, ahány ilyen időszakaszunk van.

Az egyes időszakaszokra összeállított takarmányadagokat a takarmányozási napok számával szorozva állatcsoportonként megkapjuk

az adott időszak takarmányfelhasználási tervét. Az időszakos takarmányfelhasználási terveinek összeadása egy-egy állatcsoportra az egész időszak takarmányfelhasználási tervét adja, s ha természetesen az állatcsoportok takarmányfelhasználási tervét összegezzük, megkapjuk az egész vállalat takarmányfelhasználási tervét a teljes időszakra.

Az így kapott terv alapján egyeztetni tudjuk a különböző takarmányokból rendelkezésre álló készletet és a szükségletet, s elkészíthetjük a takarmányvásárlási és takarmányeladási tervet, számolva egy biztonsági tartalékkal is.

Problémát okozhat, az mint jeleztük a takarmánykészletek állatcsoportokra és időszakokra történő célszerű elosztása, valamint hogy vannak olyan takarmányok, amelyek piaci forgalomban nem szerepelnek. Ha az ilyen takarmányoknál a szükséglet meghaladja a rendelkezésre álló mennyiséget, a hiányt nem tudjuk vásárlásból fedezni. Ha a rendelkezésre álló mennyiség több mint a szükséglet, a felesleget nem tudjuk értékesíteni, az veszendőbe megy, holott más takarmányozás mellett az is felhasználható volna, s ezáltal csökkenne a takarmányvásárlás mennyisége. A probléma azonban megoldható, ha a takarmányadagokat az egész üzemre vonatkozólag egyidejűleg, egy modellben tervezzük meg egy adott időszakra.

Ha a takarmányadagokat az egész üzemre vonatkozóan kívánjuk egy adott időszakra megtervezni, akkor a feladat a következőképpen fogalmazható meg:

Meg kell tervezni a takarmányozást egy  $T$  időszakra, amelyet azonban  $t_1^k, t_2^k, \dots, t_{z_k}^k$  időszakosokra bontunk fel ( $k = 1, 2, \dots, N$ ) annak megfelelően, hogy az adott  $T$  időszakban hányféle takarmányadagot kell összeállítanunk a  $k$ -edik állatcsoportnál. Legyen  $N$ -féle takarmányozási állatcsoport. Jelöljük a  $k$ -edik állatcsoport takarmányozási napjainak számát a  $r$ -edik időszakban (vagyis  $t_r^k$  napjainak számát)  $s^{kr}$ -rel ( $r = 1, 2, \dots, z_k$ ). A takarmányadagok összeállításához  $n$ -féle takarmány áll rendelkezésünkre. Jelöljük a  $k$ -

adik állatnál 1 takarmányozási napra j-edik takarmányból adandó, egyenlőre ismeretlen mennyiségeket az r-edik időszakban  $x_j^{kr}$ -rel ( $j = 1, 2, \dots, n$ ). Ismeretes, hogy az egyes takarmányok korlátozott vagy korlátlan mértékben piaci forgalomban szerepelnek, mások viszont nem. Bizonyos takarmányok a k-adik állatcsoporttal az egész T időszakban etethetők, mások csak ennek egy részében. Most az a feladat, hogy összeállítsuk valamennyi állatcsoport takarmányadagját a  $t_r^k$  időszakaszokra úgy, hogy a piaci forgalomban nem szereplő takarmányokat a felhasználásra alkalmas időszakaszokban teljes mértékben feleltessük, de a különféle állatcsoportok, illetve időszakaszok között úgy osszuk el, hogy az a leggazdaságosabb és egyben a T időszak takarmányköltsége az adott vállalatnál a lehető legkisebb legyen.

Az előző pontban megfogalmaztuk az egyedi takarmányadagok modelljét. Most azonban  $\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} t_r^k$  modellt veszünk figyelembe, s ezeket egymással is összekapcsoljuk. Ha a feladatot összevont formulát alkalmazva a k-adik állatcsoport takarmányadagjának modelljét az r-edik takarmányozási időszakaszban a

$$x^{kr} \geq 0$$

$$50. \quad A_1^{kr} x^{kr} \geq b^{kr}$$

$$A_2^{kr} x^{kr} \geq q^{kr}$$

formulával jelöljük, ahol  $b^{kr}$  és  $q^{kr}$  kizárólag az élettani igénye-

ket veszi tekintetbe, akkor az N-féle takarmányozási állatcsoport-

ra  $\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} t_r^k$  modellből álló rendszer vizsgálata válik szükségessé.

Ezeket azonban össze kell kapcsolni a

$$51. \quad \sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} s^{kr} x_j^{kr} = d_i$$

feltételrendszerrel, ahol  $d_i$  a piaci forgalomban nem szereplő saját termelésű takarmányok rendelkezésre álló mennyiségeit fejezi ki, így  $i$ -edik feltétel, szerint a  $j$ -edik takarmányból rendelkezésre álló mennyiségeket az  $r$ -edik időszakokban pontosan fel kell használni. Azoknál az állatcsoportoknál, illetve takarmányozási időszakokban, amelyekben a  $j$ -edik takarmány nem etethető, az  $x_j^{kr} = 0$ .

Az 50. és 51. mérlegfeltételek és a

$$52. \quad x_j^{kr} \geq 0$$

határfeltételek mellett keressük a

$$53. \quad \sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} \sum_{j=1}^n s^{kr} p_j^{kr} x_j^{kr}$$

célfüggvény minimumát, ahol a  $p_j^{kr}$  a  $k$ -adik állatcsoporttal az  $r$ -edik időszakban etetett  $j$ -edik takarmány egységnyi mennyiségének piaci ára. /A szállítási és feldolgozási költség itt is beszámítható./

A modellt az 54. formulával vázlatosan fogalmaztuk meg.

54.

$A_1^{11} x^{11}$						$b^{11}$
$A_2^{11} x^{11}$						$q^{11}$
$A_1^{12} x^{12}$						$b^{12}$
$A_2^{12} x^{12}$						$q^{12}$
						.
						.
		$A_1^{1z} x^{1z}$				$b^{1z}$
		$A_2^{1z} x^{1z}$				$q^{1z}$
						.
						.
				$A_1^{N1} x^{N1}$		$b^{N1}$
				$A_2^{N1} x^{N1}$		$q^{N1}$
						.
						.
					$A_1^{Nz} x^{Nz}$	$b^{Nz}$
					$A_2^{Nz} x^{Nz}$	$q^{Nz}$
$\underline{s}^{11} x^{11} + \underline{s}^{12} x^{12} + \dots + \underline{s}^{1z} x^{1z} + \dots + \underline{s}^{N1} x^{N1} + \dots + \underline{s}^{Nz} x^{Nz} = d$						
$\underline{s}^{11}_p x^{11}_p + \underline{s}^{12}_p x^{12}_p + \dots + \underline{s}^{1z}_p x^{1z}_p + \dots + \underline{s}^{N1}_p x^{N1}_p + \dots + \underline{s}^{Nz}_p x^{Nz}_p \rightarrow \min.$						

Természetesen valamennyi  $x_j^{kr}$ -re fennállnak az

$$55. \quad x_j^{kr} \geq 0$$

határfeltételek, és mindazokra a részmodellekre, amelyekben a  $j$ -edik takarmány nem etethető, az  $x_j^{kr} = 0$ .

A modell megoldása lehetővé teszi a piaci forgalomban nem szereplő takarmányok felhasználását, megmutatja, hogy azokat hogyan kell elosztani a különböző állatcsoportok és takarmányozási időszakaszok között, valamint, hogy mely takarmányokból mennyit kell vásárolni, illetve eladni, s azokat milyen ütemezésben és eloszlásban kell feleltetni.

Az így elkészített takarmányfelhasználási terv alapul szolgál egy hosszabb időszakra, mind a saját termelésű takarmányok (köztük a piaci forgalomban nem szereplők) felhasználásának célszerű ütemezéséhez és állatcsoportonként történő elosztásához, mind pedig a takarmányvásárlások célszerű ütemezéséhez. Természetesen a takarmányvásárlás vásárolt takarmányfelhasználási változók modellbe építésével az optimumszámítások segítségével ütemezhető.

Egy hosszabb időszakra elkészített terv azonban általában nem valósítható meg minden tekintetben szigorú pontossággal. Előre nem látható okok következtében változhat az állomány tervezett létszáma, másként alakulhat az állatok termelése, meghiusulhat a tervezett takarmányvásárlás, vagy a beszerzés időpontja eltolódhat, változhatnak a takarmány árak, esetleg nem tervezett takarmány beszerzés valósulhat meg, mert vásárlásra kedvező lehetőségünk adódott.

Ilyen esetekben elegendő lehet a matematikai modell néhány adatának a megváltoztatása, feltételek változtatása, cseréje és a modell aktualizálható, az új helyzetnek megfelelően ismételten megoldható, azaz kereshetjük a választ, hogy az új helyzetben mi

volna a legkedvezőbb döntés, megoldás. A modell változtatása, karbantartása szükség szerinti gyakorisággal, bármikor elvégezhető vagyis az egyszer megoldott modell az operatív irányításban folyamatosan felhasználható.

### 3.7. Az alaptakarmány és pótabrak optimális arányának meghatározása

Amennyiben az egy helyen /egy csoportban, vagy istállóban/ tartott tehenek tejtermelése nagymértékben differenciált, egységes takarmányozásuk a következő problémákat veti fel. Ha az adagot a legmagasabb termelésű egyed igényéhez alakítjuk, a tehenek nagyobbik része érdemen felül kap takarmányt, ami takarmány és egyidejűleg költség pazarlással jár együtt. Ha a takarmány normát ennél alacsonyabbra szállítjuk, a tehenek egy része most is érdemen felül kap takarmányt, más része pedig nem kapja meg a szükségletet. Az ilyen megoldások nemcsak a költséget növelik, de a termelésre és az állat szervezetére is károsak lehetnek.

Túlzott követelmény volna az egyedi etetés is, hiszen a takarmányok kipurciózása igen fáradtságos és költséges volna, legalábbis a jelenlegi takarmányozási és technikai szinten.

A gyakorlatban alkalmaznak egy közbeeső megoldást, amikor is a napi takarmányadag két részből tevődik össze: egy tömegetakarmányokból álló /vagy döntően tömegetakarmányokból álló/ alaptakarmányból és koncentrált takarmányokból álló pótabrakból. Az alaptakarmányt az életfenntartáshoz, és bizonyos mennyiségű tej termeléséhez elegendő táplálóanyag biztosításához állítjuk össze, a pótabrak 1 l tej termeléséhez elegendő táplálóanyagot tartalmaz. Az alaptakarmányt minden tehen megkapja, függetlenül a termeléstől. Pótabrakot viszont csak azok a tehenek kapnak, amelyek tejtermelése meghaladja azt a mennyiséget, amelyre az alaptakarmány képesít, mégpedig a többlettermeléssel arányosan. Takarmány pazarlás termé-

szetesen most is van, hiszen a tehének egy része annyi tejet sem ad egy adott időszakban, amennyire az alaptakarmány képesítené. Kérdés, hogy hány liter tejre volna célszerű az alaptakarmányt adott állatállománynál összeállítani, hogy a takarmányozás összes költsége minimális legyen? (Részletesebben lásd Dr. Tóth J.: Alaptakarmány és pótabrak optimális arányának meghatározása teheneknél matematikai módszerrel. Gazdálkodás, Budapest. 1967.4.sz.)

A probléma a következőképpen oldható meg.

Összeállítunk egy paraméteres alaptakarmány modellt.

$$\underline{x}' \geq \underline{0}$$

$$56. \quad \underline{A}'_1 \underline{x}' \leq \underline{b}' + v \underline{z}'$$

$$\underline{A}'_2 \underline{x}' \leq \underline{q}' + v \underline{d}'$$

$$p' = \underline{p}'^T \underline{x}' = \min.$$

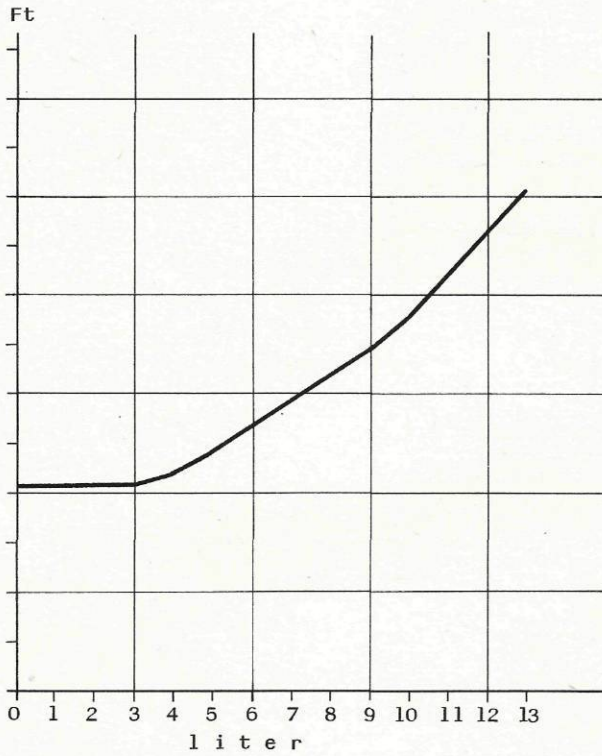
ahol a vessző arra utal, hogy alaptakarmány modelltől van szó. Megkülönböztetésül a pótabrak modellt két vesszővel fogjuk jelölni.

A feltételek és a célfüggvény a szokásostól annyiban tér el, hogy a b és q vektor paraméteres és b és q kizárólag az életfenntartás igényeit, z és d az egy liter tej termelésére vonatkozó igényeket jelenti /táplálóanyag, illetve biológiai igények/ és v azt fejezi ki, hogy az alaptakarmányt hány liter tejre állítjuk össze.

Érdekes, hogy ha a modellt  $v = 0, 1, 2, \dots, v$  diszkrét értékek mellett megoldjuk, az alaptakarmány költsége / $p'$ / egyre gyorsuló ütemben növekszik, az 3. ábra szerint.

A költség ilyen alakulásának oka a következő:

- a., Az életfenntartó szükséglet energiafehérje aránya tá-  
gabb, a tejtermelésé szűkebb. Az alaptakarmányban a  
tejtermelés növekedése tehát a fehérje arány növekedésé-  
vel jár együtt, ami miatt az adagban a drágább fehér-  
jelakarmányok mennyisége növekszik. A 24. táblázatban  
egy 600 kg testtömegű tehén  $NE_1$  és nyersfehérje szüség-  
letének illetve ezek arányának (egyenes arányú és fordí-  
tott intenzitási viszonzszámmal kifejezett) változását  
mutatjuk be 0-50 l tej között a  $NE_1$  igényt  $40.58 + 3.1 v$ ,  
a nyersfehérje igényt  $489 + 87 v$  formulával számolva.
- b., Az adag szárazanyagtartalma felülről korlátozott. A tej-  
termelés növekedésével fokozódó táplálóanyagszükséglet  
kielégítése tehát csak a drágább, koncentráltabb takar-  
mányok arányának növekedésével oldható meg.



3. sz. ábra

Az alaptakarmányköltségek változása  
a tejmennyiség függvényében

Össze kell állítani egy pótabrak modellt is, azaz

$$\underline{x}'' \geq \underline{0}$$

$$57. \quad \underline{A}_1'' \underline{x}'' \geq \underline{b}''$$

$$\underline{A}_2'' \underline{x}'' \geq \underline{d}''$$

$$p'' = \underline{p}''^T \underline{x}'' = \min.$$

ami egyszerű lineáris programozási feladat.

Ha egy adott tehén napi termelése  $V$  liter tej, és az alaptakarmányt  $v$  liter, a pótabrakot pedig 1 liter tejjre állítottuk össze, akkor a pótabrakot nyilván  $V-v$  literre kell adni, s ennek megfelelően a pótabrak költsége

$$58. \quad P'' * /V-v/$$

formulával határozható meg. Ha  $v$  növekszik, akkor  $V-v$  csökken, vagyis a  $P'' * /V-v/$  egy csökkenő lineáris függvény, ha ezt  $v$  növekedése szerint ábrázoljuk. Így lineáris szakaszokból álló monoton növekvő  $P_v'$  függvénnyel (3. ábra) és egy lineáris monoton csökkenő  $P'' * /V-v/$  függvénnyel dolgozhatunk. Kérdés, hogy milyen  $v$  érték mellett lesz az összes költség, vagyis

$$59. \quad P_v' + P'' * /V-v/$$

minimális  $/0 \leq v \leq V/$ .

