

A nagyüzemi gazdálkodás kérdései

Tóth József

A takarmány-
gazdálkodás
matematikai
tervezése

Akadémiai
Kiadó
Budapest

TÓTH JÓZSEF

A TAKARMÁNYGAZDÁLKODÁS MATEMATIKAI TERVEZÉSE

(A nagyüzemi gazdálkodás kérdései c. sorozatban)

A könyv a takarmánygazdálkodás matematikai tervezésének módszertani kérdéseivel foglalkozik.

Nagy érdeme a szerzőnek, hogy a modern matematikai módszereknek a mezőgazdasági üzemi tervezésben való alkalmazását egyszerűen, a mezőgazda számára is érthetően világítja meg, különös figyelmet szentel a matematikai módszerek alkalmazása során felvetődő problémáknak, és a problémák matematikai kezelésének módját is ismerteti.

Új módszert dolgoz ki az alap-takarmány és a pótabrak optimális arányának meghatározására, újszerűen veti fel a melléktermék, a kettős termesztés, a takarmánykeverék figyelembevételét a matematikai tervezés során. Foglalkozik a takarmánytermelés szakosításának tervezésével, a bizonytalan adatok kezelésének, valamint a több célfüggvény egyidejű alkalmazásának lehetőségével.

Gazdaságokban folytatott konkrét vizsgálatokkal bizonyítja, hogy a takarmánygondok és a takarmányozási költségek a matematikai tervezés segítségével jelentősen csökkenthetők.



A TAKARMÁNYGAZDÁLKODÁS MATEMATIKAI TERVEZÉSE

A NAGYÜZEMI GAZDÁLKODÁS KÉRDÉSEI

SZERKESZTI

AZ AGRÁRGAZDASÁGI KUTATÓ INTÉZET

TÓTH JÓZSEF

A TAKARMÁNYGAZDÁLKODÁS MATEMATIKAI TERVEZÉSE



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1969

Szerző

DR. TÓTH JÓZSEF

a mezőgazdasági tudományok kandidátusa,
a Debreceni Agrártudományi Főiskola docense

Lektorok

DR. KREKÓ BÉLA

egyetemi tanár, az Egyetemi Számító Központ igazgatója

SEBESTYÉN JÓZSEF

az Agrárgazdasági Kutató Intézet tudományos osztályvezetője

© AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST 1969

PRINTED IN HUNGARY

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	7
I. A lineáris programozásról és a mezőgazdaságban való alkalmazhatóságáról	15
II. A gazdaságos takarmányfelhasználás megtervezésének módszere lineáris programozással	21
1. A gazdaságos takarmányadagok megtervezése állategyedekre	21
2. A takarmányadagok gazdaságos megtervezése az egész üzemre	42
3. Speciális takarmányfelhasználási problémák megoldása	58
III. A takarmánytermelés megtervezésének módszere lineáris programozással	81
1. A takarmánytermelés matematikai megtervezése egyedi takarmányadagok alapján	82
2. A takarmánytermelés megtervezése az egész állomány egyszerre történő figyelembevételével	105
3. A takarmánytermelés matematikai tervezése „globális módszerrel”	111
4. Speciális problémák kezelése	122
a. Különböző talajtípusok figyelembevétele a takarmánytermelés tervezésénél	122
b. Különböző technológiák és az öntözéses termelés figyelembevétele a tervezésben	127
IV. A takarmánytermelés szakosításának megtervezése lineáris programozással	133
V. A célfüggvény néhány problémája — Több célfüggvény alkalmazása	151
VI. Bizonytalan adatok kezelése	157
Irodalomjegyzék	164

BEVEZETÉS

Mezőgazdaságunkban az utóbbi két évtized folyamán igen jelentős változások mentek végbe. A szántóterület 97%-án szocialista nagyüzemek gazdálkodnak, nagyrészt korszerű termelési eszközökkel és termeléstechikával, a modern tudományok eredményeinek egyre nagyobb méretű felhasználásával.

Az üzemek területi kiterjedése, az ipari anyagok és gépek nagyarányú alkalmazása kiszélesítette az üzemi termelés méreteit. A termelés méreteinek kiterjedése viszont megköveteli az üzemi vezetés és szervezethez való színvonalának emelkedését. A kisparaszti üzem irányítása nem követel különleges szakképzettséget, könnyen áttekinthető és egy-egy hibás eljárás az üzemi eredményben csak néhány forint kiesést okoz. Nagyobb, 5—10 000 kh-as üzemből azonban az ilyen kis tévedés is nagy összegű kárt okozhat, nem is beszélve arról, ha a hibás intézkedés hatása továbbgyűrűződik.

Míg a kisparaszt üzemének tevékenységét csak fejben, sokszor ötletszerűen tervezte meg, addig nagyüzemeinkben a tervező munka átgondolt, elemző és számoló tevékenységet, mérlegek összeállítását, összehangolását és részletesebb, alaposabb tervező tevékenységet kíván, még akkor is, ha egyelőre az üzemi tervezés színvonala még messze elmarad a tudomány adta lehetőségektől.

Sokszor találkozunk ugyan olyan nézettel — még agrárszakemberek körében is —, hogy a mezőgazdaságban a tervezésnek nincs értelme, mert az időjárás befolyása miatt ezek a tervek úgysem valósulnak meg. Mégis azt kell mondanunk, hogy a mezőgazdasági nagyüzem tervezés nélkül aligha vezethető ésszerűen. A mezőgazdasági tervezésben ugyanis sajátos

ellentmondást találunk: egyfelől a tervek számszerű végrehajtását — főleg a növénytermelésben — valóban jelentős mértékben befolyásolja az időjárás, másfelől, mivel a mezőgazdasági termelési tervek végrehajtása az iparral szemben kevésbé rugalmas — a terv a végrehajtás során kevésbé változtatható —, előrelátóbb tervezés lenne szükséges. Ha ugyanis valamely ipari üzemben valamilyen közbejött ok miatt menetközben a terv módosítása válik szükségessé, ennek a legtöbb esetben nincs akadálya. Ha azonban a mezőgazdaságban megterveztük az egyes növények vetésterületét, a terv végrehajtása során ennek módosítása nem célszerű, vagy egyáltalában lehetetlen. Pl. nem határozhatjuk el májusban, hogy még ebben a gazdasági évben csökkentjük a kukorica vetésterületét az őszi búza javára. Az ellentmondás megoldásának útja semmiképpen sem lehet az, hogy elfogadjuk a „nem érdemes tervezni, mert az időjárás úgyis közbeszól” jeligével a gazdasági vezetést tétlenségre ösztönző elméletet, hanem számolva az időjárás befolyásával a tervet úgy kell elkészítenünk, hogy az bizonyos valószínűséggel megvalósuljon, de előre felkészülünk az időjárás hatására bekövetkező eltérésekre. Gondosabb tervezés esetén a végrehajtásban is kisebb lesz az eltérés.

A mezőgazdasági üzemben *a tervadatoknak az időjárás által okozott bizonytalansága** tehát nem jelentheti a tervezés elvetését, hanem megfontoltabb és alaposabb tervkészítést kíván.

A mezőgazdasági üzemi tervek elkészítésében jelenleg alkalmazott módszerek azonban — még ha az adatok bizonytalanságától eltekintünk is — nem alkalmasak arra, hogy az üzem feltételei között a legmegfelelőbb tervet készítsük el. Egy mezőgazdasági üzemben ugyanis az üzem bonyolult és sokoldalú tevékenységéből adódóan számtalan sok tervvariáns jöhet számításba. Tekintve, hogy jelenleg üzeinkben általában csak egy terv készül, fel sem merülhet a lehetséges tervvariánsok közötti választás lehetősége. Mivel a terv kidolgozása során a szubjektív megítélés nagy szerepet játszik, ezért egyál-

* A bizonytalan adatok kezelésének rövid tárgyalását lásd a VI. részben.

talában nem biztos, hogy az elkészített terv a legjobb tervvariánsnak felel meg.

A modern matematika az utóbbi évtizedekben több olyan módszert produkált, amely lehetővé teszi a tervezés egzakt módszerekkel történő megalapozását. E módszerek a mezőgazdasági üzemi tervezésben mindeddig nem kerültek széles körben alkalmazásra. Ennek oka nemcsak a technikai feltételek hiányában keresendő, hanem abban is, hogy e módszerek mezőgazdasági alkalmazásának problémái még nincsenek kellő mértékben kidolgozva. A mezőgazdasági üzem ugyanis számos speciális sajátossággal rendelkezik, ez pedig szükségessé teszi az említett módszerek alkalmazási lehetőségeinek kidolgozását, amit csakis mezőgazdasági, közgazdasági és matematikai ismeretekkel rendelkező szakemberek együttműködése alapján tudunk megoldani.

E feladat megoldásához szeretnék hozzájárulni azzal, hogy megkísérlem a mezőgazdasági üzem egy részterületén az egzakt tervezés néhány, főleg a lineáris programozással kapcsolatos problémáját összefoglalni. Nem célom tehát az üzemi tervezés valamennyi problémájának megoldása, sem pedig a mezőgazdasági üzemi tervezésben alkalmazható valamennyi matematikai módszer tárgyalása, csupán a lineáris programozás mezőgazdasági üzemi alkalmazásának legfontosabb kérdéseit tárgyalom az üzem egy részterületén, a takarmánygazdálkodásban.

Természetesen tudatában vagyok annak, hogy egy részprobléma megoldása nem elégséges a mezőgazdasági üzem tervezési rendszerének gyökeres megjavításához, de közelebb hozza a komplex megoldás lehetőségét módszertanilag és gyakorlatilag egyaránt. Ha ma még nincs is lehetőségünk a mezőgazdasági üzem minden irányú komplex tervezésének egzakt módszerekkel való megoldására, máris lehetőség van a mezőgazdasági terület 60%-át kitevő takarmánytermelés egzakt tervezésére.

A fentiek alapján a tanulmány témakörét illetően a következő elhatárolást kell megtennem:

a) A lineáris programozásnak a mezőgazdasági üzemi tervezés egy részterületén, a takarmánygazdálkodásban való alkalmazásával foglalkozom.

b) A tárgyalás folyamán nagyrészt a vállalati kereteket tartom szem előtt, de néhány esetben túllépek a vállalat határát, amennyiben ez a vállalati döntésekre is hatással van.

c) A munka módszertani jellegénél fogva nem tartom feladatommak gyakorlatilag elfogadható tervjavaslatok kidolgozását — annál kevésbé, mivel ehhez sem technikai, sem gazdasági lehetőségeim nem voltak —, csupán ilyen tervjavaslatok kidolgozásának módszertani kérdéseit tárgyalom. Gazdasági és technikai eszközök hiányában — némi elektronikus számítógép kapacitáshoz csak a legutóbbi időkben sikerült hozzájutnom — *számszerű vizsgálataimat sok esetben kénytelen voltam leegyszerűsíteni. Ezeknek csak módszertani jelentőségük van, s nem törekedhettem arra, hogy az egyes modellek gyakorlatilag is használható eredményekhez vezessenek. A probléma számszerű modellek nélkül is tárgyalható lett volna, de úgy gondoltam, helyes a megállapításokat konkrét — bár sokszor igen leegyszerűsített — modellekkel alátámasztani és illusztrálni.*

d) Nem céлом általánosan elfogadott vagy vitatott közgazdasági vagy mezőgazdasági kategóriák vagy elvek felülvizsgálata vagy vitatása. Legtöbb esetben arra törekszem, hogy a módszer különböző koncepciók esetén való alkalmazhatóságára, esetleg annak következményeire rámutassak. Bár vizsgálataim módszertani kérdések tisztázására irányulnak, eljutok néhány elvi következtetéshez, amelyek esetenként természetesen bizonyos alapkoncepciók függvényei.

e) Nem vagyok matematikus, így nem is törekedtem arra, hogy matematikai szempontból önálló tudományos eredményt érjek el. Célom kizárólag a matematika által elért tudományos eredmények mezőgazdasági üzemi alkalmazásainak vizsgálata. Mivel főleg üzemi szemléletre törekszem és a matematikát csak mint eszközt használom fel, igyekszem a matematikai tárgyalásmódot kerülni, s a matematikai formulákat inkább mezőgazdasági-közgazdasági tartalommal próbálom megvilágítani.