Táplálóanyag arányok 600 kg testtömegű tehén esetén  
különböző tejhozam mellett

TEJ	NE <sub>1</sub>	NY.FEH	NE <sub>1</sub> /NY.FEH	NY.FEH/NE <sub>1</sub>
0	40.58	489	8.2985	12.050
1	43.68	576	7.5833	13.186
2	46.78	663	7.0558	14.172
3	49.88	750	6.6506	15.036
4	52.98	837	6.3297	15.798
5	56.08	924	6.0692	16.476
6	59.18	1011	5.8536	17.083
7	62.28	1098	5.6721	17.630
8	65.38	1185	5.5172	18.124
9	68.48	1272	5.3836	18.574
10	71.58	1359	5.2671	18.985
11	74.68	1446	5.1645	19.362
12	77.78	1533	5.0737	19.709
13	80.88	1620	4.9925	20.029
14	83.98	1707	4.9197	20.326
15	87.08	1794	4.8539	20.601
16	90.18	1881	4.7942	20.858
17	93.28	1968	4.7398	21.097
18	96.38	2055	4.6900	21.321
19	99.48	2142	4.6442	21.531
20	102.58	2229	4.6020	21.720

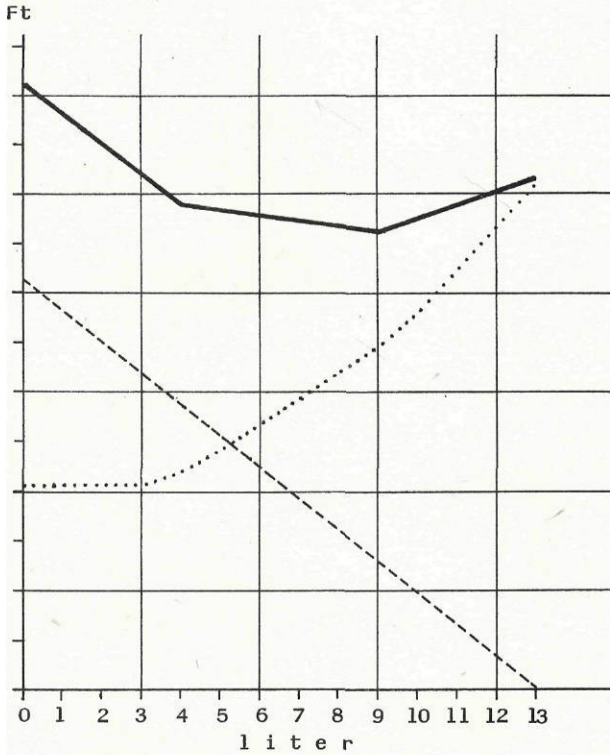
24. tábl  
folytat

21	105.68	2316	4.5630	21.915
22	108.78	2403	4.5268	22.090
23	111.88	2490	4.4931	22.255
24	114.98	2577	4.4617	22.412
25	118.08	2664	4.4324	22.560
26	121.18	2751	4.4049	22.701
27	124.28	2838	4.3791	22.835
28	127.38	2925	4.3548	22.962
29	130.48	3012	4.3320	23.083
30	133.58	3099	4.3104	23.199
31	136.68	3186	4.2900	23.309
32	139.78	3273	4.2706	23.415
33	142.88	3360	4.2523	23.516
34	145.98	3447	4.2349	23.612
35	149.08	3534	4.2184	23.705
36	152.18	3621	4.2027	23.794
37	155.28	3708	4.1877	23.879
38	158.38	3795	4.1733	23.961
39	161.48	3882	4.1597	24.040
40	164.58	3969	4.1466	24.115
41	167.68	4056	4.1341	24.188
42	170.78	4143	4.1221	24.259
43	173.88	4230	4.1106	24.327
44	176.98	4317	4.0996	24.392
45	180.08	4404	4.0890	24.455
46	183.18	4491	4.0788	24.516
47	186.28	4578	4.0690	24.575
48	189.38	4665	4.0595	24.633
49	192.48	4752	4.0505	24.688
50	195.58	4839	4.0417	24.741

Legyen  $\Delta P'_v = P'_v - P'_{v-1}$  ( $v > 0$ ) a költségekbe beállott változás, amelyet az alaptakarmányban figyelembe vett tej egységnyi változása idéz elő az alaptakarmány költségében. A  $v$  növekedéssel a  $\Delta P'_v$  növekvő. Az optimális  $v$  értéket ott kapjuk, ahol az alaptakarmány költségének növekedése még nem haladja meg az 1 liter tej termeléséhez szükséges abraktakarmány költségét, de  $e$   $v$  értéknek további egységnyi növekedésekor már meghaladja. Tehát annál a legnagyobb  $v$ -nél kapjuk az optimumot, ahol a  $\Delta P'_v \leq P''$  még teljesül. Ha ilyen  $v$  nincs, akkor  $v=0$  választandó.

A  $P'_v$ ,  $P''$  és  $P'' \times /V-v/$  függvényeket szemlélteti a 4. ábra.

Az előbbieken ismertetett módszer azonban csak egy adott tehénre érvényes optimális  $v$  érték meghatározását teszi lehetővé. Ha egy egész állományt vizsgálunk, egyáltalán nem biztos, hogy az egyedi optimum az egész állományra is optimális lesz. A tehenek egy része ugyanis ennél kevesebb tejet termel, így ezek érdemen felül kapnak alaptakarmányt. Amennyiben a tehenek nagyobb része az egyedi optimális  $v$  érték alatt termel, úgy igen nagy takarmány pazarlást okozna, ha továbbra is az egyedileg meghatározott optimális  $v$  értékhez ragaszkodnánk és minden tehen erre a tejmenyiségre kapna alaptakarmányt. Ezért egy új, az egész állomány tekintetében optimális  $v^2$  értéket kell megállapítani. (Az egész állományra optimális  $v$  értéket megkülönböztetésül vesszővel jelöljük.) Hogy ez az új, az egész állomány tekintetében optimális  $v^2$  mennyivel tér el az egyedileg megállapított optimális  $v$  értéktől, attól függ, hogy milyen az állomány tejhozam szerinti megoszlása.



Jelmagyarázat:

- ..... Alaptakarmány
- Pótabrak
- Összes költség

4. ábra

Az alaptakarmány, pótabrak és az összes takarmányköltség változása v függvényében

Ha a tehénállomány minden tagjának tejhozama magasabb, mint az egyedileg megállapított optimális  $v^2$  érték, akkor az egész állomány tekintetében optimális  $v^2$  érték megegyezik az egyedileg megállapított optimális  $v$  értékkel. Ez a legegyszerűbb eset, amikor is az egész állomány az egyedileg megállapított optimális  $v$  liter tej termeléséhez kap egyöntetűen alaptakarmányt, s az ezen felül termelt tejtire pedig egyedileg pótabrakot.

Ha azonban a tehénállomány egy része az egyedileg meghatározott optimális  $v$  értéknél kevesebb tejet termel /esetleg az egész állomány ennél kisebb tejhozamu egyedekből áll/, új, az egész állományra optimális  $v$  értéket kell meghatározni.

Ha  $f_j$  jelenti a  $V_i$  liter tejet adó tehének számát / $i = 1, 2, \dots, K$ /, akkor az 59. képletet az egész állományra kiterjesztve, a következő formulával határozható meg az egész állomány napi takarmány költsége:

$$60. \quad \sum_{i=1}^K f_i \times p_v^i + p'' \sum_i f_i \times /V_i - v^2/,$$

ahol bármely  $v'$  esetén  $\sum_i$  olyan  $i$ -kre történő összegezést jelent, amely  $i$ -khez tartozó  $V_i$ -kre  $v' \leq V_i$ . A feladat eszerint már csak az, hogy megkeressük azt a  $v'$  értéket, melynél a 60. formulával megfogalmazott takarmányköltség minimális lesz.

A  $v^2$  értéke a gyakorlatban a következőktől függ: Milyen takarmányok állnak rendelkezésre? Milyen a takarmányok áraránya? Milyen az állomány tejhozam szerinti összetétele? Mivel a tényezők gazdaságonként eltérőek, általánosan érvényes  $v^2$  értéket megadni lehetetlen, de az ismerttetett módszert alkalmazva, a  $v^2$  értékét minden konkrét esetben meg tudjuk határozni.

Az ismerttetett eljárás megismerése a probléma gazdasági tar-

talmának megértése szempontjából is lényeges volt, de ezen túlmenően lehetőség van arra, hogy a paraméteres modellt v diszkrét értékeire oldjuk meg és modellsorozattal közelítsük meg a paraméteres programozás eredményét. Így is probléma, hogy az adott modellt többször is (különböző v értékekre) meg kell oldani, majd a megoldások, valamint az abraktakarmány modell megoldásának eredményét véve egy újabb függvényt kell vizsgálni és annak minimumpontját meghatározni.

Sikerült újabban egy modellrendszert kidolgozni és ehhez egy olyan számítógépes rendszert megalkotni, amelynek segítségével a probléma egyetlen modellben megoldható. A továbbiakban e modellel ismerkedünk meg.

Vezessük be a következő jelöléseket:

$\underline{x}$ ' az alaptakarmány adagban szereplő takarmánymennyiségek vektora

$\underline{x}''$  a pótabrakban szereplő takarmánymennyiségek vektora

$\underline{A}_1$ ' az alaptakarmány adagban szereplő takarmányok fajlagos táplálóanyag tartalmának mátrixa

$\underline{A}_2$ ' az alaptakarmány adagban szereplő takarmányok élettani igényeinek feltételrendszeréhez tartozó mátrix

$\underline{A}_1''$  a pótabrakban szereplő takarmányok fajlagos táplálóanyag tartalmának mátrixa

$\underline{A}_2''$  a pótabrakban szereplő takarmányok élettani igényeinek feltételrendszeréhez tartozó mátrix

$\underline{b}$  az életfenntartás táplálóanyag szükségletének vektora

$\underline{z}$  1 kg tej táplálóanyag szükségletének vektora

- $\bar{q}$  az életfenntartás élettani feltételeit előíró korlátok vektora
- $d$  1 kg tej termelésére előírt élettani feltétel korlátok vektora
- $V$  a legtöbb tejet adó tehén által termelt tej mennyisége
- $V_i$  a  $i$ -edik tehéncsoportban egy tehén által termelt tej mennyisége
- $f_v$  a legnagyobb tejhozamú csoport létszáma
- $f_i$  az  $i$ -edik tehéncsoport létszáma
- $v$  tejtermelés kg-ban
- $v'$  az alaptakarmány által termelendő tejmennyiség optimális szintje
- $\underline{s}'^T$  az alaptakarmány adagban szereplő takarmányok fajlagos szárazanyagtartalmának vektora
- $\underline{s}''^T$  a pótabrakban szereplő takarmányok fajlagos szárazanyag-tartalmának vektora
- $\underline{s}_v^0$  a legmagasabb tejtermelő tehén által elfogyasztható szárazanyagmennyiség
- $p'$  az alaptakarmányban szereplő takarmányok költség vektora
- $\underline{p}''$  a pótabrakban szereplő takarmányok költség vektora
- $K$  a tehén csoportok száma.

A fenti szimbólumok alapján az alaptakarmány és pótabrak adag optimumának és optimális arányának meghatározására szolgáló matematikai modellt röviden a következőképpen fogalmazható meg:

$$\underline{x}', \underline{x}'' \geq 0$$

$$A_1' \underline{x}' \leq \underline{b} \left( \sum_{i=1}^K f_i \right) + \left( \sum_{i=1}^K f_i v' \right) \underline{z}$$

$$61. \quad A_2' \underline{x}' \leq \underline{q} \left( \sum_{i=1}^K f_i \right) + \left( \sum_{i=1}^K f_i v' \right) \underline{d}$$

$$A_1'' \underline{x}'' \leq \underline{b}' \sum_i f_i (V_i - v')$$

$$A_2'' \underline{x}'' \leq \underline{q}'' \sum_i f_i (V_i - v')$$

$$\underline{s}'^T \underline{x}' + \underline{s}''^T \underline{x}'' - s_V^0 \leq 0$$

$$\left( \sum_{i=1}^K f_i \right) p_V'' + p'' \sum_i f_i (V_i - v') = \text{minimum}$$

ahol  $\sum_i$  olyan i-kre való összegzést jelent, amely i-khez tartozó  $V_i$ -kre  $v' \leq V_i$  fenáll. (Az összegzésből tehát kizárjuk azokat az eseteket, amikor  $V_i - v'$  negatív eredményt ad.)

A matematikai modell különösen első rátekintésre bonyolultnak tűnik. Szerencsére a már említett "Agropt" számítógépes rendszer a modellt megszerkeszti és megoldja, a rendszer üzemeltetése egyszerű, könnyen elsajátítható. Az "Agropt" számítógépes rendszer Dr. Szabó Mátyás - Dr. Tóth József munkája.

Példafeladat

Az alaptakarmány és pótabrak optimalizálására és optimális arányának meghatározására lássunk egy gyakorlati példát.

Tegyük fel, hogy 7-féle takarmány áll rendelkezésünkre, melyek fajlagos beltartalma értékeit a legfontosabb anyagokból ( $NE_1$ , Ny.fehérje) valamint fajlagos költségadatait a 25. táblázat tartalmazza.

Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a tehénállományunk 100 db-ból áll. (Természetesen bármilyen nagyságú és összetételű tehénállomány ugyanúgy vizsgálható. Csupán azért láttuk célszerűnek 100 db tehenet választani példafeladatként, mert így egyidejűleg az állomány %-os összetételét is szemléletesen nyomonkövethetjük. A 100 db-ból álló állomány arra is alkalmas, hogy egyszerűen bármilyen nagyságú állományra kivetíthessük a kapott eredményt.)

A takarmányok fajlagos adatai

25. táblázat

A takarmány neve	1 kg takarmány			
	Szárazanyag tartalma kg	$NE_1$ tartalma MJ	Ny.feh. tartalma g	Ára Ft
Zöld lucerna	0.235	1.39	47.71	0.40
Kukorica szilázs	0.329	2.14	30.27	0.60
Lucerna széna	0.875	4.64	175.00	1.80
Csőzúzalék	0.659	4.81	59.31	2.00
Kukorica	0.912	7.84	91.20	3.96
Extr. napraforgó	0.908	6.27	364.11	7.40
Búza	0.909	7.55	136.35	3.71

Tegyük fel, hogy az állomány összetétele a következők szerint alakul:

Szárazonálló	6 db
Elővárákozó	6 db
Előkészítés alatt (10 l tejre)	6 db
Apasztó	8 db
6 kg tejet termelő	5 db
8 kg tejet termelő	8 db
10 kg tejet termelő	10 db
12 kg tejet termelő	9 db
14 kg tejet termelő	8 db
16 kg tejet termelő	9 db
18 kg tejet termelő	6 db
20 kg tejet termelő	4 db
22 kg tejet termelő	4 db
24 kg tejet termelő	6 db
26 kg tejet termelő	5 db
Összesen:	100 db

Tételezzük fel, hogy a tehének átlagos testtömege 600 kg, így életfenntartásra 40.58 MJ  $NE_1$ -t és 489 g ny.fehérjét igényelnek.

A tej zsírtartalma legyen 4 %-os, tehát 1 kg tej termeléséhez 3.1 MJ  $NE_1$  és 87 g ny.fehérje szükséges.

Követelményünk még, hogy a napi takarmányadag olyan legyen, hogy a tejet nem termelő tehének is hozzájussanak legalább 10 kg szárazanyaghoz, de a legmagasabb tejhozamú tehének sem kaphatnak többet 20 kg szárazanyagnál.

A fenti adatokból összeállított matematikai modell megoldásaként a következő eredményt kapjuk:

Az alaptakarmányt 12 kg tejtermelésre célszerű összeállítani. (Ez természetesen csak az adott példában igaz, minden esetben optimalizálással kell a konkrét értéket meghatározni.)

A javasolt alaptakarmányadag kizárólag két takarmányt tartalmaz a következők szerint:

Megnevezés	1 tehénre naponta	Összesen
Zöld lucerna	15.431 kg	1543.08 kg
Kukorica szilázs	26.323 kg	2632.323 kg
Költség	21.97 Ft	2196.61 Ft

Megjegyezzük, hogy a modellben lehetővé tettük azt is, hogy az alaptakarmány adagban abraktakarmányok szerepeljenek. Ezek etetése nem mutatkozott célszerűnek.

Az egyes takarmányokra illetve takarmánycsoportokra semmilyen korlátot nem írtunk elő, tehát bármilyen takarmány összetett lehetővé tettünk. Nagyon egyszerűen oldható meg, hogy a fenti takarmányokat felülről korlátozva, vagy a többi takarmányokra is alsó és felső korlátokat előírva újabb és újabb alaptakarmányadagot optimalizáljunk mindaddig, amíg számunkra minden szempontból megfelelőt nem találunk, sőt számos vizsgálatot végezhetünk a takarmányokra előírt alsó és felső korlát módosítása hatásának vizsgálatára, az állatállomány változtatása hatásainak vizsgálatára, a takarmányárak változása hatásainak vizsgálatára stb.

A modellben a pótabrak összeállítására csak a három abraktakarmány igénybevételét tettük lehetővé. Az egyes takarmányokra most sem írtunk elő alsó vagy felső korlátot, de természetesen ilyen korlátok most is előírhatók.

A modell megoldásaként megkaptuk, hogy 1 kg tejre az alábbi pótabrakadag javasolt:

Extr. napraforgó	0.12 kg
Búzadara	0.31 kg
Összesen:	0.43 kg
Költség:	2.06 Ft

Az "Agropt" program kiírja még, hogy az egész állomány részére a pótabrakban naponta összesen 37.34 kg extr. napraforgó da-  
rát és 92.99 kg búzadarát (összesen 130.33 kg abraktakarmányt)  
kell biztosítani, s ennek összes költsége 621.29 Ft, az alaptakarmány és a pótabrak napi összes költsége pedig 2817.9 Ft lesz stb.

Megkapjuk azt is, hogy hány kg abraktakarmányt kell biztosítani tejtermelési csoportonként egy tehén számára és a csoportba tartozó összes tehenek számára. Természetesen abraktakarmányt csak a 12 kg tej felett termelő egyedek kapnak a következők szerint:

Tej kg	Állomány db	Pótabrak kg 1 tehenre	Pótabrak kg Összesen
14	8	0.863	6.91
16	9	1.726	15.54
18	6	2.589	15.54
20	4	3.452	13.81
22	4	4.316	17.26
24	6	5.179	31.07
26	5	6.042	30.21

Nagyon egyszerűen módosíthatjuk a modellt úgy, hogy zöld lucerna nem szerepelhet az alaptakarmány adagban, s a kukorica szilázs mennyiségét is legfeljebb 25 kg-ban korlátozzuk. Ekkor az alaptakarmány adag egy tehenre naponta 25 kg kukorica szilázs és 3.9 kg lucerna széna, amelynek költsége 22.01 Ft. Az alaptakarmányt most 10 kg tejre célszerű adni. Az 1 kg tejtermelésre adandó pótabrak az előbbivel megegyezik, így a tejtermelési csoportonként adandó pótabrak mennyiség csak abban különbözik, hogy most a 12 kg tejet termelő 9 db tehén is kap 2 kg tejtermelésre pótabrakot és természetesen a további csoportoknak is az előbbihez képest 2 kg tejtermelésnek megfelelően több pótabrakot kell adni, mivel az alaptakarmányt most csak 10 kg tej termelésére adjuk. Az alap-

takarmány és a pótabrak együttes költsége, azaz a napi takarmányköltség most az előbbi 2817.9 Ft-al szemben 3032.51 Ft, vagyis a napi takarmányköltség 214.61 Ft-al növekszik.

Messze vezethetne bennünket annak vizsgálata, hogy az állatállomány tejhozam szerinti megoszlásának, a takarmánykorlátoknak, a takarmányáraknak a változtatása milyen eredményekhez vezetne, de az is, ha megvizsgálánk, hogy az optimumtól való eltérés mekkora takarmányköltség növekedéssel járna. Bizonyosan érdekes eredményekhez jutnánk akkor is, ha konkrét tehenészetek takarmányozását a leírt módszerrel megvizsgálánk. Régebbi és újabb ilyen irányú vizsgálatok azt mutatták, hogy a takarmánygazdálkodásban még igen jelentős tartalékok rejlenek.

### 3.8. Tehenészetek gazdasági elemzése és operatív irányítása

#### 3.8.1. A tehenészetek hozam és költség vizsgálata

Mielőtt az előbbieken ismertetett módszernek a tehenészetek gazdasági elemzésére való kiterjesztésével és a probléma matematikai modelljének vizsgálatával foglalkoznánk, definiálnunk és csoportosítanunk kell a tehenészetekhez tartozó hozamokat és költségeket. Természetesen a mi szempontunkból most nem a hozamok és a költségek konkrét megjelenési formája, hanem inkább azok jellege, a matematikai modellezés, illetve a gazdasági elemzés és a döntésmegalapozás szempontjából való figyelembevételének, kezelésének a módja érdekes.

#### Hozamcsoportok

a., Fix hozamok: Az elnevezés nem biztos, hogy szerencsés, de nem találtam jobbat. Ebbe a csoportba azokat a hozamokat sorolom, amelyek csupán attól függenek, hogy az adott vállalat tart-e tehenet, vagy nem és pedig nagyságuk független mind a férőhelyek számától, vagy a tényleges tehénlétszámtól, mind a tejtermelés

mennyiségétől. Ilyen hozam lehet például, ha a vállalatok adókedvezményt, kamatkedvezményt, meghatározott összegű beruházási támogatást, vagy más állami juttatást, kedvezményt vagy támogatást kapnak meghatározott (fix) mértékben, ha tehenet tartanak. Az ilyen "hozamoknak" a legkevésbé van létjogosultságuk és a gyakorlatban nem igen fordulnak elő, hiszen semmire nem ösztönöznek csupán "tehéntartásra." Bizonyos elemi formái megnyílvánultak esetenként a gyakorlatban is valamilyen módon, ami aztán megszülte a "főkönyvelői teheneket".

b., A férőhellyel arányos hozamok

Függetlenek attól, hogy a vállalat tart-e tehenet, csupán férőhely rendelkezésre állásával vannak kapcsolatban. Ilyen fordulhat elő beruházási támogatásoknál, ha pl. a létesítmény beruházási költségeinek bizonyos %-át a vállalat állami támogatásként kapja. Ezen nem sokat változtat az sem, ha a vállalat köteles a férőhelyet benépesíteni, hiszen gyakran ez csak elméleti kötelezettség, lehetségesek kiskapuk, vagy ha a benépesítés elmulasztása később büntetéssel járna is, nem biztos, hogy a büntetés, a "hozammal" arányos. Ilyen (ha nem is tiszta formában érvényesülő) gyakorlat vezetett esetenként ahhoz, hogy mezőgazdasági vállalatok tehenészetet (vagy más állattenyésztési telepet) létesítettek akkor is, amikor ennek feltételei nem voltak meg. A cél itt kizárólag az állami támogatás elnyerése volt és később gyakran vezetett további állami támogatásokhoz vagy szanáláshoz stb. Hasonlóan férőhelytől függő hozammal találkozunk akkor is, ha a vállalat a tehénférőhelyeken, vagy azok egy részén nem tart tehenet, hanem bérbe adja más vállalatnak állattartást, vagy éppen raktározás, tárolás stb. céljára

c., A tehenlétszámtól függő hozam:

Ebbe a csoportba azokat a hozamokat sorolom, amelyek a tehen létszám függvényei. Ilyen például a tényleges tehenállomány után nyújtott állami kedvezmény, vagy támogatás, ami független a tejhozamtól. Ilyen hozamnak tekinthető a trágyahozam értéke és valójá-

ban (az ellési illetve felnevelési százalékkal korrigálva) a borjuhozam, vagy a szaporulat után járó állami támogatás, vagy kedvezmény.

d., A tejtermeléstől függő hozam:

Ebbe a csoportba sorolom a tejhozamtól függő hozamértékeket, így a tej után járó árbevételt, a tejhozammal kapcsolatos állami támogatást és kedvezményt stb.

Nem foglalkozunk most azzal, hogy a hozam elemek változása lehet lineáris, vagy nem lineáris, annál inkább nem, mivel ez attól is függ, hogy a hozamokat milyen egységre vonatkoztatjuk. Így például adott fix hozamok egy férőhelyre, egy tehénre, vagy egységnyi tejtermelésre vetítve azok változásával exponenciális függvény szerint változhatnak. A férőhellyel kapcsolatos hozamok lineárisak a férőhely változásának függvényében, hiszen egy férőhelyre vonatkoztatva konstans mennyiségek (bár elvileg ez nem feltétlen érvényű), de a tejhozam nem lineáris függvényei. De például a tejtermeléstől függő hozamok között lehetnek olyanok, amelyek - lineáris, vagy olyanok, amelyek nem lineáris függvényei a tejtermelés mennyiségének, stb.

A hozamok két alapvető típusa:

A vizsgált négyféle hozamtípus a modellezés szempontjából alapvetően kétféle típusba sorolható, a tehénlétszámtól függő és a tejhozamtól függő hozamok csoportjába. A fix hozamok és a férőhellyel arányos hozamok ugyanis az egész tehenészet (vagy telep) szintjén meghatározhatók és a tényleges tehénlétszámmal osztva egy tényleges tehénlétszámra vonatkoztathatók, tehát az a, b, c hozamcsoportok összevonhatók.

### Költségcsoportok

A tehenészet költségei a fentieket értelemszerűen alkalmazva szintén négy csoportba sorolhatók.

a., Fix költségek: Függetlenek a tehénférőhelytől, létszámtól és tejhozamtól. Ilyen például az épület és felszerelés amortizációja, fenntartása, ami - még ha esetleg a könyvelésben másként is számoljuk el - egy megépült tehenészetben adott, fix költség.

b., Férőhellyel arányos költség: Inkább elméleti, rendszerező jelentősége van, az előbbi költségek egy férőhelyre vonatkoztatott része. Nem kizárt természetesen a férőhellyel arányos költségek megkülönböztetésének gyakorlati jelentősége sem.

c., Tehénlétszámtól függő költség: Ide sorolhatók a gondozási bérköltségek és költségjárulékok, az alaptakarmány-költség, műtrágyázás költsége, azaz mindazok a költségek, amelyek egy tényleges tehenre vonatkoztatva konstans költségként tekinthetők.

d., Tejtermeléstől függő költségek: Ide sorolhatók a pótabrak költségek, a fejésért járó bér- és bérjárulék költségek, a fejőház tejtermeléstől függő költségei stb.

A költségek két alapvető típusa:

A költség - a hozamoknál elmondottakat értelemszerűen alkalmazva a modellezés szempontjából szintén alapvetően két csoportba sorolhatók, a tehénlétszámtól függő (tehát lineáris esetben egy tehenre vonatkoztatva konstans) költségek, és a tejhozamtól függő költségek.

A nem linearitás lehetősége természetesen most is fennáll, de részletesebb tárgyalásától e helyütt eltekintünk. Ezt annál inkább megtehetjük, mivel a hozamok és költségek két csoportra bontásával a legbonyolultabb nem lineáris lehetőségeket kiszűrtük, linearizáltuk, azaz a probléma olyan megközelítéséhez jutottunk, amikor a gyakorlati valóság bonyolultsága lineáris, vagy szakaszosan lineáris formával igen jól közelíthető. Természetesen egyidejűleg megkönnyítettük egzaktabb, nem lineáris megoldás lehetőségét, aminek az ilyen modellben már megteremtődnek a lehetőségei.

### 3.8.2. A matematikai modell

A probléma megoldására valójában a 3.7. pontban kifejtett matematikai modell használható némi bővítéssel.

Amennyiben a tehénállomány létszáma és összetétele adott (mint ahogyan ezt a 3.7. pontban leírt matematikai modell tárgyalása során is hallgatólagosan feltételeztük) elegendő csupán a célfüggvény kibővítése az alábbiak szerint:

$$\left( \sum_{i=1}^K f_i \right) t_f + \left( \sum_{i=1}^K f_i v_i \right) t_1 - \left( \sum_{i=1}^K f_i \right) P_v'' +$$

62.

$$+ P'' \sum_{i=1}^K f_i (v_i - v') - \left( \sum_{i=1}^K f_i \right) c_f + \left( \sum_{i=1}^K f_i v_i \right) c_1$$

ahol

- $t_f$  a tehénlétszámmal arányos hozamok egy tehenre jutó része
- $t_1$  egységnyi tejmennyiségre jutó tejtermeléstől függő hozam
- $c_f$  1 tehenre jutó tehénlétszámtól függő költség
- $c_1$  egységnyi tejmennyiségre jutó tejtermeléstől függő költség

A többi szimbólum a 3.7. pontban ismertetettekkel azonos értelmű.

Természetesen a fenti modellel bármilyen tejhozam szerinti összetételű állomány, bármilyen takarmány, takarmányár, hozam és költségparaméterek mellett alkalmazható, illetve ezen feltételek a számítógépes rendszerben megváltoztathatók és ezáltal különböző szituációk vizsgálhatók.

A modell megoldásával a következő információkat nyerjük:

- a., Hány liter tej termeléséhez célszerű alaptakarmányt adni
- b., Az alaptakarmány összetétele és költsége egy tehénre és az egész állományra.
- c., A pótabrak összetétele és költsége 1 liter (vagy kg) tejre és az egész állományra.
- d., A tejtermelő tehenek takarmányköltsége 1 liter (1 kg) tejre vetítve.
- e., 1 kg pótabrak költsége.
- f., Az állomány összes takarmányköltsége.
- g., A teheneknek adandó pótabrak mennyisége tejhozam csoportonként, egy állatra és összesen.
- h., Tejhozam csoportonként az egész állományra vonatkoztatva az alaptakarmányköltség, a pótabrak költség, az összes takarmányköltség, a tejhozamtól függő nem takarmányköltség és az összes változó költség. A fenti adatok az egész állományra is összesítésre kerülnek.
- i., Tejhozam csoportonként az egész állományra vonatkoztatva

az árbevétel, a változó költség, állandó költség, összes közvetlen költség, fedezeti hozzájárulás. Természetesen ezek az adatok is az egész állományra vonatkoztatva összesítésre kerülnek.

Nincs akadálya annak sem, hogy a költség és hozamcsoportok a matematikai modellben meghatározott módon megbontásra kerüljenek a szerint, hogy a tehénelétszámtól vagy a tejtermeléstől függő hozamról illetve költségről van szó. Annak is meg van a lehetősége, hogy a hozam és a költség adatokat a tárgyaltak szerint négy csoportra bontsuk. Az "Agropt" rendszer kidolgozásakor erre még nem gondoltunk, ezért az árbevétel csupán a tejhozammal arányos hozamokat foglalja magába, tehát ahhoz még hozzá adandó tejhozam szerinti csoportonként és összesen, vagy esetleg csak az összesen adatnál a tehénelétszámtól függő hozam értéke, illetve árbevétele ha ilyen van, vagy pedig ezt előzetesen 1 liter tejre kell vonatkoztatni.

A költségek viszont már az "Agropt" programban is tartalmazzák a tehénelétszámtól függő költségeket.

#### Gyakorlati példa

A 3.7 pontban vizsgált alaptakarmány és pótabrak példát az 1 liter tejre jutó tejhozammal arányos nem takarmány költséggel (a takarmány költséget ugyanis optimalizáljuk), valamint a tej árának és az 1 tehénre jutó állandó (konstans) költségnek a megadásával kibővítve oldottuk meg. A számítógépbe bemenő (vagy ott tárolt és javított) adatlistát és a megoldást úgy, ahogyan azt a számítógéptől kapjuk a 26.-31. táblázatok tartalmazzák. A feladatot, mint az kitűnik két változatban AD.2 és AD.21-el jelölve oldottuk meg. Ezek között mindössze az a különbség, hogy az AD.2 feladatban zöld lucerna is szerepel és a takarmányok etethető mennyiségét nem korlátoztuk. Az AD.21 feladatban a zöld lucernát nem engedjük az adagba és a kukorica szilázs mennyiségét is felülről 25 kg-ban korlátoztuk.

Az adatok elemzését az olvasóra bizzuk, csupán azt jegyezzük meg, hogy például az 1 tehénre jutó állandó költség vállalatonként is igen szélsőséges értéket mutat. Az 1 liter tejre vetített nem takarmány költség a tejhozam függvényében lehet növekvő, csökkenő vagy konstans. Példafeladatunkban csökkenő költséget találunk.

Megjegyezzük még, hogy az "Agropt" rendszer egyik ága alkalmas arra is, hogy automatikusan a legmagasabb tejhozamú teheneket egyvel alacsonyabb tejhozamú csoportba sorolja, s ezután a modellt újra megoldja. Ez alkalmas arra, hogy vizsgálatra, hogy mi történne, ha a takarmány-szükségletet a magasabb tejhozamú egyedeknél nem elégítenénk ki és azok tejhozama alacsonyabb szintre süllyedne. Hogyan alakulnának akkor a költség és hozam adatok illetve a jövedelem. Ez természetesen mindig a tej és a takarmányárak, ill. egyéb hozam és költségadatok függvénye, de lehetővé válik adott feltételek között annak vizsgálata, hogy célszerű-e a lehetséges tejhozam maximumára törekedni, vagy alacsonyabb tejhozam szinten célszerű a tejhozamot stabilizálni? A módosítási ágon viszont az állatállomány tejhozam szerinti összetételét tettség szerint változtatva vizsgálhatjuk ennek hatását a takarmányadagra, a takarmányozási költségre, az alaptakarmány adag optimumának szintjére, a költség, hozam és jövedelem alakulására stb. E vizsgálatok messze vezetnének bennünket.

### 3.9. Gazdasági elemzés az állattenyésztésben és az operatív irányítás

A 3.8. pontban, valamint az azt megelőzőekben tárgyaltuk értelemeszerű alkalmazásával többféle koncepció alapján is készíthetők olyan az operatív irányításban célszerűen felhasználható állattenyésztési elemzési rendszerek, amelyek egy-egy állatcsoport, vagy állattenyésztési ágazat termelésirányításában felhasználhatók. Még célszerűbb lehet olyan rendszerek létrehozása, amelyek

26. táblázat

TAKARMÁNY ADATLISTA

A FELADAT NEVE: AD.2

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 7 + 3

	ZÖLD LUC	KUK SZILÁZS	LUC SZÉNA	CSÓZÓZALÉK
SZÁRAZANYAG	.235	.329	.075	.659
NE <sub>1</sub> MJ	1.39	2.14	4.64	4.81
NY. FEH.	47.71	30.27	175	59.31
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	0	0	0	0
TAKARMÁNY ÁR	.4	.6	1.8	2

	KUKORICA	EXTR NFORGÓ	BÚZA	KUKORICA
SZÁRAZANYAG	.912	.908	.909	.912
NE <sub>1</sub> MJ	7.84	6.27	7.55	7.84
NY. FEH.	91.2	364.11	136.35	91.2
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	0	0	0	0
TAKARMÁNY ÁR	3.96	7.4	3.71	3.96

	EXTR NFORGÓ	BÚZA
SZÁRAZANYAG	.908	.909
NE <sub>1</sub> MJ	6.27	7.55
NY. FEH.	364.11	136.35
ETETHETŐ MIN	0	0
ETETHETŐ MAX	0	0

26. táblázat  
folytatása

ÁLLOMÁNYI ÉS KÖLTSÉG ADATOK (DB,FT)

		DARAB	NEM TAK.JELL.KTG 1L TEJRE
TEHÉNLÉTSZÁM	(0)	100	0
SZÁRAZONÁLLÓ	(0)	6	0
ELŐVÁRAKOZÓ	(0)	6	0
ELŐKÉSZÍTÉS ALATT	(10)	6	0
APASZTÓ	(0)	8	0
6 LITERES		5	3
8 LITERES		8	2.9
10 LITERES		10	2.8
12 LITERES		9	2.7
14 LITERES		8	2.6
16 LITERES		9	2.5
18 LITERES		6	2.4
20 LITERES		4	2.3
22 LITERES		4	2.2
24 LITERES		6	2.1
26 LITERES		5	2

TÁPLÁLÓANYAG SZÜKSÉGLET

	ÉLETFENNTARTÁSHOZ	1 L TEJ TERMELÉSÉHEZ
SZÁRAZANYAG MIN	10	
SZÁRAZANYAG MAX	20	
NE <sub>1</sub> MJ	40.58	3.1
NY. FEH.	489	87

A TEJ ÁRA (FT/L): 9.2

1 TEHÉNRE JUTÓ ÁLL.KTG (FT): 25

E R E D M É N Y E K

A MEGOLDOTT FELADAT: AD.2

ALAPTAKARMÁNY 12 LITER TEJRE (KG)

	ÁLL. ÖSSZES	1 TEHÉNRE
ZÖLD LUC	1543.079	15.431
KUK SZILÁZS	2632.299	26.323
KÖLTSÉG (FT)	2196.61	21.97

A PÓTABRAK ÖSSZETÉTELE (KG)

	ÁLL. ÖSSZES	1 L TEJ TERMELÉSÉRE
EXTR.NFORGÓ	37.336	.124
BÚZA	92.994	.308
ÖSSZESEN	130.33	.432
KÖLTSÉG (FT)	621.29	2.06

A TEJTERMELŐ TEHENEK TAKARMÁNYKÖLTSÉGE 1 L TEJRE VEITVE (FT): 2.54  
 1 KG PÓTABRAK KÖLTSÉGE (FT): 4.77  
 AZ ÁLLOMÁNY ÖSSZES TAKARMÁNYKÖLTSÉGE (FT): 2817.9

TEHENEKNEK ADANDÓ PÓTABRAK ÁLLOMÁNYCSPORTONKÉNT

TEHÉNCSPORT	PÓTABRAK 1 TEHÉNRE (KG)	LÉTSZÁM	ÖSSZES PÓTABRAK (KG)
SZ. ÁLLÓ	0	6	0
ELŐVÁR.	0	6	0
ELŐK.A.	0	6	0
APASZTÓ	0	8	0
6 LITERES	0	5	0
8 LITERES	0	8	0
10 LITERES	0	10	0
12 LITERES	0	9	0
14 LITERES	.863	8	6.905
16 LITERES	1.726	9	15.536
18 LITERES	2.589	6	15.536
20 LITERES	3.452	4	13.81
22 LITERES	4.316	4	17.262
24 LITERES	5.179	6	31.072
26 LITERES	6.042	5	30.209

\* NAPI VÁLTOZÓ KÖLTSÉG TEHÉNCSORPONTONKÉNT  
(FT)

ÁLL. CSOPORT \*ALAP TAK. KTG \*PÓTABRAK KTG \*ÖSSZ T. KTG EGYÉB VÁLT. K \*ÖSSZ VÁLT. K.