*

Gazdasági állataink takarmányszükségletének kielégítése nagy feladatot ró mezőgazdaságunkra. Bár nagy területen

termeliünk takarmányt, mégis jelentős takarmányimportra szorulunk. A népesség számának növekedése, az életszínvonal emelkedése és a táplálkozási igényeknek az állati fehérjék irányába történő eltolódása a jövőben szükségessé teszi az állatállomány növelését és az állati termékek termelésének fokozását, ami a takarmányigény jelentős növekedésével jár. A megnövekedett takarmányszükséglet kielégítését nem alapozhatjuk a takarmánytermő terület kiterjesztésére, sem pedig a takarmányimport jelentős emelésére, hanem a növekvő takarmányszükségletet a jelenlegi, vagy még ennél is kisebb területről kell kielégíteni a takarmányimport jelentős növelése nélkül, vagy a takarmányimport egyidejű csökkentése mellett. Nem kevésbé fontos természetesen az állati termékek önköltségének csökkentése sem, amely az állattartás egyéb költségeinek csökkentése mellett a takarmányköltségek csökkentését is megkívánja.

A feladat megoldásában a termésátlagoknak a fejlett agro-technikai módszerek, a helyes talajerő-gazdálkodás, az öntözött területek kiterjesztése, bőven termő fajták kinemesítése stb. útján történő növelésén és az önköltség csökkentésén, valamint a takarmányfelhasználás hatékonyságának korszerű állattenyésztési módszerek alkalmazásával történő emelésén kívül nagy jelentőségű a takarmánygazdálkodás tervezésének és szervezésének a megjavítása.

A takarmánygazdálkodás ésszerű megszervezése magában foglalja a takarmánytermelés és takarmányfelhasználás célszerű megszervezését. A takarmánytermelés és takarmányfelhasználás egymással szoros kapcsolatban van. A takarmányfelhasználás gazdaságossága nagymértékben függ a takarmánytermelés gazdaságosságától, és viszont, a takarmánytermelés gazdaságossága a takarmányfelhasználás gazdaságosságában realizálódik.

A takarmánytermelés elmaradottsága mellett *hiányosságok vannak a takarmányfelhasználásban is*. A rossz tároláson és pazarló felhasználás következtében keletkezett veszteségeken kívül része van ebben *a takarmányadagok gazdaságtalan összeállításának, valamint a takarmánykészlet nem megfelelő alakulásából következő egyoldalú takarmányozásnak*.

A takarmányadagok összeállításának jelenlegi módszere nem teszi lehetővé, hogy a gazdaságosságát kellőképpen figyelembe vegyük. A legtöbb esetben a takarmányadag táplálóanyag-tartalma sem felel meg az állat szükségleteinek; bizonyos anyagokból felesleges mennyiséget tartalmaz, más anyagokból pedig az állat nem kapja meg a szükséges mennyiséget.

A takarmánykészlet nem megfelelő alakulásából pedig az következik, hogy mindig olyan takarmányt kap az állat, amilyen a gazdaságban éppen található. Üzemeink egy-egy időszakban például pazarlóan bánnak a fehérjében gazdag, jó minőségű takarmányokkal, mert csak ez áll rendelkezésükre, más időszakban viszont kizárólag fehérjeszegény, sokszor rossz minőségű takarmányokat kénytelenek etetni.

Tagadhatatlan, hogy a takarmányfelhasználásban mindig érezhető az idényszerűség hatása. Helyes takarmánygazdálkodással azonban ezen lehet és kell is változtatni úgy, hogy az egész évben tárolható takarmányokból az év minden időszakában megfelelő mennyiségek álljanak rendelkezésre az idényszerű takarmányok mellett.

Az elmondottak alapján a takarmánygazdálkodásban megoldandó feladatok a következők:

a) A termelendő takarmánynövények helyes megválasztása, a takarmánytermő terület és az egyes takarmánynövények arányainak célszerű meghatározása úgy, hogy az üzemben található vagy tervezett állatállomány eltartását a lehető leggazdaságosabban tegye lehetővé. Evégett az állat élettani igényei és egyes takarmányok idényszerűségéből adódó kérések között *törekedni kell arra, hogy a területegységenként legtöbb táplálóanyagot adó takarmányokat minél nagyobb arányban termeljük, figyelembe véve azok önköltségét, munkaerő-, anyag- és eszközigényességét.*

b) *Az üzem termelési erőforrásait megfelelően kell szétosztani a különböző takarmányok között térben és időben,* ami lehetővé teszi, hogy az adott erőforrások felhasználásával a lehető legjobb termeléstehnológiát valósítsuk meg, s ezzel a hozamok alakulására a legjobb hatást gyakoroljuk.

c) A feltétlen takarmányok és melléktermékek megfelelő hasznosítása és a takarmányvásárlások helyes megszervezése.

d) Gondos tárolás és feldolgozás.

e) *Célszerű és gazdaságos takarmányfelhasználás.*

A továbbiakban a takarmánygazdálkodás két legfontosabb problémájával foglalkozom: a gazdaságos takarmánytermelési szerkezet kialakításával és a gazdaságos takarmányfelhasználás megtervezésével.

Mind a tervezés, mind a végrehajtás folyamatát tekintve a takarmánytermelés megelőzi a takarmányfelhasználást. Mégis a tárgyalás egyszerűsítése, valamint az egyszerűbbtől a bonyolultabb felé haladás érdekében a továbbiakban először a takarmányfelhasználás tervezésével foglalkozom, majd utána kerül sor a takarmánytermelés tervezésének tárgyalására. Ezt a sorrendet indokolja az is, hogy a takarmányfelhasználás tervezési módszereit alkalmazni fogom — kissé bonyolultabb körülmények között — a takarmánytermelés tervezésére is.

I. A LINEÁRIS PROGRAMOZÁSRÓL ÉS A MEZŐGAZDASÁGBAN VALÓ ALKALMAZHATÓSÁGÁRÓL

Napjainkban a gazdasági tervezésben és elemzésben egyre inkább előtérbe kerülnek a korszerű matematikai módszerek, közöttük a lineáris programozás.

Nem vitatható, hogy *a matematikai módszerek gazdasági problémák megoldására való felhasználásának megvannak a maguk korlátai*, hiszen csak nehezen tudjuk a való életet teljes bonyolultságában matematikai formulákkal kifejezni. Ezt azonban a most használatos egyéb módszerekkel sem tudjuk megtenni, sőt legtöbb esetben még annyira sem, mint a matematikai módszerekkel. Maguknak a matematikai módszereknek is vannak bizonyos korlátai, amelyek miatt nem lehet velük a bonyolult gazdasági jelenségeket teljességükben kifejezni. Mielőtt azonban e tekintetben értékelnénk az alkalmazásra kerülő módszert, szükséges a lineáris programozás felhasználásával megalkotott modellt általánosan vázolni. A modell általános megfogalmazásakor természetesen el kell tekinteni annak konkrét tartalmától. Mivel azonban gazdasági, üzemi modellekről lesz szó, az általános modellnek van bizonyos konkrét jellege is, amennyiben az üzemi, gazdasági, tervezési tartalommal töltődik meg. Legyen modellünk a következő:

A tervezés során valamely üzemben n számú tevékenységet kell figyelembe venni. Ezek egyelőre ismeretlen terjedelmét jelöljük x_1, x_2, \dots, x_n -nel. E tevékenységeknek csak akkor van értelmük, ha azok terjedelme pozitív mennyiség vagy zérus, azaz

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad \text{I.1.}$$

A termelési tevékenységek lefolytatásához bizonyos feltételek szükségesek, illetve adottak. Így például ismerjük az

üzemben rendelkezésre álló termelési erőforrásokat (mezőgazdasági üzemekben az üzem természeti feltételeit is), valamint üzemi vagy népgazdasági indokok alapján előírhatunk bizonyos termékarányokat, illetve a tevékenységek volumenére nézve bizonyos kívánalmakat. Ha a termelőerők (erőforrások) rendelkezésre álló mennyiségeit, valamint a tevékenységek arányaira és volumeneire vonatkozó feltételeinket b_i -vel ($i = 1, 2, \dots, m$), a tevékenységek egységnyi terjedelemben történő alkalmazásához szükséges erőforrásokat, illetve a tevékenységek volumenére és arányaira vonatkozó előírásokhoz való hozzájárulást pedig a_{ij} -vel jelöljük, ahol i a feltételre, j a tevékenységre utal ($j = 1, 2, \dots, n$), akkor mérlegfeltételeink a következő formában írhatók fel:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad 1.2.$$

Ezek a feltételek természetesen egyenlőtlenség formájában is megfogalmazhatók. A mérlegfeltételek tehát a termelési tevékenységeket lineáris összefüggések formájában kötik össze, amelyek egyenletek és egyenlőtlenségek rendszerét alkotják.

A tervezés folyamán a mérlegfeltételek teljesítésére általában többféle tervvariánst állíthatunk elő. Ezek közül azonban azt tekintjük legjobbnak, amely bizonyos cél (vagy célok)* megvalósítását a legnagyobb mértékben lehetővé teszi. Ismerve a különböző tevékenységek egységnyi mennyiségének a cél megvalósításához való hozzájárulását, felírhatunk egy lineáris egyenletet (célfüggvényt). Ennek maximumát vagy minimumát keressük a programozás során, miközben eleget teszünk a mérlegfeltételeknek és az 1.1. alatti határfeltételeknek.

Az elmondottak értelmében modellünk mint lineáris programozási probléma a következőkben fogalmazható meg:

Keressünk egy olyan x_1, x_2, \dots, x_n számegyüttest, amelynél a célfüggvény extrém értéket vesz fel:

$$C = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \text{extrém}, \quad 1.3.$$

* A több célfüggvény alkalmazásának tárgyalását lásd az V. részben.

miközben kielégítjük a

$$\begin{array}{rclcl}
 a_{11}x_1 & + & a_{12}x_2 & + \dots + a_{1n}x_n & = & b_1 \\
 \vdots & & & & & \vdots \\
 a_{i1}x_1 & + & a_{i2}x_2 & + \dots + a_{in}x_n & = & b_i \\
 a_{i+1,1}x_1 & + & a_{i+1,2}x_2 & + \dots + a_{i+1,n}x_n & \leq & b_{i+1} \\
 \vdots & & & & & \vdots \\
 a_{r1}x_1 & + & a_{r2}x_2 & + \dots + a_{rn}x_n & \leq & b_r \\
 a_{r+1,1}x_1 & + & a_{r+1,2}x_2 & + \dots + a_{r+1,n}x_n & \geq & b_{r+1} \\
 \vdots & & & & & \vdots \\
 a_{m1}x_1 & + & a_{m2}x_2 & + \dots + a_{mn}x_n & \geq & b_m
 \end{array} \quad 1.4.$$

mérlegfeltételeket és a

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad 1.5.$$

határfeltételeket.

Az 1.3.—1.5. formulákat matrix alakban felírva kapjuk a

$$C = c^*x \rightarrow \text{extrém}$$

$$Ax \preceq b \quad 1.6.$$

$$x \geq 0$$

formulát.*

Az 1.3.—1.5., illetve az 1.6. formulát egyszerűség végett röviden a következő összeállítással jelölöm:

x		
A	\preceq	b
c*	\rightarrow	extrém

1.7.

* A „ \preceq ” jelölést összevont formulákban a továbbiakban is gyakran fogom alkalmazni annak jelölésére, hogy a mérlegfeltételek egy része kisebb egyenlő „ \leq ”, más része egyenlő „ $=$ ”, és ismét más része nagyobb egyenlő „ \geq ” formában van megadva, illetve adható meg.

Itt az x vektor a fejezve van kiemelve és nem tüntettem fel az 1.5. határfeltételeket, de azokat továbbra is érvényesnek tekintem. A konkrét programozási modellek tárgyalása során, ha a modelleket számszerűen is bemutatom, az 1.7. összeállítási alakot fogom felhasználni.

Az egyenletek vagy egyenlőtlenségek kezelésének és a feladat megoldásánál alkalmazott számítási eljárásoknak ismertetésétől eltekintek [1, 12].