SZ. ÁLLÓ	131.8	0	131.8	0	131.8
ELŐVÁR.	131.8	0	131.8	0	131.8
ELŐK. A.	131.8	0	131.8	0	131.8
APASZTÓ	175.73	0	175.73	0	175.73
6 L	109.83	0	109.83	90	199.83
8 L	175.73	0	175.73	185.6	361.33
10 L	219.66	0	219.66	280	499.66
12 L	197.69	0	197.69	291.6	489.29
14 L	175.73	32.92	208.65	291.2	499.85
16 L	197.69	74.06	271.75	360	631.75
18 L	131.8	74.06	205.86	259.2	465.06
20 L	87.86	65.83	153.69	184	337.69
22 L	87.86	82.29	170.15	193.6	363.75
24 L	131.8	148.12	279.92	302.4	582.32
26 L	109.83	144.01	253.84	260	513.84
M. ÖSSZESEN:	2196.61	621.29	2817.9	2697.6	5515.5

28. táblázat  
folytatása

NAPI BEVÉTELEK ALAKULÁSA

ÁLLOMÁNYCSOPORTONKÉNT (FT)

ÁLL. CSOPORT	*ÁRBEVÉTEL	*VÁLTOZÓ KTG	*ÁLLANDÓ KTG	*KÖZV. K. ÖSSZ	*FEDEZETI
SZ. ÁLLÓ	0	131.8	150	281.8	-281.8
ELŐVÁR.	0	131.8	150	281.8	-281.8
ELŐK. A.	0	131.8	150	281.8	-281.8
APASZTÓ	0	175.73	200	375.73	-375.73
6 L	276	199.83	125	324.83	-48.83
8 L	588.8	361.33	200	561.33	27.47
10 L	920	499.66	250	749.66	170.34
12 L	993.6	489.29	225	714.29	279.31
14 L	1030.4	499.84	200	699.84	330.56
16 L	1324.8	631.76	225	856.76	468.04
18 L	993.6	465.06	150	615.06	378.54
20 L	736	337.7	100	437.7	298.3
22 L	809.6	363.75	100	463.75	345.85
24 L	1324.8	582.32	150	732.32	592.48
26 L	1196	513.84	125	638.84	557.16
M. ÖSSZESEN:	10193.6	5515.51	2300	8015.51	2178.09

TAKARMÁNY ADATLISTA

A FELADAT NEVE: AD21

TAKARMÁNYOK SZÁMA: 6 + 3

	KUK SZILÁZS	LUC SZÉNA	CSŐZÚZALÉK	KUKORICA
SZÁRAZANYAG	.329	.875	.659	.912
NE <sub>1</sub> MJ	2.14	4.64	4.81	7.84
NY. FEH.	30.27	175	59.31	91.2
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	25	0	0	0
TAKARMÁNY ÁR	.6	1.8	2	3.96

	EXTR NFORGÓ	BÚZA	KUKORICA	EXTR NFORGÓ
SZÁRAZANYAG	.908	.909	.912	.908
NE <sub>1</sub> MJ	6.27	7.55	7.84	6.27
NY. FEH.	364.11	136.35	91.2	364.11
ETETHETŐ MIN	0	0	0	0
ETETHETŐ MAX	0	0	0	0
TAKARMÁNY ÁR	7.4	3.71	3.96	7.4

	BÚZA
SZÁRAZANYAG	.909
NE <sub>1</sub> MJ	7.55
NY. FEH.	136.35
ETETHETŐ MIN	0
ETETHETŐ MAX	0
TAKARMÁNY ÁR	3.71

29. táblázat  
folytatása

ÁLLOMÁNYI ÉS KÖLTSÉG ADATOK (DB,FT)

		DARAB	NEM TAK.JELL.KTG 1 L TEJRE
TEHÉNLÉTSZÁM	( 0)	100	0
SZÁRAZONÁLLÓ	( 0)	6	0
ELŐVÁRAKOZÓ	( 0)	6	0
ELŐKÉSZÍTÉS ALATT	(10)	6	0
APASZTÓ	( 0)	8	0
6 LITERES		5	3
8 LITERES		8	2.9
10 LITERES		10	2.8
12 LITERES		9	2.7
14 LITERES		8	2.6
16 LITERES		9	2.5
18 LITERES		6	2.4
20 LITERES		4	2.3
22 LITERES		4	2.2
24 LITERES		6	2.1
26 LITERES		5	2

TÁPLÁLÓANYAG SZÜKSÉGLET

ÉLETFENNTARTÁSHOZ                      1 L TEJ TERMELÉSÉHEZ

SZÁRAZANYAG MIN	10	
SZÁRAZANYAG MAX	20	
NE <sub>1</sub> MJ	40.58	3.1
NY. FEH.	489	87

A TEJ ÁRA (FT/L): 9.2

1 TEHÉNRE JUTÓ ÁLL.KTG (FT): 25

E R E D M É N Y E K

A MEGOLDOTT FELADAT: AD.21

ALAPTAKARMÁNY 10 LITER TEJRE (KG)

	ÁLL.ÖSSZES	1 TEHÉNRE
KUK SZILÁZS	2500	25
LUC SZÉNA	389.655	3.897
KÖLTSÉG (FT)	2201.38	22.01

A PÓTABRAK ÖSSZETÉTELE (KG)

	ÁLL.ÖSSZES	1 L TEJ TERMELÉSÉRE
EXTR NFORGÓ	49.946	.124
BÚZA	124.403	.308
ÖSSZESEN	174.348	.432
KÖLTSÉG (FT)	831.13	2.06

A TEJTERMELŐ TEHENEK TAKARMÁNYKÖLTSÉGE 1 L TEJRE VETITVE (FT): 2.74  
1 KG PÓTABRAK KÖLTSÉGE (FT): 4.77  
AZ ÁLLOMÁNY ÖSSZES TAKARMÁNYKÖLTSÉGE (FT) 3032.51

TEHENEKNEK ADANDÓ PÓTABRAK ÁLLOMÁNYCSOPORTONKÉNT

TEHÉNCSOPORT	PÓTABRAK 1 TEHÉNRE (KG)	LÉTSZÁM	ÖSSZES PÓTABRAK (KG)
SZ.ÁLLÓ	0	6	0
ELŐVÁR.	0	6	0
ELŐK.A.	0	6	0
APASZTÓ	0	8	0
6 L-ES	0	5	0
8 L-ES	0	8	0
10 L-ES	0	10	0
12 L-ES	.863	9	7.768
14 L-ES	1.726	8	13.81
16 L-ES	2.589	9	23.304
18 L-ES	3.452	6	20.715
20 L-ES	4.316	4	17.262
22 L-ES	5.179	4	20.715
24 L-ES	6.042	6	36.251
26 L-ES	6.905	5	34.524

\* NAPI VÁLTOZÓ KÜLTSEG TEHÉNCSORPONTONKÉNT  
(FT)

	*ALAP TAK.KTG	*PÓTABRAK KTG	*ÖSSZ T.KTG	EGYÉB VÁLT.K	*ÖSSZ VÁLT.K.
SZ.ÁLLÓ	132.08	0	132.08	0	132.08
ELŐVÁR.	132.08	0	132.08	0	132.08
ELŐK.A.	132.08	0	132.08	0	132.08
APASZTÓ	176.11	0	176.11	0	176.11
6 L-ES	110.07	0	110.07	90	200.07
8 L-ES	176.11	0	176.11	185.6	361.71
10 L-ES	220.14	0	220.14	280	500.14
12 L-ES	198.12	37.03	235.15	291.6	526.75
14 L-ES	176.11	65.83	241.94	291.2	533.14
16 L-ES	198.12	111.09	309.21	360	669.21
18 L-ES	132.08	98.75	230.83	259.2	490.03
20 L-ES	88.06	82.29	170.35	184	354.35
22 L-ES	88.06	98.75	186.81	193.6	380.41
24 L-ES	132.08	172.81	304.89	302.4	607.29
26 L-ES	110.07	164.58	274.65	260	534.65
M.ÖSSZESEN:	2201.37	831.13	3032.5	2697.6	5730.1

31. táblázat  
folytatása

NAPI BEVÉTELEK ALAKULÁSA

ÁLLOMÁNYCSPORTONKÉNT (FT)

ÁLL.CSOPORT	*ÁRBEVÉTEL	*VÁLTOZÓ KTG	*ÁLLANDÓ KTG	*KÖZV.K.ÖSSZ.	*FEDEZETI O.
SZ.ÁLLÓ	0	132.08	150	282.08	-282.08
ELŐVÁR.	0	132.08	150	282.08	-282.08
ELŐK.A.	0	132.08	150	282.08	-282.08
APASZTÓ	0	176.11	200	376.11	-376.11
6 L-ES	276	200.07	125	325.07	-49.07
8 L-ES	588.8	361.71	200	561.71	27.09
10 L-ES	920	500.14	250	750.14	169.86
12 L-ES	993.6	526.75	225	751.75	241.85
14 L-ES	1030.4	533.14	200	733.14	297.26
16 L-ES	1324.8	669.22	225	894.22	430.58
18 L-ES	993.6	490.03	150	640.03	353.57
20 L-ES	736	354.35	100	454.35	281.65
22 L-ES	809.6	380.4	100	480.4	329.2
24 L-ES	1324.8	607.29	150	757.29	567.51
26 L-ES	1196	534.65	125	659.65	536.35
M.ÖSSZESEN	10193.6	5730.1	2500	8230.1	1963.5

valamennyi állattenyésztési (vagy tartási) ágazatban, illetve bármely állatcsoport tartása során felhasználhatók. Egy ilyen általános rendszer magába foglalhatja a 3.8. pontban ismertetett rendszert is, vagy ettől különválasztott rendszer is lehet, mely esetben a tehenészet elemzésére az előbbi rendszer különállóan is alkalmazható.

E helyütt egy ilyen elkülönített, tehát a tehenészeti rendszert nem tartalmazó rendszer elkészítéséhez kívánunk vázlatos összefoglalást nyújtani.

Mint minden rendszernek, természetesen ennek is kell legyen új feladatfelviteli, adatmódosítási - javítási, feladatmegoldási és megjelenítési - listázási ága.

Minden feladatnak kell lennie azonosítójának (állatfaj; állatcsoport, csoportazonosítók megnevezés). Definiálni kell azt az időszakot, amelyre a vizsgálat vonatkozik, általában a vizsgálat első és utolsó napjának megadásával. Megadjuk a rendelkezésre álló férőhelyet, és az állatlétszámot.

Az állatlétszám és az időtartam napjainak számát összeszorozva kapjuk a takarmányozási napok számát. A hozamok és költségek a 3.8. pontban leírtak szerint kezelhetők, s természetesen a fajlagos és összes hozamok, illetve költségek egymásba átszámíthatók és az elemzés során felhasználhatók. A takarmányköltségek kezelhetők úgy is, hogy megadjuk a takarmányadagot, amelyet az adott időszakban alkalmazunk és a takarmányok költségei alapján a számítógép meghatározza a takarmányadag költségét és vonatkoztatja a takarmányozási napok összességére, vagy a takarmányadagot optimalizáljuk és ennek költségével számolunk.

A fenti (és más) adatok alapján a számítógép különböző gazdasági mutatókat számolhat ki, amelyek elemzése lehetővé teszi a szakember számára, hogy a termelési folyamatba beavatkozzon.

Célszerű a rendszert úgy készíteni, hogy segítségével előre egy évre, vagy ezen belül egy hosszabb időszakra tervet készítsünk, majd a mindenkori helyzetnek megfelelően készítsük el egy-egy rövidebb időszak konkrét irányítási tervét. A számítógéppel a két tervet egybevetve vizsgálhatjuk az eltérést, ennek okát, indokoltságát stb.

A rendszer lehetővé kell tegye különböző bizonylatok, adatlisták, elemzési eredmények elkészítését.

Természetesen célszerű az adatokat adathordozókon megőrizni, hogy azok bármikor ismételten felhasználhatók legyenek. Ennek során halmozott adatokat hozhatunk létre, ezekből ismételten hosszabb időszakra vonatkozó gazdasági mutatókat állíthatunk elő. Figyelemmel kísérhetjük a hozamok és a költségek, a jövedelem illetve a jövedelmezőség alakulását, a tervvel való egybevetését, a költségek összetételének, az egyes költségnemeknek az alakulását stb.

Valójában egy dinamikus matematikai modell illetve kvázidinamikus lineáris programozási modell hozható létre, amely lehetővé teszi a termelési folyamatnak egy hosszabb időre történő optimalizálását, majd a már megtörtént események rögzítésével és a megváltozott helyzetnek megfelelően a modell paramétereinek szükség szerinti változtatásával az elkövetkezendő, még hátralévő időszakok optimalizálását.

### 3.10. Az állattenyésztési technológiák megvalósításának operatív irányítása.

A 3.9. pontban tárgyalt rendszer megfelelő elkészítése valójában egy állattenyésztési technológiai tervezési modellt eredményezhet, s a megvalósított időszakok adatainak a tényleges szinten történő rögzítése, illetve a további időszak adatainak a tényleges

kialakult helyzet szerinti megváltoztatása a technológia tervezését és végrehajtásának operatív irányítását segíti elő.

Van azonban ennek egy másik lehetősége is, amikor a komplex vállalati tervezés során tervezzük meg az állattenyésztési technológiákat, majd ezen technológiákat a számítógép tárolja és a végrehajtást állandóan nyomonkövetve segítjük az operatív irányítást.

Az állattenyésztési technológiák tervezését részletesen megismerjük a számítógép a vállalati gazdálkodásban tantárgy keretében. A végrehajtás operatív irányítása lényegében a technológia végrehajtásának állandó nyomonkövetését és a ténylegesen kialakult helyzetnek megfelelő állandó módosítását, naprakésszé tételét jelenti. Ennek során természetesen lehetőség van a terv és a tény folyamatos egybevetésére, különböző gazdasági mutatók kiszámítására és elemzésére, a termelési folyamatba történő beavatkozásra, a termelési folyamat célszerű irányítására.

## .FEJEZET. MUNKASZERVEZÉS ÉS A GÉPÜZEM IRÁNYÍTÁSA

### 4.1.Munkaügyi nyilvántartás és felhasználása az operatív irányításban

A munkaügyi nyilvántartásnak mindenképpen tartalmaznia kell a dolgozókra vonatkozó minden olyan információt - állománycsoportonként és más célszerűen megválasztott csoportosítási lehetőségek biztosításával - amely a munkaszervezés szempontjából fontos lehet. Nyilván kell tartani a dolgozó legfontosabb személyi adatait (név, születési hely, anyja neve, személyi száma, (amely egyben a születési időt is adja), iskolai végzettségét, szakképzettségét illetve szakmai ismereteit azaz azt, hogy milyen munkák elvégzésére alkalmas, nyelvismeretét (kvalifikált dolgozóknál), beosztását, fizetését illetve fizetési fokozatba való besorolásait, legközelebbi automatikus fizetésemelésének időpontját munkahelyi természetbeni járandóságait, s ennek időpontjait, munkahelyi tartozásait illetve a bérből történő levonási kötelezettségeit, munkahelyét (telep, csoport, brigád), közvetlen felettesét, a munkával kapcsolatos fontosabb múltbeli adatait (szolgálati idő, az adott munkahelyre való belépésének ideje, kereset, jutalom, kitüntetés, fegyelmi stb.), valamint egyéb a munkafeladatok kiadása szempontjából lényeges adatokat (pl. egészségi állapot, táppénzes napok aránya stb.).

A fenti adatok részben a folyamatos bérszámfejtéshez használatosak (fizetés illetve fizetési fokozat, automatikus előresorolásának előrejelzése, levonások), részben viszont tájékoztatnak a munkaerő minőségéről, megbízhatóságáról, a munkahelyhez való kötődéséről, valamint arról, hogy milyen feladatok megoldására alkalmas. Ez utóbbi lehetőséget ad arra, hogy képernyőn bármikor megjelenítsük azon dolgozók nevét, akik egy adott feladat elvégzésére megfelelő képzettséggel rendelkeznek és ezen túlmenően egyéb tulajdonságok vizsgálata alapján kiválasszuk egy-egy feladatra azt a

dolgozót, illetve azokat a dolgozókat, akire a feladat végrehajtását legcélszerűbbnek tartjuk rábízni. A feladat végrehajtását természetesen minősíthetjük is és ezt a számítógépen megőrizzük.

A rendszer megalkotható úgy is, hogy alkalmas legyen arra, hogy a munkafeladatok kiadását számítógépen nyilvántartsuk (adott feladat elvégzésével kiket bízunk meg). Ez esetben bármely dolgozóról bármikor megállapíthatjuk, hogy hol dolgozik (illetve hol kell hogy dolgozzon). Az sem kizárt, hogy a jövőben előírjuk, hogy a dolgozó a reggeli munkajelentkezés során "számítógéptől kapja az utasítást" az aznapi munkafeladatairól.

#### 4.2. Munkaütemezés, munkaszervezés

A munkaütemezési és munkaszervezési feladatok megoldhatók (a feladat jellegétől függően) matematikai eljárások igénybevételével, vagy logikai ütemezéssel, de számítógép segítségével.

Előbbi esetben különböző matematikai eljárások (hálótervezés, szállításszervezési eljárások, matematikai programozás, szimulációs módszerek stb.), valamint alkalmas módon megszerkesztett matematikai formulák segítségével határozzuk meg a feladat elvégzéséhez szükséges dolgozói létszámot, munkaidőt, munkanormatívát, munkabér-szükségletet stb. E tekintetben nincsenek kötött eljárások, a feladat jellegének legjobban megfelelő formulákat szerkeszthetjük meg, szimulálhatjuk a különböző helyzeteket, illetve a különböző helyzetekben követendő eljárásokat.

Az utóbbi esetben a komplex vállalati tervből és az ágazati tervekből, vagy adott speciális feladat terveiből indulhatunk ki. A tervekben előírt időbeli ütemezést egyszerű logikai úton, illetve logikai formában tarthatjuk számon számítógépen, és bármikor lekérdezhethetjük a megoldandó feladatot a 2. fejezetben már tárgyalt módon értelemszerűen kiterjesztve bármely ágazatra, speciális feladatra, vagy az egész vállalatra.

Leginkább egzakt az az eljárás, amikor a komplex vállalati terv modellrendszerét tekintjük az operatív irányítás alapjának, s a végrehajtás folyamatában az elvégzett feladatok rögzítésével a további időszakasz adatbázisának szükség szerinti módosításával oldjuk meg a modellt újra és újra.

A fenti modelltől kiragadhatjuk egy-egy kampány (időszak) modellblokkját is amikor kampányidőszakok terveit optimalizáljuk, vagy készíthetünk modellt is egy-egy kampányterv optimalizálására. Hasonlóképpen igénybe vehetjük kampánytervek elkészítésére a hálótervezést, szimulációs módszereket stb.

#### 4.3. Gépi munkák szervezése

Matematikai programozással készített komplex vállalati tervezés esetén a modell és az elfogadott tervváltozat felhasználásával minden géptípusra vonatkozólag munkaszervezési (menetirányítási) terv készíthető. Ez a terv hálóterv formájában is megszerkeszthető és az operatív irányítás során célszerűen felhasználható.

Hasonlóképpen készíthető munkaszervezési terv és hálóterv egy-egy ágazatra, amikor a munkaműveletek ütemezése egyidejűleg a gépi munkavégzés ütemezését is tartalmazza, mint ezt már előzőleg a búza ágazatra vonatkozólag illusztráltuk.

Készíthető matematikai modell a gépfelhasználás optimalizálására. Ebben az esetben a termelési terv adott, ebből következően adottak az elvégzendő munkaműveletek is, optimalizálandó azonban (bizonyos korlátok között) a munkaműveletek elvégzésének ütemezése és módja (erő és munkagépkapcsolatok) figyelembe véve a rendelkezésre álló gépeket és azok mennyiségét.

Az ilyen modellek többféleképpen is elkészíthetők, vonatkozhatnak a vállalat egészére és egy évre illetve egy termelési cik-

lusra, vagy egy kampányidőszakra. Részletesebb ismertetésüktől és matematikai megfogalmazásuktól sokféleségük miatt is eltekintünk. Megjegyezzük azonban, hogy a komplex vállalati modellek meghatározott típusai e feladatok megoldására is alkalmasak. Ezeket a modelleket a számítógépek a vállalati gazdálkodásban c. tantárgy körében fogjuk megismerni. Most csupán annyit jegyzünk meg, hogy egy komplex vállalati modell, amely a termelési szerkezetet, a fajlagos hozamok, a termelési technológiák és a termelési erőforrások egyidejű, egymással szoros kapcsolatban lévő optimalizálásra alkalmas jól felhasználható a géphasználat és a géppark optimalizálására is. Ha ugyanis a modellben a termelés szerkezetét, a fajlagos hozamokat és a termelési technológiákat rögzítjük a modell megoldása az optimális gépparkot adja a fenti rögzített feltételek mellett. Ha a termelési technológiákat nem rögzítjük, de rögzítjük a gépparkot akkor a modell megoldásával a termelési technológiákat optimalizáljuk. A fenti esetben lehetséges, hogy a gépparkot, vagy a technológiákat sem szigorúan, mereven rögzítjük, hanem bizonyos rugalmasságot engedünk meg. Amennyiben viszont csak a termelés szerkezetét és az átlaghozamokat rögzítjük, akkor a gépparkot és a géphasználatot (azaz lényegében a termelési technológiákat) egyidejűleg egymással szoros kapcsolatban optimalizáljuk.

Készíthetünk egy-egy feladat végrehajtásához gépi munkaszervezési tervet a különböző gépek munkájának összehangolására.

Itt is alkalmazhatunk különböző számítási eljárásokat, s ezeket számítógépre visszük és különböző situációkat vizsgálhatunk meg. Például a gabonabetakarításnál adott számú és teljesítményű kombájnnak dolgozhatnak, adott átlagtermés várható. Meghatározható a kombájn tartály ürítések gyakorisága és az ürített szemtermések mennyisége. A szemtermést különböző szállítóeszközökkel szállíthatjuk a kombájnszérűre. Adva van a tábla és a sérű közötti távolság, az elérhető haladási sebesség üres és megrakott szállítóeszközökkel, a jármű telítésének és ürítésének az időszükséglete. Meg kell határozni hány kombájn dolgozzon egyidejűleg egy adott táblán, milyen típus szerinti összetételben (a rendelkezésre álló

lehetőségek alapján), milyen típusú szállítóeszközből hány db legyen részt a szállításban, hogy a kombájnok és a szállítóeszközök munkája célszerűen összehangolt legyen.

Figyelembe kell itt venni, hogy amennyiben a szállítókapacitás túlméretezett úgy a szállítóeszközök (és emberek) kihasználatlanul állnak a tábla szélén, romlik teljesítményük így növekszik az egy munkaóra-ra jutó költségük, több eszközre van szükség, illetve ezek a haszontalanul lekötött eszközök máshol hasznos munkát végezhetnének. Ha viszont szűkre méretezzük a szállítási kapacitást, akkor a kombájnok kihasználása romlik, ami a magasabb kombájnpark igény és növekvő kombájn költség mellett még azzal a veszéllyel is jár, hogy a természetakarítás elhúzódása a termésvesztés fokozódását eredményezi.

E feladat (és hasonló feladatok) megoldásához célszerű függvények szerkeszthetők, melyek szélső értékét (a feladattól függően maximumot, vagy minimumot) kell keresni, hogy az optimális gépdarabszámot megtaláljuk.

A gépi munkák szervezésére szerkesztett függvények során a problémát kezelhetjük determinisztikus feladatként, amikor a függvény paramétereit meghatározott, ismert értékeknek tekintjük és kezelhetjük sztochasztikus feladatként, amikor a függvény paramétereit valószínűségi változók. A legegyszerűbb az az eset, amikor a problémát determinisztikus feladatként kezeljük.

Tegyük fel, hogy a gabonabetakarítás szervezését kívánjuk megoldani. Induljunk ki abból az egyszerű esetből, amikor egyféle kombájn típusal és egyféle szállítóeszközzel dolgozunk, s meghatározott a terméshozam, egyenletes a termés táblán való elosztása, nem hibásodhatnak meg a gépek stb, tehát a feladatra egy determinisztikus függvény szerkeszthető.

Tegyük fel, hogy a kombájn munkaszélessége  $s$  méter, menetsebessége  $t$  méter/sec. a gabona terméshozama  $q$  kg/m<sup>2</sup>. E szerint a

másodpercenként nyert termésmennyiség kilógramban.

$$Q = s \times t \times q$$

Tegyük fel, hogy a kombájn szemtartályának befogadóképessége  $K$  kilógram. Ebből meghatározható a kombájn szemtartályának telítődési ideje másodpercekben (vagy ezt átszámítva percekben, illetve percekben és másodpercekben).

A kombájn tartályának telítődési ideje  $T$  e szerint

$$T = \frac{K}{Q}$$

Legyen a szállítójármű menetsebessége üresen  $m_1$ , terhelve  $m_2$ , az ürítési idő  $c_1$ , a szállítógépnek a betakarítógéphez állási és a gabonának a betakarítógépből a szállítógépbe történő áteresztésének ideje  $c_2$  és legyen a tábla és a kombájnyszerű közötti távolság  $H$ .

Egy forduló megtételéhez a fentiek szerint a szállítógépnek

$$M = \frac{H}{m_1} + \frac{H}{m_2} + c_1 + c_2$$

másodpercre van szükség amennyiben  $H$  kilométerben,  $m_1$ , és  $m_2$  kilométer/sec.-ban  $c_1$  és  $c_2$  másodpercben van megadva. (A mértékegységek értelemszerűen alakíthatók).  $M$  a szállítógép fordulási ideje.

A munkaszervezés akkor a legszigorubban pontos, ha  $T = M$  azaz

$$\frac{K}{Q} = \frac{H}{m_1} + \frac{H}{m_2} + c_1 + c_2$$

Alulméretezett a szállítókapacitás  $T < M$  és felülméretezett  $T > M$  esetén azaz az első esetben felesleges szállítókapacitást biztosítottunk, tehát a szállítóeszközök üres idővel rendelkeznek, nem lesznek kihasználva, utóbbi esetben pedig a kombájnnak kell várakozniuk a szállítóeszközökre, mert kevés szállítókapacitást biztosítottunk.

A fenti formulára megszerkeszthetünk egy kapcsolt nomogramot, amikor három szorzás-osztás műveletére és két összeadás-kivonás műveletére szolgáló nomogram kapcsolható össze.

Egy ilyen nomogram nemcsak arra jó, hogy a szervezéshez szükséges számítások eredményét gyorsan megkapjuk, valójában számítási munka nélkül, hanem arra is, hogy az eredményt a függvény paramétereinek különböző változtatása esetén is azonnal leolvassuk, igaz az eredmény csak megközelítő pontosságú. Ilyen egyszerű feladatok esetén egy jól szerkesztett nomogram hasznosabb segítőtárs lehet, mint egy számítógép. A különböző változtatások hatása, illetve a kívánatos változtatások a nomogramról hamarabb leolvashatók, mint amilyen gyorsan a számítógéptől megkapjuk az eredményt. E mellett az eredmény és az egész számítási folyamat még szemléletesebb is, egyidejűleg többféle szituációt tudunk nyomonkövetni stb.

A gyakorlatban a fenti feladatok, illetve a hasonló jellegű feladatok sokkal bonyolultabbak. A kombájn haladási sebessége nem egyenletes, a gabona szemtermése sem egyenletesen oszlik meg a táblán, sőt a munkaszélesség is változó, s mindezekből adódóan a kombájn telítési ideje is sztochasztikus, valószínűségi változó.

Ugyanez a helyzet a szállítójárművek haladási sebességével, rakodási idejével, ürítési idejével, azaz a szállítóeszközök fordulási ideje is valószínűségi változó. De mind a kombájnok, mind a szállítóeszközök meghibásodhatnak, s a meghibásodás és javítás ideje, illetve időtartalma is valószínűségi változó. Bonyolítja a helyzetet, hogy mind a betakarítógépek, mind a szállítóeszközök

különböző típusúak is lehetnek eltérő paraméterekkel, eltérő meghibásodási és javítási jellemzőkkel.

Ilyen, bonyolultabb feladat nomogramjának elkészítése már nagyobb gondot jelenthet, bár valójában nem megoldhatatlan feladat. Jól alkalmazhatók azonban ilyen esetekben a szimulációs eljárások, amikor is a különböző betakarító és szállítógépek tevékenységét szimuláljuk, előre több változatban is lejátszuk. Egy ilyen program kidolgozására általános receptet nem lehet adni, megoldását mindig a konkrét feladat határozza meg. Legfeljebb érzékeltetni lehet a probléma megoldásának menetét. Meghatározzuk gépenként a munka kezdésének idejét, majd a szemtartály telítődésének sorrendjét és idejét bizonyos valószínűséggel. Ezután a betakarítógépekhez rendeljük sorra a szállítóeszközöket. Itt már eleve meghatározott (bizonyos valószínűséggel) a munka kezdési ideje, a forduló ideje stb.

A folyamatot "végigjátszva", belekalkulálva a meghibásodás valószínűségét is előre szimuláljuk a napi munkát, majd a paraméterek és a valószínűségek változtatásával ezt több változatban is végigcsinálhatjuk.

A szimuláció alkalmazása során különböző függvényeket is felhasználhatunk. Például a múltból vett ismeretek alapján a gépek meghibásodására vonatkozóan rendelkezhetünk eloszlásfüggvényekkel stb.

A szimulációs eljárás alkalmazásához, mint általában most is célszerű megszerkesztteni a folyamat blokkdiagramját, majd erre alapozva készíteni el a számítógépes programot. A program tartalmazhatja azt is, hogy amennyiben a szervezésben valamilyen ok folytán probléma adódik, mi a teendő.

A gépi munkák szervezésénél (és általában a munkaszervezésnél) sokirányuan mérlegelni kell azt, hogy a szervezetlenség milyen előnyökkel és milyen hátrányokkal jár együtt. (Amennyiben a

szervezetlenségnek előnyei is vannak.) Az előbbi példánál maradván kérdés mi a hátrányosabb számunkra, az-e ha a szállítóeszközök bármikor rendelkezésre állnak, tehát szállítóeszköz hiány miatt nincs betakarítógép kényyszerállás, de a szállítóeszközöket nem használjuk ki, esetleg fontos szállítások elmaradhatnak, ami esetleg igen nagy károkat okoz, vagy az a hátrányosabb, ha a szállítóeszközöket jól kihasználjuk ugyan, s teljesíteni tudunk egyidejűleg más szállítási feladatokat is, de a kombájnoknak tele tartályal kell várakozniuk a szállítóeszközökre, ezért azok kihasználatlanok, a betakarítás elhúzódik, a termés egésze veszendőbe megy stb. A gépi munkák szervezése (és általában a szervezés) igen körültekintő munkát igényel, mert egy-egy szervezési hibáért nagy árat fizethetünk.

#### 4.4. Napi feladattervek és napi jelentések

A napi feladattervek és napi jelentések számítógépes nyilvántartása nem jelent bonyolult programot, de igen jól használható különböző szintű vezetők informálására és az operatív irányításban.

Tulajdonképpen arról van szó, hogy minden vezető számítógépre viszi az aznapi tervét, az elvégzendő feladatokat és folyamatosan (esetleg napi 1,2,3, alkalommal, vagy szükség szerint) a napi történéseket. Ennek megfelelően a vezetők bármelyike bármikor informálódhat az egész vállalat napi feladatairól és a megtörtént eseményekről, az el nem végzett feladatokról stb.

A rendszer megszerkeszthető úgy, hogy kimutatásra kerüljön a tervtől való eltérés, illetve az, hogy tervezett vagy nem tervezett volt-e adott megtörtént esemény.

Természetesen lehetőség van arra, hogy az információk megfelelő csoportosításban álljanak rendelkezésre, tehát egy vezető

számára ne legyen szükségszerű a teljes információ megtekintése, csupán az általa megadott minőségi csoport információját figyelje meg.

Arra sincs szükség - esetleg nem is célszerű -, hogy minden szinten dolgozó vezető minden információhoz hozzáférjen. Ilyenkor szelektálni kell az információk helyek között, hogy mely információkhoz juthatnak hozzá.

Az információ számítógépbe táplálását sem kell feltétlenül a vezetőnek elvégezni. Megszervezhető a folyamat úgy is, hogy a vezető rádióadón közli a számítógépbe táplálendő információt az operátorral, aki azt a számítógépbe betáplálja.

A napi feladattervek és napi jelentések, vagy napi információk számítógépes rendszerét célszerű lehet teletex-es üzemmódban készíteni, amikor a televízió teletexhez hasonlóan lapozhatunk a rendezett információk között, kikeresve azt amelyre éppen szükségünk van. Ilyen rendszer készítése nagyobb figyelmet és célszerű rendszerezést kíván, ami elősegíti bármely vezető számára a szükséges információ gyors megkeresését. A rendszerezésre is többféle lehetőség adódik az adott vállalat sajátosságainak és a vezetés igényeinek megfelelően.

Lehet például, hogy a főmenü aszerint rendszerez, hogy termelési, nyílvántartási (számviteli), természeti és egyéb információkról van szó.

A termelési információk csoportosíthatók aszerint, hogy növénytermesztési, állattenyésztési, zöldségtermesztési, gyümölcs és szőlőtermesztési, erdőgazdasági, alaptevékenységen kívüli stb. területekre vonatkoznak. Ezekben belül tovább rendszerezhetünk főágazat, ágazat, termék stb. szerint. Külön lapokon szerepelhetnek a termelési formákra vonatkozó információk megfelelő rendszerezésben stb.

Hasonlóképpen rendszerezhetők a nyílvántartási (számviteli) információk. Például a készletekre vonatkozó információk anyagcsoportonként, anyagféleségenként, tárolóhely szerint tartalmazhatja a meglévő készletet készletnyílvántartást, utánrendelés idejét stb.

A természeti információk vonatkozhatnak meteorológiai eseményekre, megtörtént eseményekről történő információkra (pl. hány milliméter csapadék esett, mely területeken, mely területeken következett be fagykár stb.) és előrejelzésekre (várható időjárási prognózisok) stb.

Az egyéb információk minden az előbbiekre be nem sorolható számszerű, vagy szöveges információt tartalmazhatnak.

Lehet minden vezetőnek külön oldala (oldalai) amelyet fellelőzve megtalálja a számára fontos információkat, üzeneteket, utasításokat.

## 5. FEJEZET. SZÁMITÓGÉPES KÉSZLET ÉS ESZKÖZGAZDÁLKODÁS ÉS AZ OPERATIV IRÁNYÍTÁS

### 5.1. Készlet- és anyaggazdálkodási rendszerek az operatív irányításban

A készletgazdálkodási rendszereket a jelenlegi felfogásban gyakran mint számviteli rendszereket tartják számon és főként nyilvántartási és vagyónvédelmi funkciójukat tekintik fontosnak. Ezek a rendszerek pedig ennél sokkal többre képesek és nagy segítségét nyújthatnak az agrárszakembereknek és gépüzemeltető mérnököknek, gépjavitóüzem vezetőknél és más termelésirányító szakembereknek az operatív irányításhoz.

Egy ilyen rendszer sok mindenre felhívhatja a termelésirányító szakember figyelmét. Ha a vezetők képernyőn informálódhatnak az irányításuk alá tartozó területen használatos anyagokból és alkatrészekből rendelkezésre álló készletmennyiségekről, a felhasználás alakulásáról elbírálnak ennek indokoltságát, az anyagrendelések szükségességét stb.

Valamely anyag, vagy alkatrész felhasználás felgyorsulása szembeszökő lehet. Indokoltsága vagy indokolatlansága elbírálnak és megvizsgálható ennek oka. Ilyen szempontból a termelésirányító többet tehet a vagyónvédelem érdekében is, mint a könyvelésben dolgozó, vagy a raktáros, mivel az ő érdeke elsősorban a takarékoság, hiszen az eszközfelhasználás az ő munkaterületén termelt termékeknel jelent költségterhet. A felhasználás szakmai indokoltságát pedig mindenképpen ő a leghivatottabb elbírálni.

Tekintve, hogy az anyag és alkatrész nélkülözhetetlen a termeléshez és szükséges időben kell, hogy rendelkezésre álljon, nyilvánvaló, hogy elsősorban az adott termelési területen dolgozó vezetőknek az érdeke és felelőssége, hogy mindent megtegyenek an-

nak érdekében, hogy a szükséges anyagok és alkatrészek a kellő időben, megfelelő mennyiségben rendelkezésre álljanak.

Mivel az anyagok és alkatrészek a felhasználó termelési ágazatnál jelentenek költséget elsősorban az e területen dolgozó vezetőknek kell (kellene) vigyázni a takarékos felhasználásra, sőt amennyiben lehetséges arra is, hogy a szükséges anyagok és alkatrészek minél jobb minőségben és minél olcsóbban kerüljenek beszerzésre.

Téves tehát az, hogy a készletgazdálkodás számviteli feladat. Annak oka, hogy ezt a területet számviteli feladatnak tekintették sok mindenben kereshető. A termelésben dolgozó szakemberek idegenkedtek a papírmunkától ezért távol tartották magukat a számviteltől. Csakhogy ez a számítógépek korában már nem indokolt. Nem volt megfelelő számviteli ismeretük. Ma már a számítógép nem kíván számviteli ismereteket ahhoz, hogy a szükséges információhoz hozzájuthassunk. A számviteli szakemberek nem igen szívesen engedték "bizonylataik" közelébe a termelésben dolgozókat, hiszen a bizonylatok összekeverése, elvesztése problémákhoz vezetne. A számítógép korában ilyen veszély nincs, a könyvelés zavarása nélkül lehet az információkhoz hozzájutni. Gyakran okozott ugyanis problémát az is, hogy a könyvelésben dolgozók terhesnek tekintették, ha a termelésben dolgozó a könyvelésből információt kért.