Vegyük most szemügyre az 1.3.—1.5. formulákban megfogalmazott, részletesebben felírt lineáris programozási modellt.

Az a tény, hogy a feladatot lineáris problémaként kezeljük, a valóság bizonyos leszűkítését, egyszerűsítését jelenti, amit sokan rónak fel a módszer hibájául. Valóban, a gazdasági életben az összefüggések nem mindig fejezhető ki lineáris rendszerekkel. Sajnos azonban, egyrészt sok esetben nem ismerjük a jelenség természetét olyan alaposan, hogy meg tudnánk mondani, milyen nem lineáris rendszerrel lehetne a problémát megközelíteni, másrészt viszont a nem lineáris modellek bonyolultak, ezért ma még általában meg kell elégednünk lineáris modellekkel. Ha a lineáris forma nem is fejezi ki teljes pontossággal a gazdasági összefüggéseket, a legtöbb esetben jó megközelítést adja azoknak. Mindemellett elvileg megvan a lehetőség nem lineáris modellek alkalmazására is. Hasonlóan közelebb kerülhetünk a probléma természetéhez szakaszosan lineáris kapcsolatok feltételezésével, illetve bizonyos szempontból paraméteres modellek alkalmazásával. A mérlegfeltételek linearitása tehát korlátozza a módszer pontosságát, de még mindig sokkal pontosabb eredmények elérését teszi lehetővé, mint a jelenlegi tervezési módszerek, sőt lehetőség van a pontosság további javítására.

A 1.4. formulák azt a látszatot keltik, hogy a mérlegfeltételek jobb oldalán levő b_i értékek rögzítettek. Márpedig a gazdasági gyakorlatban ezek sokszor éppen a tervtől függően változhatnak. Például lehet, hogy valamely üzemben meghatározott mennyiségű traktor, műtrágya vagy munkaerő stb. áll rendelkezésre, de ha az kifizetődne, az üzem hajlandó lenne ennek mennyiségét változtatni. A b_i értékek rögzített volta azonban a modellben csak látszólagos. Egyrészt, amint azt a

II. rész. 1. fejezetében látni fogjuk, azok szintén ismeretlenként, de egy meghatározott intervallumban változóként építhetők be a modellbe, másrészt a paraméteres programozás alkalmazása lehetővé teszi, hogy a modell b_i értékeit ténylegesen ismeretlenekként kezeljük [10]. Egyébként is a program duális megoldása során nyert „árnyékárak” megmutatják, hogy a b_i értékek változtatása milyen eredménnyel járna, így ezeket módosítva újabb programot készíthetünk. A b_i értékek rögzített volta tehát csak látszólagos. A módszer hiányosságaként vetik fel azt is, hogy a célfüggvény lineáris formában van megadva. A valóságban például a különböző termékek önköltsége függ azok termelési volumenétől is. Ezzel kapcsolatban azt lehet mondani, hogy a valóság sok esetben közel áll a lineáris-hoz, tehát lineáris formával megközelíthető. Más esetekben, ha a kapcsolat a valóságban nem is lineáris, az szakaszos linearitással megközelíthető*.

Az 1.5. formula a változókra vonatkozóan előírja a nem negativitás feltételét. Megengedett azonban, hogy azok tört értékeket is felvehetnek. A valóságban ez sem mindig lehetséges. Például nem tarthatunk fél tehenet. E tekintetben a program eredményének egész számra való kerekítése sem okoz általában jelentős hibát, de az egész számú programozást is alkalmazhatjuk [12]. A sztochasztikus modellek szintén elősegítik a valóság pontosabb ábrázolását [9].

Mint a fentiekben kifejtett néhány problémából is látható, a lineáris programozásnak vannak bizonyos, a módszerből adódó korlátai, amelyek azonban más módszerek (nem lineáris, paraméteres, egész számú programozás stb.) igénybevételével szélesíthetők. Kérdés azonban, hogy az így elért többleteredmény a többletmunkát megéri-e?

Legnagyobb problémát a módszertől függetlenül jelentkező nehézségek okozzák.

Egyik ilyen nehézség az, hogy a programozáshoz szükséges alapadatok legtöbbször hiányoznak. A jelenlegi adatszolgáltatás és könyvelés nem mindig tudja ezeket rendelkezésre

* Lásd a III. rész 4. fejezetének a. pontjában a különböző talajtípusok figyelembevétele esetén.

bocsátani, sokszor fáradságos munkával kell kigyűjteni vagy megtervezni a szükséges adatokat.

Érthetőek az adatok pontosságával kapcsolatos aggályok is, bár ne felejtjük el, hogy a jelenlegi tervezés is ezeket használja*.

Véleményem szerint a lineáris programozás módszerét — gyakorlati felhasználhatóságát illetően — az őt megillető helyre kell tenni. Ez azt jelenti, hogy elismerjük a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát —, számolva annak bizonyos fogyatékoságaival. Ebből kifolyólag *nem szabad a programozás eredményét feltétel nélkül elfogadni, mert az az alapadatok vagy a programozás hibája, illetve a módszer korlátaiból adódóan esetleg alkalmatlan a gyakorlati megvalósításra, vagy csak bizonyos módosítással valósítható meg.* Minden esetben alapos közgazdasági elemzésnek kell a programozás eredményeit alávetni, ami annál is könnyebb és részletesebb lehet, mivel a modellt megoldó elektronikus számítógéppel az elemzéshez szükséges számításokat is elvégezhetjük. *Az is lehetséges, hogy a programozás eredményét csak mint tendenciákat mutató eredményt fogadjuk el,* vagy csak a program többszöri átdolgozása és megoldása vezet el használható eredményhez.

Annak azonban, hogy a lineáris programozást széles körben alkalmazzuk a mezőgazdasági tervezésben, fontos előfeltétele megfelelő szakemberek kiképzése és elektronikus számítógépek működtetése. Ilyen irányú szakképzés már hazánkban is folyik. A számítógépek tekintetében pedig az volna a megoldás, ha megynként egy-egy megfelelő kapacitású elektronikus számítógép lenne és az üzemek részére szükséges számításokat központilag (megynként) lehetne elvégezni.

* A bizonytalan adatok kezelését lásd a VI. részben.

II. A GAZDASÁGOS TAKARMÁNY- FELHASZNÁLÁS MEGTERVEZÉSÉNEK MÓDSZERE LINEÁRIS PROGRAMOZÁSSAL

A gazdaságos takarmányfelhasználás tervezésén értem a gazdaságban rendelkezésre álló takarmányok* olyan felhasználási tervének elkészítését, mely biztosítja, hogy az adott állatállomány táplálóanyag-szükségeit és élettani igényeit a lehető legjobban, de a lehető leggazdaságosabban kielégítsük. A témát három problémakörben foglalom össze: egyedi takarmányadagok programozása, az egész üzem takarmányfelhasználásának egyidejű programozása, speciális takarmányfelhasználási probléma vizsgálata.

1. A GAZDASÁGOS TAKARMÁNYADAGOK MEGTERVEZÉSE ÁLLATEGYEDEKRE

A takarmányadagok összeállításának a gyakorlatban használatos mai módszerét leginkább „próbálgató módszer”-nek lehetne nevezni. Ez abból áll, hogy a meglevő takarmányokból összeállítunk egy takarmányadagot és kiszámítjuk ennek táplálóanyag-tartalmát**. Ezt a táplálóanyag-tartalmat egybevetve az állat normatív szükségletével az adagban levő takarmányok mennyiségeit mindaddig változtatjuk, amíg az adag tartalma — legalábbis megközelítőleg — azonos nem lesz a normatív szükséglettel.

* Rendelkezésre álló takarmányokon itt tágabb értelemben egy adott időszakban felhasználható saját termésű, vásárolt vagy vásárolható és egyéb forrásból származó összes takarmányokat értem.

** Az egyszerűség kedvéért a takarmányban levő anyagokat általában táplálóanyag elnevezéssel jelölöm, tehát nem teszek különbséget táplálóanyag és egyéb anyag között.

E módszer előnye, hogy egyszerű és könnyen érvényesít bizonyos gyakorlati vagy nehezen számszerűsíthető szempontokat. Hátránya, hogy a gazdaságosság követelményeit — ha esetleg törekszik is erre — nem tudja megfelelően figyelembe venni, különösen nagyobb terjedelmű feladatok esetén.

A takarmányadagok lineáris programozással történő összeállítására nagyobb elméleti, matematikai és szakmai tudást kíván, de a számítások jól gépesíthetők és elektronikus számítógépek segítségével gyorsan elvégezhetők. Előnye, hogy figyelembe veszi a gazdaságosság követelményeit, és ha a feladatot jól állítottuk össze, az előzővel azonos biológiai értékű — vagy még jobb —, de attól gazdaságosabb takarmányadagokat tudunk összeállítani.

A takarmányadagok lineáris programozással történő összeállításának gyakorlati tárgyalása és néhány vizsgálat bemutatása előtt célszerű a problémát és annak matematikai modelljét általánosan megfogalmazni.

Tegyük fel, hogy valamely állat napi takarmányadagját kívánjuk megtervezni lineáris programozással. Ismeretes az állat faja, fajtája, kora, testsúlya és termelése, amelyek alapján — szabványtáblázatból — meghatározzuk annak napi szükségletét a különféle táplálóanyagokból. Tegyük fel, hogy az illető állatnak m -féle táplálóanyagra van szüksége, amelyekből az 1 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. Ismeretes a különböző takarmányok beltartalma is. Jelöljük a j -edik takarmányfajta egységnyi mennyiségében levő i -edik táplálóanyag-mennyiséget 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 takarmányok feletethető mennyiségét, 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 egy-

ségnyi 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

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad 2.1.$$

formában fogalmazható meg. Így pl. előírhatjuk, hogy az adagban pontosan az állat normatív szükségletének megfelelő mennyiségű keményítőértéket vagy fehérjét kell adni. Ilyen szigorú mérlegfeltételt azonban ritkán lehet indokoltan alkalmazni, mivel nem mindig teljesíthető, vagy teljesítése nem mindig gazdaságos. Éppen ezért a táplálóanyagokra vonatkozó mérlegfeltételeket leggyakrabban úgy fogalmazzuk meg, hogy a takarmányadag valamely táplálóanyagból legalább vagy legfeljebb milyen mennyiséget tartalmazzon, azaz:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, \quad 2.2.$$

illetve

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad 2.3.$$

2.2. feltétel szerint az i -edik táplálóanyagra alsó korlátot írtunk elő, vagyis megszabtuk, hogy abból *legalább* milyen mennyiséget kell tartalmaznia a takarmányadagnak. A 2.2. feltételt alkalmazhatjuk a keményítőértékre, fehérjére, aminosavakra és vitaminokra stb., vagyis mindazon anyagokra,

melyekből az állatnak egy bizonyos mennyiséget legalább meg kell kapnia (alsó korlát), de azt túllépve káros hatástól nem kell tartanunk*.

A 2.3. feltétel szerint azt írjuk elő, hogy a takarmányadag az illető táplálóanyagból *legfeljebb* milyen mennyiséget tartalmazhat. Ez történik olyan anyagok esetében, amelyek egy bizonyos határon túl pl. mérgező hatásúak, így korlátozott mennyiségben adagolhatók, illetve etetésük elhagyása nem hátrányos.