Ma még nem sikerült leküzdeni a szakember elzárkózó magatartását a számvitel által szolgáltatott információktól. Igaz nincsenek is elterjedve a mezőgazdasági vállalatoknál a számítógépek. Nincsenek megfelelő kiépítettségű, többmunkahelyes számítógépek a mezőgazdasági vállalatoknál, s - részben ezért is - hiányzik a célnak megfelelő szoftver. Az anyagi érdekeltség sem ösztönzi eléggé a vállalatot ilyen rendszerek megteremtésére, a termelési-irányító szakembert pedig ilyen rendszerek használatára.

A jövő azonban egy irányba mutat és fel kell készülni arra, hogy a számítógépes készletgazdálkodási rendszereket úgy alakítsuk

ki, hogy azok minél sokoldalúbb segítséget nyújtsanak az operatív irányításhoz.

A készletgazdálkodási, vagy inkább az anyaggazdálkodási rendszerhez sorolható - legalábbis részben - az anyagfelhasználás hatékonyságának elemzése és ennek alapján az anyagfelhasználás hatékonyságának javítása. E tekintetben különösen a termelési függvények nyújtanak segítséget. Vizsgálhatjuk a különböző anyagfélések hatását a terméshozamok alakulására (pl. műtrágyák), költségekre és jövedelemre stb.

## 5.2. Készletgazdálkodás analitikus vizsgálata

A készletgazdálkodás analitikus vizsgálata valójában igen bonyolult matematikai problémákhoz vezet, amelynek irodalma is igen kiterjedt. Teljességre nem törekedhetünk, az egyetemi tananyag korlátozott keretei között csupán betekintést nyújthatunk a problémák sokrétűségébe, a matematikai vizsgálatok lehetőségeibe és alapot nyújthatunk további ismeretek megszerzéséhez és gyakorlati alkalmazásához. Természetesen most is készíthetők olyan számítógépes rendszerek, amelyek üzemeltetése interaktív üzemmódban történik és nem kíván különösebb matematikai ismereteket, azonban az agrármérnöknek legalább egy bizonyos matematikai ismeretszinttel illik rendelkeznie, hogy megértse a készletgazdálkodás elemzésének matematikai eljárásait.

A készletgazdálkodás dinamikus probléma, hiszen a készletek felhasználása és pótlása, a beszerzések időbeli folyamatként játszódnak le. Mind a beszerzések, mind a felhasználások történhetnek egyenletes ütemben, és nem egyenletes ütemben, illetve egyenletes és nem egyenletes mennyiségi szinteken.

A készletet (legyen az anyagkészlet, alkatrész készlet stb.) raktározni kell, ami költséges. A raktározás költsége a készlete-

zés ideje alatt lehet állandó, vagy összetevődhet egy állandó és a raktározás időtartamától függő költségből. Hasonlóan tagolhatók a beszerzések költségei. A készletezés lehet korlátlan vagy korlátozott. Korlátot szabhat a készletezésnek a készletezőhely befogadóképessége, a készletben lekötött pénzmennyiség, a felvehető hitel maximuma, kamata, vagy más tényező. A gyakorlatban a készletezésnek korlátai vannak.

A készletgazdálkodás analitikus vizsgálata során arra kívánunk választ kapni, hogy milyen nagyságú készlet optimális adott feltételek esetén? Milyen tényezők határozzák meg a beszerzések méretét? Hogyan célszerű ütemezni a beszerzéseket, azaz mikor optimális a készletek időbeli alakulása.

#### 5.2.1. Készletgazdálkodás egyenletes felhasználás esetén

(E rész megírásánál Bacskay Zoltán: Gazdasági matematika és számítástechnika vállalati alkalmazásai III. Rész Gödöllő, 1971. egyetemi jegyzetre támaszkodtam.)

Tegyük fel, hogy egy olyan készletgazdálkodási helyzettel állunk szemben, amikor a felhasználás egyenletes, vagyis időegység alatt (nap, hét, dekádból) mindig azonos felhasználás következik be a vizsgált anyagból, alkatrészből stb. Ilyen esettel találkozunk a mezőgazdaságban gyakran a takarmánykeverő üzemekben, amikor egy meghatározott időszakban adott keveréktakarmányt, vagy keveréktakarmányokat állítanak elő meghatározott mennyiségben. Ilyenkor egy-egy komponensből (takarmányból) naponta (óránként) azonos mennyiség bekeverése történik meg.

A mezőgazdaságban gyakran fordul elő, hogy valamely anyagból a készletet (termelésből, vagy vásárlásból) egy évben egyszer töltjük fel (egyszerre, egy meghatározott időszakban veszünk készletre). Ilyen esettel állunk szembe általában a saját termelésű

takarmányok esetén. Ősszel betakarítjuk és készletre vesszük a takarmánynak szánt kukoricát, silókukoricát stb, s ezt használjuk az új termésig (amennyiben kizárólag saját termelésű terméket használó sítunk).

Ilyenkor a készlet nagyságát a szükséglet dönti el. Annyit kell termelni, vagy a termelésből készletezni, amennyi az új termésig elég. Ehhez kell méretezni a tárolókapacitást, a pénzügyi fedezetet stb. Optimumszámítási probléma itt csak a termeléstech-nológiája, a munkaszervezés, a termény beszállításának optimalizálása, a készletezés módja stb. lehet de a készletezendő (termelendő, beszerzendő) mennyiség adott, eleve meghatározott.

Valójában itt sem ilyen egyszerű a helyzet, hiszen nem tudjuk előre a termés mennyiségét meghatározni, az valószínűségi változó-nak tekinthető. Ugyanígy bizonytalan, valószínűségi változóként tekinthető a felhasználás is (az állomány létszáma, termelése a piac felvevőképessége sem határozható meg előre teljes pontossággal.)

Az egyszerűség kedvéért a probléma sztochasztikus jellegétől tekintsünk el, tudatában természetesen annak, hogy ez a készletezési vizsgálatok során mindig fennáll.

Tegyük fel tehát, hogy determinisztikus problémával és a leg-egyszerűbb esettel találkozunk, amikor egy adott, vizsgált idő-szakban, az egyszerűség kedvéért egy évben egyszer, egy tételben készletezünk.

Ha most az évi szükségletet  $Q$ -val jelöljük az átlagkészletünk

$$63. \quad \frac{Q + 0}{2} = \frac{Q}{2}$$

Hasonlóképpen határozható meg az évi átlagkészlet, ha évente

kétszer (félévenként) készletezünk, azaz

$$64. \frac{\begin{array}{c} Q \\ - + 0 \\ 2 \end{array}}{2} = \frac{Q}{4}$$

vagy ha negyedévenként, vagyis évi négyszer készletezünk; tehát

$$65. \frac{\begin{array}{c} Q \\ - + 0 \\ 4 \end{array}}{2} = \frac{Q}{8}$$

illetve, ha általánosítva egy évben n-szer szerzünk be S mennyiségű készletet

$$66. S = \frac{Q}{n}$$

és az átlagos készlet

$$67. \frac{S}{2} = \frac{Q}{2n}$$

Tegyük fel most, hogy a készlet feltöltése beszerzésből adódik, a beszerzéseket semmi nem korlátozza, ezért azokat egyenlő mennyiségekben eszközöljük és a beszerzés időközzeit is magunk választhatjuk meg. Már is felvetődik a kérdés, hogy vajon mekkora időperiódusokat célszerű a beszerzéshez meghatározni. Az optimális periódus a beszerzés és a raktározás költségeitől és más tényezőktől is függ.

Vizsgáljuk meg most azt, hogyan függ a beszerzési periódus a beszerzés és a raktározás költségeitől.

Legyen  $A$  a beszerzéskor felmerülő költség (beszerzési ár, bonyolítás, szállítás stb. költsége) és  $c$  a raktározás fajlagos költsége. E szerint a beszerzés és a raktározás évi összes költsége

$$C = c \times \frac{S}{2} + An = c \times \frac{S}{2} + A \times \frac{Q}{S}$$

mivel

$$68. \quad n = \frac{Q}{S}$$

Ha például az évi szükséglet 200 tonna és a beszerzés negyedévenként történik az átlagos készlet  $200/8=25$  tonna. Ha a tonnánkénti raktározási költség 180 Ft/tonna/év, a beszerzés költsége pedig évente négyszer 1000 Ft, akkor

$$C = 1000 \times 4 + 180 \times 25 = 8500 \text{ Ft}$$

Felvetődik a kérdés, hogy  $S$  milyen értéke mellett lesz  $C$  minimális?

A minimum létezésének szükséges és elégséges feltétele, hogy

$$69. \quad \frac{dc}{ds} = \frac{c}{2} - \frac{AQ}{s^2} = 0$$

és

$$70. \frac{d^2Q}{ds^2} = \frac{2AQ}{s^3} > 0$$

feltételek teljesüljenek.

Utóbbi teljesül, hiszen A, Q és S pozitív.

A C minimális értéke ott lesz, ahol

$$71. \frac{c}{2} = \frac{AQ}{s^2}$$

illetve ahol

$$72. S = \sqrt{\frac{2AQ}{c}}$$

A beszerzések optimális száma

$$73. n = \frac{Q}{s} = \sqrt{\frac{cQ}{2A}}$$

Tehát az előbbi példát véve

$$S = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times 200}{180}} = 46.9 \text{ tonna}$$

és

$$n = \frac{200}{46.9} = 4.26$$

vagyis évente  $4.26 \times 2.8$  havonként kell 46.9 tonna készletet beszerezni.

Az előbbiekben feltételeztük, hogy a beszerzés költsége minden alkalommal az adott és meghatározott, és a raktározási költség termékegységre vonatkoztatva állandó. Tegyük fel most, hogy a beszerzés az előbbiekhez hasonlóan továbbra is egyenlő időközönként történik, azonban a raktározási és a beszerzési költségek az előbbivel szemben a következőképpen alakulnak.

a., Az évi raktározási költség a készletek nagyságának lineáris függvénye, azaz

$$74. C_1 = c_0 + c \times \frac{S}{2}$$

ahol:

$c_0$  - a készletek nagyságától független állandó költség pl. a raktár amortizációs költsége, fenntartási költsége, épületbiztosítási költsége

$c$  - a készletraktározásnak a készlet nagyságától függő fajlagos költsége.

b., A beszerzés költsége legyen

$$75. A + (a_0 - aS)S$$

ahol:

$A$  - a lebonyolításnak beszerzés nagyságától független állandó költsége (pl. az odautazás költsége, az árubeszerző bére, vagy jutaléka stb.)

$a_0 - aS$  - a beszerzés járulékos fajlagos költsége, amely a beszerzés mennyiségének növekedésével csökkenő tendencia szerint változik.

A beszerzés évi összes költsége

$$76. C_2 = [A + (a_0 - aS)S]n = [A + (a_0 - aS)S] \frac{Q}{S}$$

A fentiek alapján meghatározhatjuk a raktározás és a beszerzés évi költségét, azaz

$$77. C = C_1 + C_2 = c_0 + c \frac{S}{2} + A \frac{Q}{S} + a_0 Q - aQS$$

és  $C$  értéke ott minimális, ahol

$$78. \frac{dc}{ds} = 0$$

$$79. \frac{d^2C}{dS^2} > 0$$

másként

$$80. \frac{dc}{ds} = \frac{c}{2} - \frac{AQ}{S^2} - aQ$$

és

$$81. \frac{d^2C}{dS^2} = \frac{2AQ}{S^3} > 0$$

A

$$82. \frac{c}{2} - \frac{AQ}{S^2} - aQ = 0$$

egyenletből adódik, hogy

$$83. S = \sqrt{\frac{2AQ}{c-2aQ}}$$

(Szükséges természetesen, hogy  $c-2aQ > 0$  legyen.)

A beszerzések optimális száma a következők szerint határozható meg:

$$84. n = \frac{Q}{S} = \sqrt{\frac{(c-2aQ)Q}{2A}}$$

Legyen  $Q=200$  tonna,  $A=1000$  Ft,  $c=100$  Ft/tonna,  $a=0.5$  Ft/tonna. A beszerzések optimális nagysága ekkor

$$S = \frac{2 \times 1000 \times 200}{300 - 2 \times 0.5 \times 200} = \sqrt{\frac{400000}{100}} = \sqrt{4000} = 63.25 \text{ tonna.}$$

A beszerzések optimális száma az adott esetben

$$n = \frac{200}{63.25} = 3.16$$

azaz  $1:3.16=0.32$  évenként illetve  $12:3.16=3.8$  havonként (megközelítőleg 4 havonként) kell 63.25 tonnát beszerezni.

Tételezzük fel most, hogy a beszerzéseket nem egyenlő időközben végezzük be, így az esetenkénti beszerzések mennyisége is különböző.

Egy év alatt  $n$ -szer szerzünk be,  $s$  az  $i$ -edik alkalommal beszerzendő mennyiségeket jelöljük  $S_i$ -vel.

Nyilvánvaló, hogy

$$85. \quad Q = \sum_{i=1}^n S_i$$

Természetes, hogy a két beszerzés közötti átlagos készlet állandóan változhat. Ez az átlagos készlet

$$86. \quad \frac{S_i}{2}$$

és az átlagos raktározási idő az év

$$87. \quad \frac{S_i}{Q} \text{ - ad része}$$

Ha a fajlagos raktározási költség  $c$ , a beszerzés lebonyolításának költsége  $A$ , akkor az összes raktározási és beszerzési költség

$$88. \quad C = c \frac{S_1}{2} \times \frac{S_1}{Q} + c \frac{S_2}{2} \times \frac{S_2}{Q} + \dots + c \frac{S_n}{2} \times \frac{S_n}{Q} + A_n =$$

$$= c \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{2} \times \frac{S_i}{Q} + A_n = \frac{c}{2Q} \sum_{i=1}^n S_i^2 + A_n$$

Ennek a  $C(S_i)$  függvénynek a minimumát kell meghatározni a

$$89. \quad \sum_{i=1}^n S_i = Q$$

feltétel figyelembevételével.

Ilyen esetben a Lagrange függvényt alkalmazhatjuk, amelyben kifejezésre juttatjuk az előbbi feltételt is, azaz:

$$90. \quad L(S_i) = \frac{c}{2Q} \sum_{i=1}^n S_i^2 + An - \lambda(\sum S_i - Q)$$

ahol

$\lambda$  a Lagrange szorzó.

Az  $L$  függvény minimuma létezésének feltétele, hogy  $L$ -nek az  $S_i$  szerinti parciális deriváltjai zérussal legyenek egyenlők. Azaz:

$$\frac{\partial L}{\partial S_1} = \frac{c}{2Q} \times 2S_1 - \lambda = 0,$$

$$91. \quad \frac{\partial L}{\partial S_2} = \frac{c}{2Q} \times 2S_2 - \lambda = 0,$$

...

$$\frac{\partial L}{\partial S_n} = \frac{c}{2Q} \times 2S_n - \lambda = 0.$$

illetve

$$92. \frac{c}{Q} S_1 = \lambda, \frac{c}{Q} S_2 = \lambda, \dots, \frac{c}{Q} S_n = \lambda,$$

innen

$$93. S_1 = S_2 = \dots = S_n = \frac{\lambda Q}{c} = S.$$

Az  $L$  függvény értéke akkor minimum, ha a beszerzések egyenlő időközönként egyenlő mennyiségben történnek meg.

Lehetséges azonban, hogy a beszerzések mennyisége a tárolóhely korlátozott kapacitása, vagy piaci lehetőségek stb miatt korlátozott, tehát valamilyen ok következtében miatt a beszerzendő mennyiségeket alulról, vagy felülről korlátozni kell.

Lehetséges például, hogy az évi  $Q$  szükségletet egyenlő részletekben szerezzük be, de a beszerzési tételek nem haladhatnak meg egy előírt  $K$  mennyiséget, vagyis

$$94. S_i \leq K$$

Most tehát az  $S_i$ -t azzal a feltétellel határozzuk meg, hogy

$$95. C(S_i) = c \frac{S_i}{2} + A \frac{Q}{S_i} = \min.$$

$$S_i \leq K$$

E két feltételt a Lagrange függvénnyel kifejezve kapjuk, hogy

$$96. L(S_i) = c \frac{S_i}{2} + A \frac{Q}{S_i} - \lambda(K - S_i),$$

ahol

$K - S_i$  a raktár kitöltetlen kapacitása.

A  $K - S_i = 0$ , akkor  $\lambda = 0$  legyen és ekkor az  $L(S_i)$  költségfüggvénynel egyenlő.

Ha  $K - S_i = 0$ , akkor a tárolóhely kapacitását teljesen kihasználtuk, ekkor feltételezzük, hogy  $\lambda = 0$ .

$K - S_i < 0$  esetén a költségfüggvénynek nincs döntési lehetősége, hiszen az optimális tétel nagyság  $S_i = K$  lehet.

Az  $L(S)$  függvény minimuma létezésének szükséges és elégséges feltétele:

$$97. \quad \frac{dL}{dS} = \frac{c}{2} + \lambda - \frac{AQ}{S^2} = 0$$

és

$$98. \quad \frac{d^2L}{dS^2} = \frac{2AQ}{S^3} > 0$$

vagyis akkor van minimuma, ha

$$99. \quad S = \sqrt{\frac{2AQ}{c+2\lambda}}$$

Ha a raktár kapacitását nem használjuk ki, azaz  $K - S_i > 0$ , akkor  $\lambda = 0$  értéket választunk, viszont  $S = K$  esetén a  $\lambda = 0$  feltétel azt jelenti, hogy a raktározás egységköltsége  $c$  helyett  $c + 2\lambda$  és ekkor

$$100. \quad K = \sqrt{\frac{2AQ}{c+2\lambda}}$$

amiből  $\lambda$  meghatározható, azaz

$$101. \quad \lambda = \frac{AQ}{K^2} - \frac{c}{2}$$

A  $\lambda > 0$  akkor következik be, ha

$$102. \quad \frac{2AQ}{K^2} > c.$$

### 5.2.2. Készletgazdálkodás nem egyenletes felhasználás esetén

Az eddigiek során azt feltételeztük, hogy a készleteket egyenletes ütemben használjuk fel. Ez nem mindig teljesül, hiszen a különböző anyagok felhasználása az idő függvényében változik. Így például a műtrágya és a vegyszerfelhasználás is szakaszosan, esetenkénti lökésszerűen jelentkeznek, de így van ez a hízóállatok takarmányfelhasználása során is, amikor egy állatcsoportot hízóba állítunk, majd amikor a végsúlyt eléri értékesíthetjük, új csoportot állítunk be, stb.