Gyakran szükséges alkalmazni a mérlegfeltételek egy másik típusát is, amikor az adag valamely táplálóanyag-tartalmára vonatkozóan egy intervallumot írunk elő. Így például az állat szárazanyagigényét a takarmányszükségleti előírások nem meghatározott mennyiségben írják elő, hanem egy alsó és felső érték által meghatározott intervallumban. (Pl. egy 600 kg-os tehén napi szárazanyag-szükséglete 12—18 kg.) Eszerint a takarmányadag szárazanyag-tartalma az adott intervallumon belül bármilyen értéket felvehet. 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_{r_0} -val, illetve nem lehet több egy felső határnál, amit jelöljünk b_{r_0} -val. (Az alsó o -index az intervallum alsó, a felső o -index az intervallum felső értékét jelöli.) Ez esetben követelményünk:

$$b_{r_0} \leq b_r \leq b_{r_0}, \quad 2.4.$$

és mivel

$$\sum_{j=1}^n a_{rj} x_j = b_r, \quad 2.5.$$

ezért a 2.4. az alábbi két feltételre bontható fel:

$$\sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \geq b_{r_0}, \quad 2.6.$$

* A túlzott fehérjeetetésnek is lehet káros hatása, de ettől a programozás során aligha kell tartanunk, mivel a fehérjegazdag takarmányok drágák, s a célfüggvény legtöbbször nem engedi, hogy az adag fehérjetartalma a szükségletet nagymértékben meghaladja.

$$\sum_{j=1}^n a_{rj} x_j \leq b_r^0 \quad 2.7.$$

A 2.4. feltétel szerint természetesen nemcsak az adag szárazanyag-tartalma adható meg, hanem pl. egyes állatoknál a keményítőérték-szükséglet is ilyen formában van előírva. Általában a 2.4. 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. (Esetenként a fehérje-szükségletet is így kell előírni.)

A takarmányadagok programozása során az a speciális eset is előfordul, amikor a takarmányadag tartalmára valamely anyagból nem abszolút mennyiséget írunk elő, hanem annak egy másik anyaghoz való viszonyát. Ilyen követelményt támaszthatunk például az adag mész- és foszfortartalmára. Ez esetben általában a foszfor iránti abszolút igény mellett megadjuk a mész—foszfor arányát is. E tekintetben szintén előírhatunk kötött viszonyt (egyenletet), illetve alsó és felső korlátot. 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 γ -szorosával legyen egyenlő (ahol γ egy arányszám, mely megmutatja, hogy a b_i hányszorosa legyen a b_k -nak), vagyis

$$b_i = \gamma b_k. \quad 2.8.$$

Megszabhatjuk az illető két anyag arányát úgy is, hogy az i -edik anyag legfeljebb vagy legalább γ -szorosa legyen a k -edik anyagnak, azaz

$$b_i \leq \gamma b_k, \quad 2.9.$$

illetve

$$b_i \geq \gamma b_k. \quad 2.10.$$

Tekintve, hogy

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad 2.11.$$

és

$$\sum_{j=1}^n a_{kj} x_j = b_k, \quad 2.12.$$

a 2.8. a következőképpen fogalmazható meg:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \gamma \sum_{j=1}^n a_{kj} x_j, \quad 2.13.$$

és ebből

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \sum_{j=1}^n (\gamma a_{kj}) x_j, \quad 2.14.$$

az egyenletet egy oldalra átrendezve kapjuk, hogy

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \sum_{j=1}^n (\gamma a_{kj}) x_j = 0, \quad 2.15.$$

ami viszont a következő egyszerű alakra hozható:

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} - \gamma a_{kj}) x_j = 0. \quad 2.16.$$

A fenti módon járhatunk el a 2.9. és 2.10. formulák tekintetében is, ahol egyenlet helyett egyenlőtlenségeket találunk.

A takarmányok táplálóanyag-tartalmára vonatkozó szabványtáblázatokban az egyes takarmányokra nem a mésztartalmat, hanem csak a mészfelesleg-, illetve mészhiány-adatokat találjuk meg, azaz a $a_{ij} - \gamma a_{kj}$ kifejezések már kiszámolva, táblázatba foglalva vannak meg. Ez egyszerűvé teszi a 2.16. alkalmazását.

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

A rendelkezésre álló takarmányok azonban — amint ismertes — különböző jellegűek és biológiai hatásuk is eltérő. E tekintetben a takarmányok különbözőképpen csoportosíthatók. Megkülönböztetünk koncentrált takarmányokat és kevésbé koncentrált tömegtakarmányokat. A tömegtakarmányok is lehetnek pl. zöldtakarmányok, szálas takarmányok és lédús takarmányok. Forrás tekintetében megkülönböztetünk

saját termelésű és vásárolt takarmányokat. A saját termelésű takarmányok ismét lehetnek főtermékek, melléktermékek és másodvetésű termékek, vagy más szempontból piaci forgalomban szerepeltethető vagy piaci forgalomban nem levő takarmányok*.

Bizonyos takarmányok tartalmazhatnak mérgező 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 takarmányból vagy takarmánycsoportból az adagban maximálisan lehetséges mennyiséget (felső korlátot). Ha például a j -edik takarmány legfeljebb q_i mennyiségben szerepelhet az adagban, akkor

$$x_j \leq q_i, \quad 2.17.$$

illetve ha a j -edik, $j+1$ -edik és így tovább $j+r$ -edik takarmányok együttes mennyisége nem lehet több az adagban mint q_r , akkor a

$$x_j + x_{j+1} + x_{j+2} + \dots + x_{j+k} \leq q_r \quad 2.18.$$

feltételt építjük be a modellbe.

Hasonlóképpen előírhatunk alsó korlátot is az adott takarmányra vagy takarmányokra az egyenlőtlenség irányának megváltoztatásával, vagy megfogalmazhatjuk a feltételeket egyenlet formájában is.

* Piaci forgalomban nem levő takarmányokon értem azokat a takarmányokat, amelyek kis táplálóanyag-koncentrációjuk és nehéz szállíthatóságuk miatt piaci forgalomban általában nem, vagy csak ritkán szerepelnek.

Például dugító vagy hashajtó takarmányokra felső korlátot írunk elő, az élettanilag jó hatást kifejtő takarmányokra pedig alsó korlátot. Bizonyos gazdasági indokok alapján is előírhatunk alsó vagy felső korlátot, vagy egyenletet a különböző takarmányokra.

A takarmányok vagy takarmánycsoportok adagban szereplő mennyiségeire vonatkozó feltételeket úgy is megszabhatjuk, hogy ezek tartalmát valamely táplálóanyagból bizonyos mennyiségben írjuk elő alsó vagy felső korlátként, vagy esetleg egyenlőséggel. Így pl. megszabhatjuk, hogy a k -edik takarmány az adagban az i -edik táplálóanyag-szükségletnek legfeljebb hányad részét adhatja, illetve legalább hányad részét kell, hogy adja. Például:

$$a_{ik} x_k \leq \beta b_i \quad 2.19.$$

ahol β kifejezi, hogy a k -edik takarmány az i -edik táplálóanyag hányad részét adhatja ($0 \leq \beta \leq 1$).

A 2.19. feltételt kiterjesztve a $k, k+1, \dots, k+r$ -edik takarmányokra, kapjuk a

$$a_{ik} x_k + a_{ik+1} x_{k+1} + \dots + a_{ik+r} x_{k+r} \leq \beta b_i \quad 2.20.$$

formulát.

A takarmányoknak az adagban szereplő mennyiségeire viszonylagos korlátokat is adhatunk. Például meghatározhatjuk, hogy j -edik takarmány az r -edik takarmánynak legalább μ -szorosa legyen, vagyis

$$x_j \geq \mu x_r \quad 2.21.$$

A 2.21.-et egy oldalra rendezve kapjuk, hogy

$$x_j - \mu x_r \geq 0 \quad 2.22.$$

Természetesen a 2.21. fordított egyenlőtlenség vagy egyenlet alakjában is megfogalmazható, illetve több takarmányra is kiterjeszthető.

Végül a takarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó feltételeket úgy is megszabhatjuk, hogy azok az adagban egy meghatározott intervallumban bármilyen értéket felvehetnek.

Ha például előírjuk, hogy a k -adik takarmány az adagban legalább q_r és legfeljebb q_r^o mennyiség között lehetséges, akkor feltételünk

$$q_r \leq x_k \leq q_r^o, \quad 2.23.$$

s ezt két feltételre bontva kapjuk, hogy

$$x_k \geq q_r \quad 2.24.$$

és

$$x_k \leq q_r^o \quad 2.25.$$

A 2.23. természetesen több takarmányra is kiterjeszthető.

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 vagy intervallumokra), ezek azonban nagymértékben függenek attól, hogy milyen más takarmányok vannak az adagban. Más lesz például a lucernából etethető mennyiség, ha az adagban egyéb szálas takarmányok nincsenek, vagy ha egyidejűleg más szálas takarmányokat is etetünk. Hasonlóképpen másként alakul az etethető takarmányrépa mennyisége, ha egyidejűleg répaszeletet is etetünk, vagy ha az utóbbit nem etetjük. Az sem mindig elegendő, ha az azonos típusú takarmányokat együttesen korlátozzuk.

A takarmányok mennyiségeit, illetve arányait meghatározó feltételek számszerűsítését a biológiai igények mellett bizonyos gazdasági követelmények is befolyásolják. Ha például valamely takarmányból kevés van, 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), vagyis az ebből 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

szerepeltethetők, az élettanilag megengedhető legnagyobb mennyiségben felső korlátot szabunk meg, de emellett beiktatunk egy indokolt alsó korlátot is. Azokat, amelyekből kevés van és nem vásárolhatók, az 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 beszerezhetők, 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 táplálóanyag-igényének és a takarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó — szakmailag helyes — igényeinek kielégítését.

b) A mérlegfeltételek feleljenek meg az üzem gazdasági adottságainak.

c) A mérlegfeltételek ne legyenek egymásnak ellentmondóak (ez esetben ugyanis a program megoldhatatlan).

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 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 lehetőséget ad annak vizsgálatára is, hogy az egyes korlátozó feltételek változtatása milyen hatással van az adag gazdaságosságára. Célszerű lehet esetleg ennek vizsgálata is.

f) A mérlegfeltételek meghatározásánál valamennyi állatcsoportra gondoljunk.

g) A takarmányadagok összeállítása, programozása során a mérlegfeltételek kialakításában közömbös, hogy melléktermék, másodtermék, vásárolt takarmány, takarmánykeverék stb. szerepel-e az adagban. Itt tehát kizárólag az általános elveket kell alkalmazni. Látni fogjuk, hogy a takarmánytermelési tervnek takarmányadagok alapján történő összeállításakor ezek nagy nehézséget okoznak.

Az eddigiekben megfogalmazott mérlegfeltételeken kívül teljesülniük kell még a

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad 2.26.$$

határfeltételeknek, azaz az adagban negatív takarmánymennyiségek nem szerepelhetnek.

Ezzel megfogalmaztuk a takarmányadagok programozása során előforduló feltételtípusokat.

A lineáris programozásnak azonban akkor van igazi értelme, ha a fentiekben vázolt (2.1.—2.26.) feltételek nem határozzák meg egyértelműen a takarmányadagokat, hanem azok több adagvariánssal kielégíthetők. Ebben az esetben a lineáris programozás módot 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 ebben a fejezetben a takarmányadagok tényadatok alapján történő programozását vizsgáljuk, amikor már a takarmánytermelés befejeződött, tehát a termelésről már nem dönthetünk, kézenfekvő, hogy leggazdaságosabbnak tekintjük azt a takarmányadagot, melynek piaci ára a legolcsóbb. Ilyenkor tehát *legcélszerűbb lesz, ha a célfüggvény közgazdasági tartalma a piaci ár.* Természetesen a piaci árban az üzemet

terhelő szállítási költséget is beszámítjuk. Ez azt jelenti, hogy vásárolt termékeknel az üzemet terhelő szállítási költséget hozzáadjuk a termék árához, saját termékek esetében pedig levonjuk. Célszerű lehet a piaci árhoz hozzászámítani a takarmányok előkészítésének költségét is, amennyiben az a különböző takarmányoknál igen eltérő, s ennek beszámítása a takarmányok költségarányait módosítja.

Jelöljük a j -edik takarmány piaci árát (beleszámítva a szállítási költséget és esetleg a feldolgozási költséget is) p_j -vel. A takarmányadag összeállításakor az a követelményünk, hogy a 2.1.—2.25. mérlegfeltételeket és a 2.26. határfeltételeket kielégítsük, de a takarmányadag piaci ára a lehető legkisebb legyen, azaz a célfüggvényünk minimális értéket vegyen fel:

$$P = \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \min, \quad 2.27.$$

ahol P az adagban szereplő takarmányok árösszege.

A fentiekben megfogalmazott célfüggvénnyel kapcsolatban azonban 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. Mivel ezek a takarmányok nem adhatók el, fel nem használásuk esetén tönkremennének, arra törekszünk, hogy a rendelkezésre álló mennyiséget ezekből teljesen felhasználjuk. Ha ezek a célfüggvényben 0 koefficienset kapnak, akkor a mérlegfeltételek adta keretek között minél nagyobb mértékben szerepelni fognak az adagban. A konkrét számításokban — tekintve, hogy inkább módszertani vizsgálatokat végeztem — általában valamennyi takarmányra vonatkozóan célfüggvényként az elszámoló árat alkalmaztam.

Ezzel lényegében áttekintettük a takarmányadagok lineáris programozással való összeállításának általános problémáit. A 2.1—2.27. alatt bemutatott formulák összevontan, matrix alakban felírva egy általános lineáris programozási modellbe foglalhatók össze, a következő formában:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \\
 & \mathbf{A}_1 \mathbf{x} \leq \mathbf{b} \\
 & \mathbf{A}_2 \mathbf{x} \leq \mathbf{q} \\
 & P = \mathbf{p}^* \mathbf{x} \rightarrow \min.
 \end{aligned}
 \tag{2.28}$$

Meg kell még jegyezni, hogy az \mathbf{A}_1 és \mathbf{A}_2 matrixok és \mathbf{p}^* vektor komponenseinek összhangban kell lenni az \mathbf{x} vektorral. Ha például az \mathbf{x} vektor elemei a különböző takarmányok adagban szereplő mennyiségeit kg-ban fejezik ki, akkor az \mathbf{A} matrixok és \mathbf{p}^* vektor komponensei is 1 kg takarmányra vonatkoznak. Természetesen vonatkozási alapként nemcsak a takarmányok egységnyi mennyiségét, hanem pl. azok 1 kg szárazanyag-tartalmát, keményítőértékét vagy fehérjetartalmát, vagy az 1 Ft-ért vásárolható, 1 Ft termelési költséggel, vagy 1 □-öl terület felhasználásával előállítható mennyiségét is használhatjuk. Ha a modellben az összhangot megteremtettük, mindegy, hogy milyen vonatkozási alapot választunk. Célszerű azonban úgy választani, hogy a koefficiensek minél nagyobb része egységekből vagy kerek számokból álljon, mert így kevesebb hiba adódik a tizedesszámok kerekítéseiből, és különösen kézi számítás esetén gyorsabban tudjuk a modellt megoldani.

Áttekintve a lineáris programozás egyedi takarmányadagok tervezésében való alkalmazásának módszertani kérdéseit, hangsúlyozni kívánom, hogy *a programozással kapott eredmény a modell mérlegfeltétel-rendszerének matematikai és mezőgazdasági*

1. táblázat. A Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában vizsgált állatcsoportok adatai

Állatcsoport megnevezése	Testsúly, kg	Létszám, db	Takarmányozási napok száma
Tehén	650	466	13 514
Pótabrakkal termelt tej	—	—	49 300*
Úszó választástól 1 évig	260	97	2 813
Úszó 1—2 éves	370	103	2 987
Hízó marha	450	130	3 770
Igásló	500	45	1 305

* Literben.

2. táblázat. A Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában

Állatcsoport	Kukorica	Árpa	Zab	Korpa	Olaj- pogácsa
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Tejelő pótabrak 1 liter tejre	0,20	—	—	0,12	0,08
Üsző választástól 1 évig	1,00	—	—	—	0,50
Üsző 1—2 éves	0,75	—	—	—	0,25
Hízó marha	2,00	—	—	—	0,50
Igásló	2,00	—	—	—	—

3. táblázat. A Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságának

Állatcsoport	Kukorica	Árpa	Zab	Korpa	Olaj- pogácsa
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Tejelő pótabrak	98,60	—	—	59,16	39,44
Üsző választástól 1 évig	28,13	—	—	—	14,07
Üsző 1—2 éves	22,40	—	—	—	7,47
Hízó marha	75,40	—	—	—	18,85
Igásló	26,10	—	—	—	—
Összesen	250,63	—	—	59,16	79,83

1964. februárban etetett takarmányadagok

(Me: kg)

Lucerna- széna	Borsó- szalma	Kukorica- szár	Siló- kukorica	Takar- mány- répa	Répa- szelet	Az adag költ- sége (elszámoló áron), Ft
4,00	1,00	10,00	10,00	15,00	—	10,38
—	—	—	—	—	—	0,68
3,00	—	—	13,00	5,00	—	9,46
3,00	1,00	—	16,00	7,00	—	9,91
3,00	—	—	15,00	—	10,00	10,80
7,00	—	2,00	—	10,00	—	12,12

1964. februári takarmányfelhasználása a vizsgált állatcsoportokban

(Me: q)

Lucerna- széna	Borsó- szalma	Kukorica- szár	Siló- kukorica	Takar- mány- répa	Répa- szelet	Költség (elszámoló áron), 1000 Ft
540,56	135,14	1351,40	1351,40	2027,10	—	140,28
—	—	—	—	—	—	33,53
84,39	—	—	365,69	140,65	—	26,61
89,61	29,87	—	477,92	209,09	—	29,60
113,10	—	—	565,50	—	377,00	40,72
91,35	—	26,10	—	130,50	—	15,82
919,01	165,01	1377,50	2760,51	2507,34	377,00	286,56

szempontról helyes összeállításától, a célfüggvény közgazdasági tartalmától és a modell konkrét adataitól függ.

A továbbiakban vizsgálataim közül egyet mutatok be, amely a Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságának adatai alapján készült. A számításokat 1964. február hónapra (29 nap) végeztem el. A vizsgálat nem terjedt ki a gazdaság egész állományára, csak a következő állatcsoportokra:

tehén-alaptakarmány (650 kg élősúlyra
és 7 liter tej termelésére),
tejelő pótabrak,
üsző választástól 1 éves korig,
üsző 1 éves kortól 2 éves korig,
hízó marha,
igásló.

A modellek összeállításakor csak a szárazanyag-, keményítőérték- és fehérjeszükséglet kielégítését vettem figyelembe és nem vizsgáltam az aminosavakat, vitaminokat, ásványi anyagokat. A sav—bázis egyensúly utólagos kialakítását tételeztem fel, mint ahogy az a jelenlegi gyakorlatban is történik.

A takarmánymennyiségekre, illetve -arányokra vonatkozó feltételek meghatározásánál a gazdaságban rendelkezésre álló takarmányokat vettem figyelembe. A vizsgált állatcsoportok létszámát a testsúly és a februári takarmányozási napok feltüntetésével az 1. táblázat tartalmazza.

A takarmányadagok összeállításánál cél volt az elszámoló áron számított takarmányköltség minimalizálása. A vizsgálat során figyelembe vett takarmányok és azok elszámoló árai Ft/q-ban a következők:

kukorica	180
árpa	180
zab	180
korpa	130
olajpogácsa	200
lucernaszéna	80
borsószalma	18
kukoricaszár	6
silókukorica	22
takarmányrépa	28
répaszelet	5

4. táblázat. A vizsgált állatcsoportok napi táplálékanyag-szükséglete és a gazdaság által összehajtott adag táplálékanyag-tartalma a Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában

(Me: kg)

Megnevezés	Szárazanyag	Keményítőérték	Fehérje
Tehén-alaptakarmány	szükséglet készlet eltérés + —	13,000—19,000 15,870 —	5,075 5,568 +0,493
Tejelő pótabrak 1 liter tejre	szükséglet készlet eltérés + —	— — —	0,250 0,250 —
Üsző választástól 1 évig	szükséglet készlet eltérés + —	5,500—6,500 6,895 +0,395	3,200 3,738 +0,538
Üsző 1—2 éves	szükséglet készlet eltérés + —	8,000—9,000 8,158 —	3,700 4,080 +0,380
Hízó marha	szükséglet készlet eltérés + —	11,000—14,000 8,330 —2,670	6,000 4,925 —1,075
Igásló	szükséglet készlet eltérés + —	7,400—9,100 10,140 +1,040	4,100—5,100 4,749 —
			0,451—0,561 1,125 +0,564

A vizsgált időszakban a gazdaságban alkalmazott takarmányadagokat és az adagok elszámoló áron számított költségeit a 2. táblázat, a vizsgált időszak alatt felhasznált takarmányok összes mennyiségét pedig az elszámoló áron számított költségek feltüntetésével a 3. táblázat tartalmazza.

Az egyes állatcsoportok szabvány szerinti napi táplálóanyag-szükségletét a gazdaságban alkalmazott adagok táplálóanyag-tartalmával összehasonlítva a 4. táblázat tünteti fel.

Az adatok szerint legtöbb esetben eltérés van a táplálóanyag-szükséglet és az adag tartalma között. Ezért — mivel össze kívántam hasonlítani a programozással kapott adag költségét a gazdaságban alkalmazott adag költségével — el kellett dönteni, mi szerint szabjam meg a modellben a táplálóanyag-szükségletet: a szabvány szerint, vagy a gazdaság által adott adag tartalma szerint.

Ha a szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglettel számolok, ez a költség-összehasonlítást torzítja, ha viszont a gazdaságban alkalmazott adag táplálóanyag-tartalmát veszem alapul, akkor

5. táblázat. A programozás eredménye a szabvány szerinti táplálótakarmányköltség minimalizálásával a Debreceni Agrártudományi

Állatcsoport	Kukorica	Árpa	Zab	Korpa	Olajpogácsa
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Tejelő pótabrak 1 liter teje	0,17	—	—	0,15	0,08
Üsző választástól 1 évig	0,27	0,20	—	0,20	—
Üsző 1—2 éves	0,20	—	—	0,07	—
Hízó marha	1,56	—	—	0,50	0,50
Igásló	2,00	1,00	—	—	—

követem a gazdaság hibás takarmányozását, vagyis a programozással kapott adagok esetenként túltakarmányozást, más esetekben elégtelen takarmányozást okoznak. Célszerűnek látszott — bár ez a számolásigényt megnövelte — egyszer elvégezni a számításokat szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglettel, majd pedig — az összehasonlítás realisabbá tétele végett — úgy, hogy a gazdaság elégtelen takarmányozását figyelembe veszem, a túltakarmányozást pedig nem. Ezzel ki lehetett küszöbölni, hogy a gazdaság adagja az elégtelen takarmányozásból adódó előnyt élvezhesse az összehasonlításnál, de a túltakarmányozásból adódó hátrányt viselnie kell.

Az 5. táblázat tartalmazza a programozás eredményeképpen kapott napi takarmányadagokat az elszámoló áron számított költségek feltüntetésével, amikor a szabvány szerinti táplálóanyag-szükségletet vettem alapul. A 2. táblázattal összehasonlítva látható, hogy a takarmányadagok költsége a hízó marha kivételével minden állatcsoportnál kevesebb, mint a gazdaság által etetett adagoké. A hízó marha adagjának költségnöveke-

anyag-szükségletek figyelembevételével az elszámoló áron számított Főiskola Gazdaságában

(Me: kg)

Lucerna- széna	Borsó- szalma	Kukorica- szár	Siló- kukorica	Takar- mány- répa	Répa- szelet	Költség (elszámoló áron), Ft
4,00	3,00	10,00	11,50	—	—	6,87
—	—	—	—	—	—	0,66
1,60	1,22	—	15,00	5,00	—	7,31
2,15	—	4,50	13,00	7,00	—	7,26
4,00	2,00	4,73	10,00	—	13,00	11,15
2,02	—	5,00	—	4,17	—	8,48

6. táblázat. Egy havi takarmányköltség összehasonlítása a Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában a szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglettel számolva

(Me: 1000 Ft)

Állatcsoport	A gazdaság adagja alapján	A programozott adag alapján	Eltérés + -
Tehén-alaptakarmány	140,28	92,84	47,44
Tejelő pótabrak	33,53	32,54	0,99
Üsző választástól 1 évig	26,61	20,56	6,05
Üsző 1—2 éves	29,60	21,69	7,91
Hízó marha	40,72	42,04	—1,32
Igásló	15,82	11,07	4,75
Összesen	286,56	220,74	65,82

7. táblázat. A programozás eredménye az elszámoló áron számított Főiskola Gazdaságában

Állatcsoport	Kukorica	Árpa	Zab	Korpa	Olaj- pogácsa
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Tejelő pótabrak 1 liter teje	0,19	—	—	0,15	0,06
Üsző választástól 1 évig	0,27	0,20	—	0,20	—
Üsző 1—2 éves	0,20	—	—	0,07	—
Hízó marha	—	—	—	—	—
Igásló	2,00	1,00	—	—	—

dése abból adódik, hogy a gazdaság ezt az állatcsoportot elégtelenül takarmányozta.