Az idő függvényében mindig meg tudunk fogalmazni egy anyagfelhasználási függvényt (vagy közelítő függvényt), azaz

$$103. \quad g(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3.$$

melynek ismeretében meghatározhatjuk az anyagfelhasználást  $t_1$  időponttól  $t_2$  időpontig:

$$104. \int_{t_1}^{t_2} g(t)dt$$

és az összes anyagfelhasználás  $t = 0$  időponttól  $t$  időpontig.

$$105. Q(t) = \int_0^t g(t)dt$$

Feladatunk annak megállapítása, hogy mikor mennyi anyagot kell beszerezni, hogy a beszerzés és a raktározás összes költsége minimális legyen.

Induljunk ki abból, hogy  $n$ -szer végzünk anyagbeszerzést, mégpedig  $t_0 = 0, t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  időpontokban. Ezek az időpontok ismeretlenek, viszont a  $t_0$  időpontban vásárolt anyagnak elegendőnek kell lenni  $t_1$  időpontig, a  $t_1$  időpontban vásároltnak  $t_2$  időpontig és így tovább.

Ha  $t_0$  időpontban  $Q_{t_1}$  mennyiséget vásárolunk, akkor a  $[t_0; t_1]$  intervallumban a készlet nagysága

$$106. Q(t_1) (t_1 - t_0) - \int_0^{t_1} Q(t)dt$$

illetve a Newton-Leibnitz-szabály szerint és az integrál összegzési tétele értelmében a következőket írhatjuk fel:

$$107. \int_{t_0}^{t_1} Q(t_1)dt - \int_{t_0}^{t_1} Q(t)dt = \int_{t_0}^{t_1} [Q(t_1) - Q(t)]dt$$

A beszerzés és a raktározás összes költsége:

$$\begin{aligned}
 108. \quad C &= c \int_{t_0}^{t_1} [Q(t_1) - Q(t)] dt + \int_{t_1}^{t_2} [Q(t_2) - Q(t)] dt + \\
 &+ \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} [Q(t_n) - Q(t)] dt + A_n = \\
 &= c \left( \int_{t_0}^{t_1} Q(t_1) dt + \int_{t_1}^{t_2} Q(t_2) dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^{t_n} Q(t_n) dt - \right. \\
 &\left. - \int_{t_{n-1}}^{t_n} Q(t) dt \right) + A_n = c \left[ Q(t_1) (t_1 - t_0) + Q(t_2) \right. \\
 &\quad \left. (t_2 - t_1) + \dots + Q(t_n) (t_n - t_{n-1}) \right] - \\
 &- c \int_{t_0}^{t_n} Q(t) dt + A_n
 \end{aligned}$$

Tekintve, hogy  $t_0 = 0$  kezdő időpont, a  $t_n$  pedig a befejezés időpontja, ezért a  $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  ismeretleneket kell meghatározni úgy, hogy

$$109. C(t_1, t_2, \dots, t_{n-1}) = \min$$

legyen.

Ez pedig ott lesz, ahol

$$110. C^*(t_1, t_2, \dots, t_{n-1}) = Q(t_1)(t_1 - t_0) + \\ + Q(t_2)(t_2 - t_1) + \dots + Q(t_n)(t_n - t_{n-1}) = \min$$

mivel

$$111. \int_{t_0}^{t_n} Q(t) dt$$

állandó (az összes anyagfelhasználás).

A  $C^*$  szélsőérték létezésének szükséges feltétele, hogy

$$112. \frac{\partial C^*}{\partial t_1} = 0, \quad \frac{\partial C^*}{\partial t_2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial C^*}{\partial t_{n-1}} = 0,$$

Képezzük ezeket a parciális deriváltakat

$$\frac{\partial C^*}{\partial t_1} = Q'(t_1)(t_1 - t_0) + Q(t_1) - Q(t_2)$$

$$113. \frac{\partial C^*}{\partial t_2} = Q'(t_2)(t_2 - t_1) + Q(t_2) - Q(t_3),$$

...

$$\frac{\partial C^*}{\partial t_{n-1}} = Q'(t_{n-1})(t_{n-1} - t_{n-2}) + Q(t_{n-1}) - Q(t_n)$$

Ezzel az alábbi  $n-1$  egyenletet állítottuk elő  $n-1$  ismeretlen-  
nel:

$$Q'(t_1)(t_1-t_0) + Q(t_1) - Q(t_2) = 0$$

$$Q'(t_2)(t_2-t_1) + Q(t_2) - Q(t_3) = 0$$

114.

...

$$Q'(t_{n-1})(t_{n-1}-t_{n-2}) + Q(t_{n-1}) - Q(t_n) = 0$$

Ezeket rendezzük át a következőképpen

$$Q(t_2) - Q(t_1) = Q'(t_1)(t_1-t_0)$$

$$Q(t_3) - Q(t_2) = Q'(t_2)(t_2-t_1)$$

115. ...

$$Q(t_n) - Q(t_{n-1}) = Q'(t_{n-1})(t_{n-1}-t_{n-2})$$

Ha ez az egyenletrendszer megoldható, megkapjuk a  $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  időpontokat, amikor a beszerzést meg kell valósítani, hogy a beszerzés és a raktározás költsége a minimális legyen.

Ha a beszerzés időpontja már ismert, akkor a beszerzendő mennyiségeket tudjuk meghatározni, azaz

$$Q(t_1) = \int_0^{t_1} g(t)dt$$

$$116. Q(t_2) = \int_0^{t_2} g(t)dt$$

...

$$Q(t_{n-1}) = \int_0^{t_{n-1}} g(t)dt$$

és a beszerzendő mennyiség

$$\begin{aligned}t_0 &= 0 \text{ időpontban } Q(t_1) \\t_1 &\text{ időpontban } Q(t_2) - Q(t_1) \\t_3 &\text{ időpontban } Q(t_3) - Q(t_2) \text{ stb.}\end{aligned}$$

Amennyiben adva van, hogy egy év alatt  $n$ -szer (pl. havonta, negyedévenként) szerzünk be valamilyen anyagot a beszerzés optimális nagyságáról tájékoztatást kapunk, ha figyelembe vesszük, hogy az összes raktározási költség ( $C$ ) a beszerzések számának ( $n$ ) függvénye, azaz

$$117. C(n) = cf(n) + An$$

ahol

$f(n)$  a készlet átlagos nagysága.

A  $C(n)$  minimuma ott lesz, ahol  $C'(n) = 0$ , azaz

$$118. cf'(n) + A = 0$$

ahonnan  $n$  meghatározható, illetve megbecsülhető.

A fenti formulát átrendezve kapjuk, hogy

$$119. f'(n) = -\frac{A}{c}$$

azaz az átlagos készlet az  $n$  növekedésével csökken.

Ha feltételezzük, hogy az anyagfelhasználást leíró  $g(t)$  függvény konstans:  $g(t)=h$ , azaz a felhasználás egyenletes, akkor

$$120. Q(t) = \int_0^t g(t)dt = \int_0^t kdt = kt$$

és

$$121. Q'(t) = k$$

vagyis a  $t_1, t_2, \dots, t_{n-1}$  időpontok meghatározására szolgáló egyenlet a következőképpen alakul:

$$122. \begin{aligned} k(t_2 - t_1) &= k(t_1 - t_0) \\ k(t_3 - t_2) &= k(t_2 - t_1) \quad \text{stb.} \end{aligned}$$

s ebből adódik, hogy

$$123. \begin{aligned} t_2 - t_1 &= t_1 - t_0 \\ t_3 - t_2 &= t_2 - t_1 \quad \text{stb.} \end{aligned}$$

azaz az egyes felhasználások közötti időtartamok egyenlők és e szerint a beszerzési tételek nagysága is egyenlő. Ha tehát az anyagfelhasználás egyenletes a beszerzéseket is célszerű egyenlő időközönként lebonyolítani.

A készletgazdálkodás a valóságban még bonyolultabb probléma. Mind a beszerzési költség, mind a raktározási költség valószínűségi változóként tekinthető, melynek értéke bizonytalan, előre nem ismert. Sok probléma adódhat a piaci bizonytalanságokból is, amikor valamely termék hiánycikké válhat és a kellő mennyiségben és időben nem szerezhető be. Hiány esetén jelentős termelési kiesés lehetséges, amikor a vállalat legfeljebb "költséget termel." Hosszabb időszak tapasztalati adataiból megbecsülhető a különböző paraméterek valószínűségi függvénye, amellyel dolgozhatunk és a készletezés optimumát megbecsülhetjük.

### 5.3. A készletnagyság és sorozatgyártás optimális méretének meghatározása

Az optimális készletnagyság szoros kapcsolatban van a késztermékgyártás sorozatnagyságával. Ezek kölcsönhatásának vizsgálata során az előbbi módszerek alkalmazhatók. Természetesen most is felmerül a modellek sztochasztikus jellege, de ettől eltekintünk és csak az egyszerűbb matematikai eljárásokkal foglalkozunk.

Tegyük fel, hogy egy adott időszakban (pl. egy év) a legyártandó késztermék mennyisége  $Q$  és célunk annak meghatározása, hogy ezt a mennyiséget milyen tételekben (sorozatnagyságban) gazdaságos gyártani, azaz milyen sorozatnagyságnál a legalacsonyabb a késztermék egységére jutó költség.

A sorozatgyártásban vannak olyan költségek, amelyek egy sorozat legyártása során csak egyszer merülnek fel. E költségekből természetesen annál kevesebb jut egy termékegységre minél nagyobb a sorozat nagysága.

A nagysorozat viszont nagyobb készleteket, hosszabb készletezési időt jelent, ami raktározási költséget igényel, s ez a költség a készlet nagyságától és a készletezési időtől függ, mégpedig a sorozatnagyság növekedésével progresszíve növekvő mértékben.

Kérdés, hogy a sorozatgyártás nagyságával növekvő és csökkenő költségek eredőjeként hol nyerjük a legalacsonyabb költséget?

A gazdaságos sorozatnagyság megállapításával egyúttal az optimális készletnagyságot is meghatározzuk, hiszen a gyártási sorozatnagyságtól függő készletek, befejezetlen termelés, félkész és késztermék keletkeznek, s azt a készletnagyságot, amely a gazdaságos sorozatnagyság legyártásával keletkezik optimális készletnagyságnak nevezzük.

A továbbiakban röviden a legegyszerűbb eljárások alkalmazásával kíséreljük meg a probléma vizsgálatát.

A készletezés költségei lehetnek:

- a., A készlet nagyságával növekvő egységköltségek.
- b., A készletnagysággal csökkenő egységköltségek.
- c., A készlet nagyságától független egységköltségek.

A készletváltozás a termelés ütemétől függően lehet:

- a., folytonos
- b., szakaszos

másrészt

- a., egyenletes
- b., nem egyenletes

Vezessük be a következő jelöléseket

- $A_a$  - a fajlagos közvetlen anyagköltség, gyártási különköltség és ezek rezsiköltsége
- $A_b$  - a fajlagos bérköltség, főágazati és vállalati általános költség
- $Q$  - a termelendő termék mennyiség
- $y$  - a sorozat darabszáma (ill. más egységben tonna, liter stb kifejezett mennyisége)
- $B$  - sorozatköltség (csak egyszer merülnek fel sorozatként, a sorozat nagyságától függetlenek)

$t_s$  - egy olyan naptári időszak, amelynek szükségletét 1 db termék ki tudja elégíteni.

$t_d$  - darabidő naptári időben

$T$  - a sorozatgyártás átfutási ideje

$C_r$  - egységnyi termék raktározási költsége abszolút összegben

$P_r$  - egységnyi költség raktározási költsége a termék árának százalékában

$A$  - egységnyi termék gyártási költsége

$C_k$  - a termék egységére jutó kamat

$P_k$  - a kamat a költség százalékában

$C_p$  - a hiánypótlás költsége (amennyiben anyagihiány miatt termékkiesés keletkezne)

A fenti szimbólumok felhasználásával felírhatók a következő összefüggések:

Raktározási költség a termék árának százalékában:

$$124. P_r = \frac{C_r}{A}$$

Egységnyi termék gyártási költsége:

$$125. A = A_a + A_b$$

A sorozatgyártás átfutási ideje naptári napokban:

$$126. T = y \times t_d$$

Az átlagos készlet egy teljes periódicitás időszakára, az  $yt_s$  időre vetítve:

$$127. \frac{yt_d}{yt_s} A_a y + \frac{A_b y + B}{2}$$

Vezessük be az

$$128. U = \frac{yt_d}{yt_s}$$

jelölést, ahol U kifejezi, hogy a gyártási átfutási idő a tervezett időszak hányad része. Ekkor az átlagos készlet:

$$129. U \left( A_a y + \frac{A_b y + B}{2} \right)$$

A maximális készlet értéke

$$130. (A_a + A_b)y + B$$

A forgóeszköz lekötésből eredő veszteség 1 év alatt

$$131. U \left( A_o y + \frac{A_b + B}{2} P_k \right)$$

Ebből termékegységre jut

$$132. UP_k \frac{A_a y}{Q} + \frac{A_b y + B}{2Q}$$

vagyis egységnyi termék összes költsége

$$133. k = A_a + A_b + \frac{B}{y} + \frac{A_a y}{Q} + \frac{A_b y + B}{2Q} UP_k$$

és Q darab összes költsége

$$134. Q \times k = K = Q(A_a + A_b) + \frac{QB}{y} + \left( A_a y + \frac{A_b y + B}{2} \right) UP_k$$

A K összes költség a sorozatgyártás (y) függvénye, amely ott veszi fel optimális értékét, ahol y szerinti első differenciálhányadosa 0. Ha ezen helyen a második differenciálhányados pozitív, akkor K-nak, mint y függvénynek ez a minimum helye, tehát

$$135. \frac{dK}{dy} = -\frac{QB}{y^2} + \frac{2A_a + A_b}{2} UP_k$$

és y optimális értéket a

$$136. -\frac{QB}{y^2} + \frac{2A_a + A_b}{2} UP_k = 0$$

egyenlet megoldásából kapjuk, azaz

$$137. y = \sqrt{\frac{2QB}{(2A_a + A_b)UP_k}}$$

A második differenciálhányados

$$138. \frac{d^2K}{d^2y} = \frac{2QB}{y^3}$$

pozitív, azaz az  $y$  optimális sorozatnagyság  $K$  összköltség minimumát szolgáltatja.

Vegyük a következő példát:

Egy tervidőszakban legyártandó termékmennyiség 5000 egység,  
 $A_a=1000$ ,  $A_b=500$ ,  $B=3000$ ,  $P_k=0.15$

Az optimális sorozatnagyság

$$y = \sqrt{\frac{2 \times 5000 \times 300}{(2 \times 1000 + 500) \times 1 \times 0.15}} = \sqrt{\frac{3000000}{375}} = 283$$

Az egységköltség minimális értéke

$$k_{opt} = 1000 + 500 + \frac{3000}{283} + \left( \frac{1000 \times 283}{5000} + \frac{500 \times 283 + 3000}{2 \times 5000} \right) \times 1 \times 0.15 =$$
$$= 1521 \text{ Ft.}$$

Az optimális készlet maximuma

$$(A_a + A_b)y + B = (1000 + 500)283 + 3000 = 427500$$

Az optimális készlet átlaga

$$A_a y + \frac{A_b y + B}{2} U = (1000 \times 283) + \frac{500 \times 283 + 3000}{2} \times 1 = 355250$$

Az eddigiekben a befejezetlen termelés készletalakulását úgy vizsgáltuk, hogy a félkész és a késztermék készletet figyelmen kívül hagytuk.

Tegyük fel, hogy a továbbiakban a félkész termelés készletalakulásának vizsgálata a célunk és az egyszerűség kedvéért figyelmen kívül hagyjuk a befejezetlen termelést.

A félkész termék készlete azáltal növekszik, hogy a legyártott félkész termékek a sorozat periódicitásának megfelelő egyenletességgel és szakaszossággal a félkésztermék raktárba kerülnek. A félkész termékkészlet azáltal csökken, hogy a termeléshez való felhasználás céljára a raktárból kivételezzük a szükséges mennyiséget.

A legyártott termék készletének átlaga

$$139. \quad \frac{A_y + B}{2}$$

A forgóeszköz lekötöttségéből adódó veszteség 1 évre

$$140. \quad \frac{A_y + B}{2} P_k$$

Ha a fajlagos raktározási költség 1 évre  $P_r$ , akkor az évi raktározási költség

$$141. \quad \frac{A_y + B}{2} P_r$$

Egy darab félkész termék egységköltsége

$$142. \quad k = A + \frac{B}{y} + \frac{A_y + B}{2Q} (P_k + P_r)$$

és Q darab termék összköltsége

$$143. \quad Q \times k = K = QA + \frac{QB}{y} + \frac{A_y + B}{2} (P_k + P_r)$$

amiből differenciálással és átrendezéssel megkapjuk az optimális készletnagyságot, azaz

$$144. \quad y = \sqrt{\frac{2QB}{A(P_r + P_k)}}$$

Az optimális készlet maximuma

$$145. \quad \frac{A_y + B}{\text{átlaga}}$$

$$146. \quad \frac{A_y + B}{2}$$

Tegyük fel például, hogy a tervidőszak alatt legyártandó termékmennyiség (Q) ismét 5000 db, a sorozatköltség (B) 3000 Ft és  $P_r=00.15\%$ ,  $P_k=0.4\%$  és  $A=1000$

Az optimális sorozatnagyság

$$y = \sqrt{\frac{2 \times 500 \times 3000}{1000 \times (0.1 + 0.04)}} = \sqrt{\frac{30000000}{140}} = 463$$

Hasonlóképpen számítható ki az alábbi formulák alkalmazásával a legalacsonyabb egységköltség, az optimális készlet maximuma és az optimális készlet átlaga.

Az előbbi eljárások kombinálása lehetőséget ad arra is, hogy a befejezetlen termelést és a félkész termék készlet alakulást, illetve az optimumát együttesen vizsgáljuk. Bonyolítja a problémát, ha a forgóalap és/vagy a hitel, vagy a raktárkapacitás korlátozott, valamint az, hogy a gyakorlatban általában a problémák sztochasztikus jellegűek.