A vizsgált időszakban (február hónap) a programozott takarmányadagok költségét (elszámoló áron) a gazdaság által összeállított adagok költségeivel összehasonlítva a 6. táblázat tartalmazza. A programozás eredménye 65 820 Ft költségmegtakarítás, nem is beszélve arról az előnyről, hogy a programozott adagban hiányos takarmányozás nincs.

Ha a gazdaság takarmányadagjának hibáit az említett módon kiszűrjük, akkor a programozás segítségével a 7. táblázat szerinti takarmányadagokat kapjuk. Amint látjuk, az előzőekhez képest csak ott történt változás, ahol a gazdaság elégtelenül takarmányozott.

A havi költségalakulást a gazdaság adagjainak költségigényeivel összehasonlítva a 8. táblázat szemlélteti. A programozás eredménye ez esetben 82 370 Ft megtakarítás, az eredeti költségnek 28,74%-a. Ha feltételezzük, hogy minden hónapban átlagosan ennyit takaríthatnánk meg a takarmányadagok programozásával

takarmányköltség minimalizálásával a Debreceni Agrártudományi
(Me: kg)

Lucerna- széna	Borsó- szalma	Kukorica- szár	Siló- kukorica	Takar- mány- répa	Répa- szelet	Költség (elszámoló áron), Ft
4,00	3,00	10,00	11,50	—	—	6,87
—	—	—	—	—	—	0,66
1,60	1,22	—	15,00	5,00	—	7,31
2,15	—	4,50	13,00	7,00	—	7,26
4,00	1,74	7,78	10,00	—	11,54	6,76
2,02	—	5,00	—	4,17	—	8,48

8. táblázat. Egy havi takarmányköltség összehasonlítása a Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában a gazdaság adagját figyelembe vevő programozás esetén

(Me: 1000 Ft)

Állatcsoport	I A gazdaság adagja alapján	A programozott adag alapján	Bltérés + -
Tehén-alaptakarmány	140,28	92,84	47,44
Tejelő pótabrak	33,53	32,54	0,99
Üsző választástól 1 évig	26,61	20,56	6,05
Üsző 1—2 éves	29,60	21,69	7,91
Hízó marha	40,72	25,49	15,23
Igásló	15,82	11,07	4,75
Összesen	286,56	204,19	82,37

val, akkor az 1 évi költségmegtakarítás a vizsgált néhány állatcsoportnál 988 440 Ft lenne.

Ha pedig a gazdaság egész állományának takarmányadagjait programoznánk, az évi költségmegtakarítás jelentősen meghaladná az 1 millió forintot.

2. A TAKARMÁNYADAGOK GAZDASÁGOS MEGTERVEZÉSE AZ EGÉSZ ÜZEMRE

A takarmányadagok egyedi megtervezésének tárgyalása azon a hallgatólágos feltételezésen alapult, hogy az üzemben a takarmányokat optimálisan osztottuk fel az állatcsoportok között, vagy ha ez nem sikerült, viseljük ennek minden hátrányát. Az utóbbi esetben számolni kell azzal, hogy a saját termelésű, piaci forgalomban nem szereplő takarmányok egy része felhasználatlanul marad s esetleg tönkremegy — holott más elosztás mellett felhasználható lenne —, s helyette vásárolt takarmányokat etetünk. A takarmányok helytelen elosztásából adódó költségtöbblet igen jelentős lehet és nagymértékben

ronthatja a programozás hatékonyságát. A probléma azonban megoldható, ha a takarmányadagokat az egész üzemre egyszerre tervezzük meg egy adott időszakra [11].

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

Meg kell tervezni a takarmányozást egy T időszakra, amelyet azonban $t_1^k, t_2^k, \dots, t_{z_k}^k$ időszakaszokra bontunk fel ($k = 1, 2, \dots, N$) annak megfelelően, hogy az adott T időszakban hányféle takarmányadagot kell összeállítanunk a k -adik állatcsoportnál. Legyen N -féle takarmányozási állatcsoport. Jelöljük a k -adik állatcsoport takarmányozási napjainak számát az 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 egyelőre ismeretlen mennyiségeket az r -edik időszakaszban x_j^{kr} -rel ($j = 1, 2, \dots, n$). Ismeretes, hogy 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 feletessük, de a különféle állatcsoportok, illetve időszakaszok között úgy osszuk el, hogy az a leggazdaságosabb és egyben a T időszak takarmányköltsége a gazdaságban a lehető legkisebb legyen.

A II. rész 1. fejezetében megfogalmaztuk az egyedi takarmányadagok modelljét. Most azonban $\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} t_r^k$ ilyen modellt veszünk figyelembe, s ezeket egymással is összekapcsoljuk. Ha a 2.28 összevont formulát alkalmazva a k -adik állatcsoport takarmányadagjának modelljét az r -edik takarmányozási időszakaszban a

$$\begin{aligned} x^{kr} &\geq 0 \\ A_1^{kr} x^{kr} &\geq b^{kr} \\ A_2^{kr} x^{kr} &\leq q^{kr} \end{aligned} \quad 2.29.$$

9. táblázat. A tényleges takarmányadagok és a számított takarmány-

Megnevezés	A gazdaság napi			
	kuko- rica	korpa	olaj- pogácsa	lucerna- széna
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap	0,30	0,35	0,35	4,50
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap	0,40	0,30	0,40	5,00
Növendéküsző december, 3100 takarmányozási nap				5,00
Növendéküsző január, 3100 takarmányozási nap	0,50		0,20	4,00
Összes takarmány-				
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap	9,30	10,85	10,85	139,50
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap	12,40	9,30	12,40	155,00
Növendéküsző december, 3100 takarmányozási nap				155,00
Növendéküsző január, 3100 takarmányozási nap	15,50		6,20	124,00
Összesen	37,20	20,15	29,45	573,50

formulával jelöljük, ahol \mathbf{b}^{kr} és \mathbf{q}^{kr} kizárólag az élettani igényeket veszi tekintetbe, akkor az N -féle takarmányozási állatcsoportra $\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} t_r^k$ modellből álló rendszer vizsgálata válik szükségessé. Ezeket azonban össze kell kapcsolni a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} g^{kr} x_j^{kr} = d_i \quad 2.30.$$

felhasználás a Nyírlugosi ÁG. vizsgált állatcsoportjaiban

takarmányadagja, kg					Ft
búzaszalma	siló	melasz	takarmány- répa	répaszelet	
4,00	20,00		20,00		15,81
3,00	20,00	0,50		30,00	12,67
	20,00				8,40
	20,00				8,90

felhasználás, q

124,00	620,00		620,00		49 011,00
93,00	620,00	15,50		930,00	39 277,00
	620,00				26 040,00
	620,00				27 590,00
217,00	2480,00	15,50	620,00	930,00	141 918,00

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

10. táblázat. A Nyírlugosi Állami Gazdaságra összeállított programozási feladatban előírt korlátok

Megnevezés		I. számítás	II. számítás	III. számítás	IV. számítás
Szárazanyag	felső korlát	18,00	18,00	18,00	18,00
Szárazanyag	alsó „	12,00	12,00	12,00	12,00
Keményítőérték	alsó „	5,50	5,50	7,09	7,09
Fehérje	alsó „	0,80	0,80	1,14	1,14
Korpa	felső „	0,40	0,40	0,40	0,40
Olajpogácsa	felső „	0,40	0,40	0,40	0,40
Lucerna	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Búzaszalma	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Siló	felső „	25,00	25,00	25,00	25,00
Siló-takarmány- répa, répaszelet	felső „	50,00	50,00	50,00	50,00
Takarmányrépa, répaszelet	alsó „	10,00	10,00	10,00	10,00
Melasz	felső „	0,50	0,50	0,50	0,50
Szárazanyag	felső korlát	18,00	18,00	18,00	18,00
Szárazanyag	alsó „	12,00	12,00	12,00	12,00
Keményítőérték	alsó „	5,50	5,50	7,08	7,08
Fehérje	alsó „	0,80	0,80	1,26	1,26
Korpa	felső „	0,40	0,40	0,40	0,40
Olajpogácsa	felső „	0,40	0,40	0,40	0,40
Lucerna	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Búzaszalma	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Siló	felső „	25,00	-25,00	25,00	25,00
Siló-takarmány- répa, répaszelet	felső „	50,00	50,00	50,00	50,00
Takarmányrépa, répaszelet	alsó „	10,00	10,00	10,00	10,00
Melasz	felső „	0,50	0,50	0,50	0,50
Szárazanyag	felső korlát	13,00	13,00	13,00	13,00
Szárazanyag	alsó „	12,00	12,00	9,80	9,80
Keményítőérték	alsó „	4,40	4,40	4,60	4,60
Fehérje	alsó „	0,51	0,51	0,89	0,89
Korpa	felső „	0,25	0,25	0,25	0,25
Olajpogácsa	felső „	0,25	0,25	0,25	0,25
Lucerna	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Búzaszalma	felső „	2,00	2,00	2,00	2,00
Siló	felső „	20,00	20,00	20,00	20,00
Melasz	felső „	0,20	0,20	0,20	0,20
Takarmányrépa, répaszelet	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00

Megnevezés		I. számítás	II. számítás	III. számítás	IV. számítás
Szárazanyag	felső korlát	13,00	13,00	13,00	13,00
Szárazanyag	alsó „	12,00	12,00	9,50	9,50
Keményítőérték	alsó „	4,40	4,40	4,73	4,73
Fehérje	alsó „	0,51	0,51	0,86	0,86
Korpa	felső „	0,25	0,25	0,25	0,25
Olajpogácsa	felső „	0,25	0,25	0,25	0,25
Lucerna	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Búzaszalma	felső „	2,00	2,00	2,00	2,00
Siló	felső „	20,00	20,00	20,00	20,00
Melasz	felső „	0,20	0,20	0,20	0,20
Takarmányrépa, répaszelet	felső „	5,00	5,00	5,00	5,00
Lucerna	egyenlő	569,00	564,00	564,00	572,00
Búzaszalma	egyenlő	168,00	231,00	250,00	276,00
Siló	egyenlő	2430,00	2548,00	2650,00	2633,00
Melasz	felső korlát	15,50	15,50	15,50	15,50
Takarmányrépa	egyenlő	344,00	354,00	360,00	364,00
Répaszelet	felső korlát	400,00	500,00	550,00	800,00

A 2.29., 2.30. mérlegfeltételek és a

$$x_j^{kr} \geq 0 \quad 2.31.$$

határfeltételek mellett keressük a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} \sum_{j=1}^n s^{kr} p_j^{kr} x_j^{kr} \quad 2.32.$$

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

A modellt a 2.33. alatt mutatom be (48. oldal).

Természetesen valamennyi x_j^{kr} -re fennállnak az

$$x_j^{kr} \geq 0 \quad 2.34.$$

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

$A_1^{11} x^{11}$ $A_2^{11} x^{11}$									b^{11} q^{11}	NNNN
	$A_1^{12} x^{12}$ $A_2^{12} x^{12}$								b^{12} q^{12}	NNNN
										$\cdot \cdot \cdot$
									b^{12} q^{12}	NNNN
										$\cdot \cdot \cdot$
									b^{N_1} q^{N_1}	NNNN
										$\cdot \cdot \cdot$
									b^{N_z} q^{N_z}	NNNN
$s^{11} x^{11} +$	$s^{12} x^{12} +$	$\cdot \cdot \cdot$	$+ s^{12} x^{12} +$	$+ s^{N_1} x^{N_1} +$	$\cdot \cdot \cdot$	$+ s^{N_z} x^{N_z}$	$+ s^{N_z} x^{N_z}$	$+ s^{N_z} x^{N_z}$	d	\equiv
$s^{11} p^{*11} x^{11} +$	$s^{12} p^{*12} x^{12} +$	$\cdot \cdot \cdot$	$+ s^{12} p^{*12} x^{12} +$	$+ s^{N_1} p^{*N_1} x^{N_1} +$	$\cdot \cdot \cdot$	$+ s^{N_z} p^{*N_z} x^{N_z}$	$+ s^{N_z} p^{*N_z} x^{N_z}$	$+ s^{N_z} p^{*N_z} x^{N_z}$	$\min.$	\uparrow

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

A továbbiakban egy igen leegyszerűsített modellt mutatok be. A modellszámítás alapjául a Nyírlugosi Állami Gazdaságban alkalmazott takarmányadagokat használtam fel. A programozás során csak két állatcsoportot vettem figyelembe és a vizsgálat csak kéthónapos időszakra terjedt ki. Mindkét állatcsoportban 100 db-ból álló állományt tételeztem fel.

A figyelembe vett állatcsoportokat, a gazdaságban etetett takarmányadagokat, valamint a számításba vett takarmányozási napokat s ennek alapján a takarmányfelhasználást a gazdaságban etetett adagok szerint a 9. táblázat tartalmazza. A táblázatban feltüntettem az elszámoló áron számított költségeket is. A gazdaságban alkalmazott takarmányadagok táplálóanyag-tartalma és a normatív táplálóanyag-szükséglet jelentősen eltér egymástól. A gazdaság általában a normatív szükségletnél több táplálóanyagot adott az állatoknak.

A programozással négyféle feladatot oldottam meg, amelyek közül az első kettő a normatív táplálóanyag-szükséglet kielégítését tűzte ki célul, de a saját termelésű piaci forgalomban nem szereplő takarmányokra eltérő korlátokat vett figyelembe. A harmadik és negyedik feladat a gazdaság adagjának táplálóanyag-tartalmát vette alapul, szintén eltérően korlátozva a saját termelésű, piaci forgalomban nem szereplő takarmányokat.

A modellben alkalmazott korlátokat a 10. táblázat mutatja. A feladat 48 egyenlőtlenségből és 4 egyenlőségből álló 36 ismeretlenes rendszer megoldását tette szükségessé. A kapott takarmányadagokat és takarmányfelhasználást az elszámoló áron számított költségek feltüntetésével a 11–14. táblázatok tartalmazzák. A táblázatok szerint az első számítás 1 703,48 Ft, a második 22 900,00 Ft, a harmadik 22 109,00 Ft, a negyedik 7 665,00 Ft költségsökkenést eredményezett.

Az ismertetett módszer a lehető legpontosabban oldja meg a gazdaságos takarmányfelhasználást, de — amint az a bemu-

11. táblázat. A Nyírlugosi Állami Gazdaságra megoldott első számítás

Megnevezés	A gazdaság napi			
	kukorica	korpa	olajpogácsa	lucerna-széna
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap	1,69	0,40	0,40	4,05
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap		0,35	0,40	5,00
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap			0,01	5,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap	0,46		0,25	4,29

Összes takarmány-

Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap	52,39	12,40	12,40	125,50
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap		10,85	12,40	155,00
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap			0,31	155,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap	14,26		7,75	132,99
Összesen	66,65	23,25	32,86	568,49

tatott példából is kitűnik — az eredmény nagymértékben függ a takarmánymennyiségekre és -arányokra, valamint a saját termelésű, piaci forgalomban nem szereplő takarmányokra előírt feltételektől. Nagyon fontos ezért a modell feltételrendszerének helyes meghatározása. Természetesen az árnyéklárak elemzése itt is lehetőséget ad annak vizsgálatára, hogy a korlátok megvál-



eredménye

takarmányadagja, kg					Költség (elszámoló áron), Ft
búzaszalma	siló	melasz	takarmány- répa	répaszelet	
0,27	19,06			30,94	13,41
5,00	22,95	0,50	11,09		14,51
0,16	18,41			5,00	8,34
	17,98			5,00	8,97

felhasználás, q

8,37	590,86			957,90	41 575,00
155,00	711,45	15,50	343,79		44 994,02
4,96	570,71			155,00	25 852,14
	557,38			155,00	27 793,36
168,33	2430,40	15,50	343,79	1267,90	140 214,52

toztatása miként befolyásolja a takarmányfelhasználási tervet és a költséget.

A módszer a saját termelésű, piaci forgalomban nem szereplő takarmányok leggazdaságosabb elosztását teszi lehetővé. Hátránya, hogy a hosszabb időszakra (pl. 1 évre) kiterjedő, több takarmányozási időszakaszt és az üzem egész állományát

12. táblázat. A Nyírlugosi Állami Gazdaságra megoldott második

Megnevezés	A gazdaság napi			
	kukorica	korpa	olajpogácsa	lucernaszéna
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap				3,48
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap				4,70
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap		0,03		5,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap				5,00

Összes takarmány-

Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap				107,88
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap				145,70
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap		0,93		155,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap				155,00
Összesen		0,93		563,58

magába foglaló takarmányozási terv modellje olyan nagy, hogy az már csak igen nagy teljesítményű elektronikus számítógéppel oldható meg. Például ha 1 évre készítjük a takarmányozási tervet és 15-féle takarmányozási állatsoportunk van, amelyek mindegyikére mondjuk 10 takarmányozási időszakaszt határozzunk meg, úgyhogy egy-egy időszakaszban átlag 10-féle takar-

számítás eredménye

takarmányadagja, kg					Költség (elszámoló áron), Ft
búzaszalma	siló	melasz	takarmány- répa	répaszelet	
1,96	24,88			10,00	8,98
1,60	17,30		8,85	11,50	10,81
2,00	20,00	0,20		5,00	9,12
2,00	20,00		2,57	2,43	9,48

felhasználás, q

57,66	771,28			310,00	27 840,48
49,60	536,30		274,35	356,50	33 514,60
62,00	620,00	6,20		155,00	28 272,00
62,00	620,00		79,67	75,33	29 391,41
231,26	2547,58	6,20	354,02	896,83	119 018,49

mányt veszünk figyelembe, és összesen 15-féle piaci forgalomban nem szereplő takarmányunk van, amelyek pontos felhasználását írjuk elő, valamint az egyes takarmányadagokra vonatkozóan 10-féle mérlegfeltételt adunk, akkor egy 1500 egyenlőtlenséget és 15 egyenlőséget tartalmazó, 1500 ismeretlenes modellt kell szerkeszteni és megoldani.

13. táblázat. A Nyírlugosi Állami Gazdaságra megoldott harmadik

Megnevezés	A gazdaság napi			
	kukorica	korpa	olajpogácsa	lucerna-széna
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap				3,48
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap				4,70
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap		0,03		5,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap				5,00

Összes takarmány-

Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap				107,88
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap		0,93		145,70
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap				155,00
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap				155,00
Összesen		0,93		563,58

Problémát okoz a módszer alkalmazásában, hogy nem látjuk előre, hogyan hat a program a következő időszak takarmányfelhasználására. Ezen a problémán azonban csak hosszú távú dinamikus programozással segíthetnénk.

Tekintve, hogy a leírt módszer igen nagy modell esetén számítástechnikai szempontból ma még gyakorlati-

számítás eredménye

takarmányadagja, kg					Költség (elszámoló áron), Ft
búzaszalma	siló	melasz	takarmány- répa	répaszelet	
3,05	23,94			10,00	8,92
1,00	21,56		7,89	2,11	10,94
2,00	20,00	0,20		5,00	9,12
2,00	20,00		3,69		9,67

felhasználás, g

94,55	742,14			310,00	27 642,08
31,00	668,36		244,59	65,41	34 037,69
62,00	620,00	6,20		155,00	26 141,80
62,00	620,00		114,39		29 986,92
249,55	2650,50	6,20	358,98	530,41	119 808,49

lag nálunk nem alkalmazható, meg kell emlékeznünk a probléma megoldásának egy másik — bár több számítást, de kisebb teljesítményű elektronikus számítógépet igénylő — lehetőségéről. Ez az úgynevezett kétszintű tervezés módszere, amelyet *Kornai János* és *Lipták Tamás* dolgoztak ki [10].

14. táblázat. A Nyírlugosi Állami Gazdaságra megoldott negyedik

Megnevezés	A gazdaság napi			
	kukorica	korpa	olajpogácsa	lucernaszéna
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap			0,30	4,72
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap	0,20	0,40	0,40	5,00
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap			0,08	4,76
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap			0,25	3,97
Összes takarmány-				
Tehén-alaptakarmány december, 3100 takarmányozási nap			9,30	146,32
Tehén-alaptakarmány január, 3100 takarmányozási nap	6,20	12,40	12,40	155,00
Növendéküző december, 3100 takarmányozási nap			2,48	147,56
Növendéküző január, 3100 takarmányozási nap			7,75	123,07
Összesen	6,20	12,40	31,93	571,95

A kétszintű programozásnak a takarmányfelhasználás tervezésében való alkalmazása során a fentiekben leírt modellt részmodellekre bontjuk állatsoportonként vagy időszakasonként, esetleg adagonként. Ezekre a saját termelésű, piaci forgalomban nem szereplő takarmányokat elsődlegesen valahogyan elosztjuk.*

* Az elosztás logikai alapon történhet szakmai és gazdasági megfontolások alapján.

számítás eredménye

takarmányadagja, kg					Költség (elszámoló áron), Ft
búzaszalma	siló	melasz	takarmány- répa	répaszelet	
5,00	25,00			25,00	11,73
	23,23	0,50	6,92	16,14	14,04
2,00	18,62				8,30
1,91	18,09		4,81		9,23

felhasználás, q

155,00	775,00			775,00	36 350,60
	720,13	15,50	214,52	500,34	43 540,12
62,00	577,22				25 743,64
59,21	560,79		149,11		28 618,58
276,21	2633,14	15,50	363,63	1275,34	134 252,94

Ezután megoldjuk a részmodelleket és az árnyékárak elemzése alapján a saját termelésű takarmányok elosztását módosítjuk, újra programozunk és megoldjuk a részmodelleket. Ismét vizsgáljuk az árnyékárakat, s ennek alapján újból módosítjuk az elosztást. A folyamatot mindaddig ismételjük, míg az árnyékárak az adott feltételek között a részmodellekben megközelítőleg kiegyenlítődnek. A folyamatot többször meg-

ismételve tetszés szerinti pontossággal megközelíthetjük a 2.33. alatti modell eredményét.

Ez a módszer viszonylag kis kapacitású elektronikus számítógép esetén is alkalmazható, de a modellek többszöri megoldása sok számolást igényel [10].

3. SPECIÁLIS TAKARMÁNYFELHASZNÁLÁSI PROBLÉMÁK MEGOLDÁSA

A lineáris programozás módszere speciális takarmányfelhasználási problémák megoldására is alkalmas. Ilyen speciális probléma az alap- és a termelőtakarmányok gazdaságos arányának meghatározása. A kérdést a fejőstehenek alaptakarmánya és a termelő pótabrak gazdaságos arányának meghatározásán mutatom be.

A fejőstehenek napi takarmányfogyasztása két részből tevődik össze: alaptakarmányból és termelő pótabrakból. Az alaptakarmányt tömegtakarmányokból állítjuk össze úgy, hogy az életfenntartáshoz és meghatározott mennyiségű tej termeléséhez elegendő táplálóanyagot tartalmazzon, a takarmányok összetétele tekintetében megfelelően az állat élettani igényeinek, s mindamellett a lehető leggazdaságosabb legyen (pl. legkevesebb legyen a takarmányköltség). Az ezen felül termelt tej mennyiséghez szükséges táplálóanyagokat koncentrált takarmányokból álló pótabrakban kell az állatoknak adni. A pótabrak összeállításában is követelmény a megfelelő táplálóanyagtartalom, az élettani igények kielégítése, valamint a gazdaságosság.

Felvetődik a kérdés, hogy adott tehénállomány esetén hány liter tej termelésére állítsuk össze az alaptakarmányt, hogy az a leggazdaságosabb legyen, vagyis, hogy az állat vagy állatsoport takarmányköltsége adott tejtermelés esetén a lehető legkevesebb legyen.