#### 5.4. Számítógépes állóeszközgazdálkodási rendszerek

Ma még az állóeszközgazdálkodási rendszereket is nagyjából részben számviteli rendszernek tekintik és azokat főként a nyilvántartás és a vagyonvédelem eszközeinek tartják. Talán a termelésirányító szakember valóban még kevésbé érzékeli közvetlenül az állóeszközgazdálkodásnak a termelés eredményességére való hatását, mint az anyag- és alkatrészgazdálkodásét. Ennek oka, hogy általában (vagy sok esetben) ugyanazt az állóeszközt több termelési területen használják és költségének egy része, a rendelkezésre állással kapcsolatos költségek (amortizáció, javítás) megoszlanak a termelési ágazatok között. Sőt esetleg az üzemelési költségeket (üzemanyag, munkabér) is utólag, az igénybevétel arányában (időarányosan vagy más mutató szerint) osztják el a termelő ágazatok között. Ez a megoldás mindenképpen csökkenti az állóeszközt felhasználó ágazatok érdekeltségét, vagy elvezethet az érdektelenségig.

A problémát az sem oldja meg, ha egységnyi állóeszközhasználati díjat állapítunk meg és azt terheljük költségként a termelő ágazatokra, sőt ez az eljárás talán még az előbbinél is negatívabb hatáshoz vezet, hiszen arra ösztönöz, hogy az adott állóeszközt minél kevesebb ideig vegye igénybe egy adott termelési ág, de arra már nem ösztönöz, hogy az igénybevétel a lehető legtakarékosabban történjen.

Az állóeszközgazdálkodás számítógépes rendszerében megteremthetünk egy olyan nyilvántartást, amely egyenként kimutatja a beruházás évét, költségét, az állóeszköz korát, teljesítményparamétereit, költségadatait, az igénybevétel (kihasználás) kumulált értékeit és megoszlását termelési ágak között stb, de mindezen információk hatékony felhasználása a termelésirányító szakemberek részéről addig aligha fog megvalósulni, amíg megfelelő érdekeltségüket az állóeszközgazdálkodásban meg nem teremtyük.

Más a helyzet például a gépüzem irányítás szempontjából. A gépesítési ágazatvezető számára az állóeszközgazdálkodás számítógépes rendszere információkat szolgáltat a karbantartáshoz, a gépjavítás szervezéséhez, az üzemanyagfogyasztás megfigyeléséhez és ennek alapján szükséges intézkedések megtételéhez, a gépjavító üzem munkájának megszervezéséhez stb. Készíthetők matematikai modellek a gépüzemelés optimalizálása céljából. A gépjavítóműhely munkájának megszervezésében jól alkalmazható a sorbanállási problémák matematikai modellezése valamint a hálótervezés. Matematikai eljárásokkal vizsgálhatjuk az üzembetartás, illetve a selejtezés optimális időpontját.

### 5.5. Pótlási modellek

Az állóeszközök idővel fizikailag elkopnak, erkölcsileg elavulnak, (amortizálódnak), cseréjükéről kell gondoskodni. Tekintve, hogy nagyértékű eszközökről van szó és egy adott állóeszközt általában több évig használunk, nyilván felmerül a kérdés, hogy - amellett, hogy a beszerzendő eszközök típusát célszerűen kell megválasztani - hogyan lehetne meghatározni az állóeszközök leggazdaságosabb pótlásának módját. Vizsgálataink során természetesen most is leegyszerűsítjük a problémát.

A pótlási modellek két fő csoportba sorolhatók:

- a., Az egyik csoportba azok a modellek tartoznak, amelyek az idők folyamán leromló eszközök pótlásának vizsgálatával foglalkoznak.
- b., A másik csoportba azok a modellek sorolhatók, amelyek a hirtelen tönkremenő eszközök pótlásával foglalkoznak.

Vegyük először azt az esetet, amikor az eszközök az idők folyamán leromlanak. Ilyen eszközök általában a gépek, járművek stb. Jellemző rájuk, hogy teljesítményük élettartamuk arányában csökken, ugyanakkor az üzemelési költség, a selejt, a karbantartási költség nő. Ezek a negatív tényezők szembeállíthatók azzal, hogy az eszközt kiselejtezzük és újjal pótoljuk. Ha ugyanis az új eszköz használatával elérhető üzemeltetési és javítási költségmegtakarítás, a selejt miatt bekövetkezett veszteség kiküszöbölése kárpótol bennünket az új gép vagy eszköz beszerzésének és üzembeállításának költségeiért, akkor célszerű a cserét végrehajtani.

Ez esetben tehát azt kell vizsgálni, hogy mikor következik be az az időpont, amikor a régi eszközt újjal kell felváltani. Ehhez természetesen ismerni kell a régi eszköz állapotát, a piacon kínált eszközök árát és műszaki paramétereit, ezért a feladattal az

operatív irányítás tananyagában célszerű foglalkozni.

A számításokat a jövőben felmerülő összes költségek diszkontált értéke alapján végezzük.

Ha az n-edik évben felmerülő költséget  $C_n$ , a kamatos kamatlábat  $r$  jelöli, akkor  $C_n$  diszkontált értéke az első időben

$$147. \quad \frac{C_n}{(1+r)^{n-1}}$$

Ez egy olyan pénzalap, amelyet (legalábbis elvileg) a döntés idején képezünk és kamatos kamataival együtt elegendő ahhoz, hogy a jövőben felmerülő összes költségeket a felmerüléskor fedezze. (Itt olyan költségeket veszünk figyelembe, amelyek a gép jellegétől és korától függenek és a döntés szempontjából lényegesek).

Ha az egyenlő hosszúságú időszakokban felmerülő költségek  $C_1, C_2, \dots$  monotonon növekvők és mindegyik költség a felmerülési időszak elején fizetendő és az új berendezés beszerzési és üzembeállítási költsége  $A$ , akkor a jövőben felmerülő költségek diszkontált értéke ( $K_n$ ) amennyiben a berendezést az n-edik évben cseréljük ki azonos típusra, a következő formulával számítható ki.

$$148. \quad K_n = \frac{A + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^{i-1}}}{1 - \frac{1}{(1+r)^n}}$$

Azt kell vizsgálnunk, hogy milyen hosszú pótlási időszakot válasszunk, azaz mekkora  $n$ -mellett lesz  $K_n$  értéke minimális.

Ha a költségek monoton növekednek a  $K_n$  minimális értéke meghatározásának feltételei, hogy

$$149. K_{n+1} - K_n > 0$$

és

$$150. K_{n-1} - K_n > 0$$

Az első feltétel

$$151. \frac{C_n}{1 - \frac{1}{1+r}} < K_{n-1}$$

a második a

$$152. \frac{C_{n+1}}{1 - \frac{1}{1+r}} > K_n$$

formában írható fel.

Jelöljük a diszkontfaktort  $x$ -el, azaz

$$153. x = \frac{1}{1+r}$$

s ez esetben a 151. a következő alakra hozható:

$$154. C_n < \frac{(A+C_1) + C_2x + \dots + C_{n-1}x^{n-2}}{1 + x + x^2 + \dots + x^{n-2}}$$

ahol a jobboldalon lévő kifejezés az n-edik időszak alatt felmerült költségek mérlegelt átlaga amikor is a súlyok a diszkontfaktorkok.

A 152. kifejezésből kapjuk, hogy

$$155. \quad C_{n+1} > \frac{(A+C_1) + C_2x + \dots + C_n x^{n-1}}{1 + x + x^2 + \dots + x^{n-1}}$$

A fenti képletek alapján a költségminimalizálás során a következő szabály adódik:

A régi eszközt érdemes újjal pótolni, ha a következő periódus költsége nagyobb, mint az eddigi költségek mérlegelt átlaga.

Pótlási modellek természetesen kidolgozhatók olyankor is, amikor az új eszközök beszerzése során különböző alternatívák közül választhatunk és más tényezőket is figyelembe kell vennünk. A fentiekben csupán ízelítőt nyerhettünk a probléma matematikai vizsgálatának lehetőségeiről.

A pótlási modellek másik csoportja olyan eszközökkel foglalkozik, amelyek élettartalmuk alatt lényegében végig azonos teljesítményt nyújtanak, majd egy idő után egyszerre (hirtelen) tönkremennek pl. villanyégők, rádiócsövek stb.

Ezeknél az eszközöknél a működés kezdetétől a tönkremenésig eltelt időszak nem konstans, tehát először is meg kell határozni az élettartam valószínűségi eloszlását, majd a meghibásodás valószínűségét valamely időintervallumra. Lehetséges, hogy nem szabad megvárni a tönkremenés időpontját, hanem a cserét előbb kell megvalósítani, mert a tönkremenés nagy kárt okozhatna pl. egy egész berendezés tönkremegy, megbénul egy időre a termelés, tönkremegy a

termés stb.). Például üvegházak fűtésének meghibásodása a termés tönkremenetelét jelentheti. Hasonló problémák adódhatnak keltetőgép esetén stb.

A probléma vizsgálata igen szerteágazó, a konkrét matematikai modellt is csak egy-egy adott feladat ismeretében lehet megfogalmazni. A számítások technikája gyakran a sorbanállási elméletnél alkalmazott eljárásokhoz hasonló, s mindig nagy szerephez jutnak valószínűségszámítási és a szimulációs módszerek.

## 6. FEJEZET. KÜLTSEGGAZDÁLKODÁS ÉS OPERATIV IRÁNYÍTÁS

A termelés eredményessége végső soron - adott természeti és közgazdasági feltételek mellett - a költséggazdálkodástól függ. Költség nélkül általában hozam sem létezik. A hozam alakulása a ráfordítások, vagy költségek függvénye.

Nem mindegy azonban, hogy a költségek milyen természetes ráfordításokban, illetve a természetes ráfordítások milyen összetételében valósulnak meg. Ugyanakkor a természetes ráfordítások összetételének és a természetes ráfordítások költségösszetételének a változása nem mindig esik egybe mivel a költségösszetétel változása két tényezőnek a természetes összetétel változásának, valamint az árváltozásnak a függvénye. Például lehetséges, hogy valamely anyagféleség aránya a költségekben növekszik, annak ellenére, hogy az adott anyag felhasználási aránya természetes formában csökken, mivel az adott anyag ára emelkedett.

Relatív kérdés az is, hogy mi a drága és mi az olcsó. Valamilyen ráfordítás olcsó, vagy drága voltának megítélése önmagában, vagy akár más ráfordításokkal egybevetve aligha lehetséges. A drága vagy olcsó ráfordítás fogalma elválaszthatatlan a ráfordítás által elérhető hozamtól. Az az olcsóbb ráfordítás, amely egységnyi költség mellett nagyobb hozammal jár. Másrészt adott ráfordításnak költségénél nagyobb hozamértéket kell eredményeznie, mert csak így hoz jövedelmet.

Ha a ráfordítás költsége és az általa eredményül elért hozam értéke egyenlő, akkor a ráfordítás nem hoz jövedelmet, ha a költség meghaladja a hozam értékét a ráfordítás veszteséges. Ez természetesen nem jelentheti, hogy minden ráfordítás, amely költségénél nagyobb hozamértéket, tehát jövedelmet eredményez egyben célszerű is.

Minden ráfordítással szemben van egy "minimális" nyereséگیgényünk, amely alatt a ráfordítást nem tartjuk célszerűnek. Így

például a ráfordításnak legalább olyan jövedelmezőséget (jövedelem a költség %-ában kifejezve) kell biztosítani, mint amilyen kamatlábat a bankbetét vagy kötvény, vagy más olyan pénzelhelyezés biztosít, amely biztonságos és gondot sem jelent. Valójában a termelési ráfordításoktól ennél nagyobb jövedelmezőséget várunk, hiszen a költségráfordítás mellett napi gondokkal és a mezőgazdaságban nagyfokú bizonytalansággal kell számolni.

Ahhoz, hogy a termelési ráfordítások hatékonyak legyenek mindenekelőtt jól megalapozott termelési tervre van szükség, amely meghatározza a termelés szerkezetét és a termelési technológiákat, a hozam és ráfordítás adatokat naturálisan és pénzürtékben kifejezve.

Fontos azonban a terv végrehajtása során a költségalakulás állandó elemzése és a várható hozammal való állandó egybevetése. Ésszerűtlen volna például, ha a tervezett ráfordítást az adott területen akkor is megvalósítanánk, ha például a tél folyamán a búza vetése teljesen kifagyott. Ilyen esetben a ráfordításon változtatni kell, sőt az adott területen más növényt kell termelni.

Az sem volna célszerű, ha takarékosági indokkal elmulasztanánk egy növényvédelmi feladatot, ami a termés tönkretételéhez vagy legalább is nagyarányú elpusztulásához vezetne. De nem szabad elvégezni a növényvédelmet, ha az adott kártevő nem jelentkezik és nem is fog jelentkezni stb.

Különösen vigyázni kell a kritikus költségekkel, amelyeknek meghatározó szerepe lehet a termelésben.

Egy célszerűen szervezett számítógépes költséggazdálkodási rendszernek a tervezési és az operatív irányítási rendszerekre kell alapozódnia, információit lehetőleg automatizált formában e rendszerektől kell nyernie. Az előbbieken ismertetett rendszerek tehát a költséggazdálkodási rendszer számára állandó információit szolgáltatnak. Ezeket az információkat a költséggazdálkodási rend-

szernek célszerűen - kívánság szerint rugalmasan - csoportosítva kell rendelkezésre bocsájtani. Másrészt a költségekre vonatkozó információk a felhasználásával az elemzésre jól felhasználható gazdasági mutatókat kell kiszámítani és rendelkezésre bocsájtani.

A költségeket vizsgálni kell összetételük szerint, összetételük változását tekintve, a tervezett költségekhez való viszonyukat stb. Alkalmazhatók a költségelemzésben a statisztikai indexek és viszonyszámok.

Célszerű a költség és hozamadatokat több évre visszamenőleg gyűjteni és hatékonyságukat termelési függvények segítségével vizsgálni.



## 7.FEJEZET. A SZÁMÍTÓGÉPES OPERATÍV IRÁNYÍTÁS TÁVLATAI ÉS FELADATAI

Ma még a számítógépes operatív irányítás kezdeti lépéseinél tartunk. A fejlődés távlatai szinte beláthatatlanok. Az ipari robotok példájára a mezőgazdaságban sem kizárt a gépek és eszközök, valamint a termelési folyamatok robotok útján történő irányítása.

Ha azonban a termelés technológiai - technikai oldalának nagy mértékű automatizálására meg vannak a lehetőségek miért ne volna elképzelhető a vezetés, az irányítás, a közgazdasági tevékenység automatizálása.

Nem képzelhető-e el, hogy a mezőgazdasági gépeken megfelelő érzékelők folyamatosan mérjék a menetsebességet, az üzemanyagfogyasztást, a teljesítményt stb., és rádiójelek útján továbbítják folyamatosan egy számítógéphez rögzítés és feldolgozás céljára?

Ma számítógépes hálózatok épülnek ki világszerte. Ez viszont lehetőséget teremthet arra, hogy az operatív irányítás számára információkat szerezzünk a hálózatba kapcsolt bármely számítógéptől.

Hány helyen foglalkoznak ma a világon különböző technológiák, technológiai paraméterek és normatívák kidolgozásával?

E helyeken nyert információk, tudományos eredmények, számítógépes hálózat segítségével közkinccsé tehetők.

Minden vállalat létrehozhatja saját számítógépes adattárát. Sok év kell azonban ahhoz, hogy megfelelő adatbázist teremtsünk meg a termelési függvények alkalmazásához. Számítógépes hálózatban arra is megvolna a lehetőség, hogy egy központi számítógép folyamatosan talajtípusonként és más tényezők szerint képzett csoportok adataira végezzen elemzést termelési függvények segítségével. Csupán az adott vállalatról megadott információra volna szükség,

hogy a számítógép termelés technológiai, szervezési stb. tanácsokat nyújtson számukra.

Ezek a távlatok, a távolabbi feladatok. Az előző fejezetekben ismertetett alrendszerek azonban már ma is megteremthetők, illetve egy részük már ma is működőképes.

A működő alrendszerek is sokfélék, általában nem illeszthetők össze komplex rendszerré.

Talán a legközelebbi feladatként kétirányú fejlesztésre volna szükség.

Egyrészt további al- és részrendszereket kidolgozni, illetve a meglévőket tovább tökéletesíteni.

Másrészt azonban ideje volna egy komplex operatív irányítási rendszer létrehozását megkísérelni. Ennek során arra kellene törekedni, hogy minden információt egyszer kelljen inputként a számítógépbe megadni s azt minden alrendszer automatizáltan felhasználhassa.

A tervre vonatkozó információkat a tervezési alrendszerből automatizáltan nyerje az operatív irányítás alrendszere.

Kölcsönös automatizált kapcsolat legyen az operatív irányítási valamint a számviteli, a gazdasági elemzési és statisztikai alrendszerek között.

A rendszer megfelelő adattárak kialakítására legyen alkalmas.

A rendszernek legyen egy számítási eljárásokat tartalmazó információtára, amely a megfelelő számítási eljárásokhoz automatizáltan veszi az adatokat az adattárakból, elvégzi a számításokat és szükség szerint megőrzi az eredményeket.

I R O D A L O M J E G Y Z É K

- BacsKay Zoltán: Gazdasági matematika és számítástechnika vállalati alkalmazásai III. rész. (Egyetemi jegyzet) Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Üzem-szervezési Szak Statisztikai Tanszék. Gödöllő 1971.
- Csáki Csaba - Mészáros Sándor: Operációkutatási módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó Budapest 1981.
- Csató István: A kibernetika. Kossuth Könyvkiadó Budapest, 1971.
- Herold István: Az új takarmányértékelési rendszer. (Egyetemi jegyzet) Debreceni Agrártudományi Egyetem Debrecen, 1986.
- Krajcsovics - Lampe - Stahl: Operációkutatás. Felsőfokú Technikumi jegyzet. Műszaki Könyvkiadó Budapest 1965.
- Ligeti Csák: Gazdasági matematika és számítástechnika (Egyetemi jegyzet) Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Statisztikai Tanszék. Gödöllő 1977.
- Rendszerelmélet. Válogatott tanulmányok. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó Budapest 1969.

Szentmihályi Sándor (szerk): A takarmányok energiaértékelése és a gazdasági haszonállatok energiaellátása. MÉM Mérnök és Vezetőtovábbképző Intézet kiadványa. Budapest 1985.

Tóth József: A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó Budapest 1969.

Tóth József: A termelési tényezők felhasználásának optimalizálása a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó Budapest 1973.

Tóth József: Mezőgazdasági vállalatok automatizált tervezése. Mezőgazdasági Kiadó 1981.

Tóth József - Tarnóczy Tibor: Gazdasági rendszer- és információelmélet (Egyetemi jegyzet) Debreceni Agrártudományi Egyetem. Debrecen 1984.

Varga József: Gyakorlati programozás. Tankönyvkiadó Budapest 1972.

Önköltségi ár: 111.- Ft

Társintézményi ár: 64.- Ft

Hallgatói ár: 12.50Ft