Szakkörökben gyakran találkozunk azzal a nézettel — egyetemeinken is hosszú ideje azt tanítják a takarmányozástanban —, hogy „minél kevesebb abrakot használjunk fel a termelésre. Ezért úgy állítjuk össze az alaptakarmányt, hogy lehetőség szerint az életfenntartó szükségleten felül minél több tej vagy hús termelésére képesítse az állatot” [2, 13. old.].

Ennek a felfogásnak az az alapja, hogy a tömegtakarmányok általában olcsóbbak, mint a koncentrált takarmányok, s mindeddig nem volt lehetőség annak pontos meghatározására: mi az az optimális tejmenyiség, amelyre alaptakarmányt kell összeállítani, hogy a figyelembe vett takarmányok és takarmányárak esetén az alaptakarmány és pótabrak együttes költsége a lehető legkevesebb, vagyis a napi takarmányfelhasználás adott termelés esetén a lehető legolcsóbb legyen.

Az utóbbi időben több szakembernek az a véleménye, hogy a koncentrált takarmányok ára a tömegtakarmányokhoz viszonyítva aránytalanul alacsony, így „érdemesebb az állattartást az abraktakarmányok fokozottabb felhasználására irányítani”. E vélemény szerint az a leggazdaságosabb, ha minél több abrakot használunk fel az adott állat vagy állatcsoport eltartásához a tömegtakarmányok rovására.

Ez a nézet éppúgy nem helyeselhető, mint az előbbi. Igaz ugyan, hogy az alaptakarmány és a termelő pótabrak gazdaságos aránya nagymértékben függ a tömegtakarmányok és az abraktakarmányok árárányaitól, de a gyakorlatban csak ritkán alakulnak ki olyan árárányok, amelyek az egyik vagy a másik szélsőséges nézetet igazolnák. A gyakorlatban az árak általában úgy alakulnak, hogy sem a túlzott tömegtakarmány-felhasználás, sem a túlzott abrakfelhasználás nem gazdaságos, hanem van a tömegtakarmány és abraktakarmány felhasználásának egy optimális, leggazdaságosabb aránya [6]. Hasonlóképpen, ha nem a takarmányárakat, hanem a takarmányadag megtermeléséhez szükséges területet vagy termelési költséget vizsgáljuk általában, szintén találunk egy optimális arányt a tömegtakarmány és abraktakarmány felhasználása között. Amint látni fogjuk, matematikai módszerekkel meg lehet határozni az alaptakarmány és pótabrak optimális arányát. A rövidebb és egyszerűbb tárgyalás kedvéért a módszert előbb 1 tehénre, majd egész tehénállományra kiterjesztve mutatom be.

Tegyük fel, hogy össze kell állítani egy V liter tejet adó tehén takarmányadagját. A probléma megoldása — amint láttuk — két feladatot jelent: egy tömegtakarmányból álló alaptakarmány-adag összeállítását — amely életfenntartáshoz és bizonyos mennyiségű tej termeléséhez elegendő táplálóanyagot

tartalmaz —, és egy koncentrált takarmányokból álló termelő pótabrak összeállítását. Ha az alaptakarmányt v literre állítotuk össze, akkor $V-v$ liter tejre pótabrakot kell adni. Kérdés azonban, hány liternél lesz a v optimális, ha célunk az életfenn-tartásra és V liter tej termelésére elegendő táplálóanyagot adó napi takarmányadag költségének minimumra csökkentése. Van-e valamilyen optimális arány egy adott esetben az alaptakarmány és a pótabrak között, és ha igen, hogyan lehetne ezt kiszámítani?

Tételezzük fel, hogy van ilyen optimális arány, csak a v értékét (az alaptakarmányban figyelembe vett tejmennyiséget) alkalmas módon kell megválasztani. Ahhoz, hogy az optimális v értéket meghatározzuk, mindenekelőtt ismerni kell, hogyan változik az alaptakarmány költsége az alaptakarmány összeállításánál figyelembe vett tejmennyiség változtatásának hatására és mennyi az 1 liter tej összeállításához szükséges pótabrak költsége. Össze kell tehát állítani az alaptakarmány-adagot különböző tejtermelés figyelembevételével és az 1 liter tejtermeléséhez szükséges pótabrakadagot. Tekintve, hogy ezekre külön-külön is fennáll az a követelményünk, hogy a lehető leggazdaságosabbak legyenek, alkalmazzuk itt is a matematikai programozást.

Fogalmazzuk meg először az alaptakarmány összeállításának matematikai modelljét.

Tegyük fel, hogy az állat m féle táplálóanyagot igényel, amelyek mennyiségeit jelölje a \mathbf{b}' vektor*, ahol $\mathbf{b}' = [b'_1, b'_2, \dots, b'_m]^*$. A \mathbf{b}' vektor egyes komponensei függetlenek attól, hogy az adagot hány liter tej termelésére állítjuk össze (pl. az adag szárazanyag-tartalma függ az állat testsúlyától, de a figyelembe vett tejmennyiségtől független, s egy meghatározott intervallumon belül bármely értéket felvehet), más komponensei a figyelembe vett tejmennyiségtől függenek (pl. a keményítőérték, fehérje stb. mennyisége az adagban attól függ, hogy azt hány liter tej termelésére állítjuk össze).

Ha most az egyes takarmányokból az alaptakarmányban adagolandó egyelőre ismeretlen mennyiségeket az \mathbf{x}' vektorral

* A szimbólumokhoz írt vessző annak jelölésére szolgál, hogy azok az alaptakarmányra vonatkoznak, míg az abraktakarmány modelljében két vesszős jelölést alkalmazunk.

jelöljük, ahol $\mathbf{x}' = [x'_1, x_2, \dots, x_n]^*$, a j -edik takarmány egységnyi mennyiségeiben található i -edik táplálóanyag-mennyiségeket pedig az \mathbf{A}'_1 matrixba foglaljuk, akkor az adag táplálóanyag-tartalmára vonatkozó mérlegfeltételeink a

$$\mathbf{A}'_1 \mathbf{x}' \leq \mathbf{b}' \quad 2.35.$$

összevont formulával fejezhetők ki (vagy részletesen a 2.1—2.16. formulákkal).

Itt azonban a \mathbf{b}' vektor egy v paramétertől függ, a \mathbf{b} és \mathbf{z} rögzített vektorok segítségével felírt

$$\mathbf{b}' = \bar{\mathbf{b}} + v\mathbf{z} \quad 2.36.$$

képlet szerint, ahol $\bar{\mathbf{b}}$ az életfenntartáshoz szükséges táplálóanyag-mennyiségek vektora, v az alaptakarmányban figyelembe vett tejmennyiség és \mathbf{z} az 1 liter tej előállításához szükséges táplálóanyag-mennyiségek vektora.

Hasonlóképpen írhatók fel összevont formában az állat élettani igényeinek kielégítésére, a takarmányok vagy takarmánycsoportok mennyiségeire, illetve arányaira vonatkozó mérlegfeltételek a következő formában:

$$\mathbf{A}'_2 \mathbf{x}' \leq \mathbf{q}' \quad 2.37.$$

ahol \mathbf{q}' jelenti az élettani igények tekintetében meghatározott feltételek vektorát, amely egy v paramétertől, továbbá a $\bar{\mathbf{q}}$ és \mathbf{d} rögzített vektoroktól függ, és pedig

$$\mathbf{q}' = \bar{\mathbf{q}} + v\mathbf{d}, \quad 2.38,$$

ahol a $\bar{\mathbf{q}}$ az életfenntartó igényre, \mathbf{d} pedig az 1 liter tejre megszabott mennyiségi feltételeket jelenti.

A 2.35. és 2.37. mérlegfeltételek és a

$$\mathbf{x}' \geq \mathbf{0} \quad 2.39.$$

határfeltételek mellett minimalizáljuk a célfüggvényt,

$$p' = \mathbf{p}'^* \mathbf{x}', \quad 2.40.$$

ahol $\mathbf{p}'^* = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ az alaptakarmányadag összeállításánál figyelembe vett takarmányok egységnyi mennyiségeinek költségvektora.*

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy minden v -nél egy-egy különböző lineáris programozási feladattal állunk szemben, hiszen a mérlegfeltételekben szereplő \mathbf{b}' és \mathbf{q}' vektorok a v -től függenek, bár a célfüggvény e feladatoknál közös.

Jelölje p'_v a v -hez tartozó említett programozási feladat megoldása után a célfüggvény minimumára nyert értéket (pl. az adag költségét), amely tehát a v paraméter változásától függ és azt mutatja, hogy az alaptakarmány összeállításánál figyelembe vett tejmennyiség változtatásának hatására hogyan változik az alaptakarmány minimális költsége.

Ha 1 tehén normatív táplálóanyag-szükségletét vizsgáljuk, különböző tejhozam esetén azt tapasztaljuk, hogy a szükséges keményítőérték és fehérje aránya egyre szűkebb lesz.

Egy 600 kg-os tehén keményítőérték- és fehérjeszükségleti aránya különböző tejtermelés esetén a következőképpen alakul:

Tejhozam	1 g fehérje- szükségletre jutó keményítő- érték-szükséglet, g
0	10,00
1	9,13
2	8,50
3	8,01
4	7,63
5	7,32
6	7,08
7	6,86
8	6,68
9	6,53
10	6,40
11	6,28
12	6,17
13	6,08
14	6,00
15	5,92
16	5,85

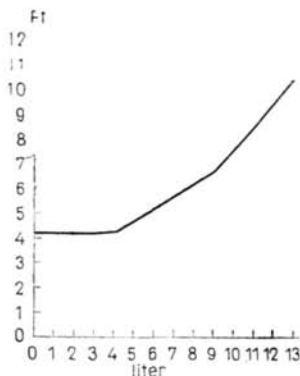
* Természetesen a célfüggvény tartalma lehet az egységnyi takarmány megtermeléséhez szükséges terület, termelési költség, a takarmányok ára vagy más mutató is.

A felsorolt adatok szerint az életfenntartó szükséglet keményítő—fehérje aránya 10 : 1, de 16 liter tej termelése esetén már 5,85 : 1-re csökken. Ennek kihatása a takarmányadag összeállításakor abban mutatkozik meg, hogy minél nagyobb az állat tejtermelése, annál inkább növelni kell az adagban a magasabb fehérjetartalmú drágább takarmányokat a kevesebb fehérjét tartalmazó olcsóbb takarmányok rovására.

Ha mindehhez hozzászámítjuk, hogy a szárazanyag-szükséglet nem függ az állat termelésétől, hanem csak a testsúly alapján rögzített intervallumban (alsó és felső határ) változhat, akkor nyilvánvaló, hogy kevesebb tejhozam esetén nagyobb arányban takarmányozhatunk fel kis táplálóanyag-koncentrációjú, de viszonylag magas szárazanyagtartalmú olcsó takarmányokat, míg több tejhozam esetén egyre inkább előtérbe kerülnek a koncentráltabb, több fehérjét tartalmazó drágább takarmányok.

A keményítő—fehérje arányának a tejtermelés növekedése folytán előálló szűkülése és a szárazanyag-tartalom alsó és felső határa tehát már eleve hat a takarmányok adagban szereplő arányaira, nem is beszélve arról, ha a takarmányarányokra vonatkozó feltételeket is úgy határozzuk meg, hogy ez a tendencia érvényesüljön.

A mai gyakorlatban is jól ismert, hogy minél magasabb tejtermelésre állítjuk össze az alaptakarmányt, annál nagyobb súllyal kell szerepeltetni az adagban jobb minőségű, nagyobb táplálóanyag-koncentrációjú, magasabb fehérjetartalmú, drágább takarmányokat. Ebből adódóan — amint látni fogjuk — az alaptakarmány költsége a figyelembe vett tejterménységi növekedésének hatására egy ideig stagnál, majd emelkedik, s az emelkedés tendenciája progresszív (1. ábra). A p'_0 tehát egy monoton növekvő konvex költ-



1. ábra. Az alaptakarmány-költségek változása a figyelembe vett tejterménységi hatására

ségfüggvény, amelynek differenciái növekvő sorozatot alkotnak.

Az alaptakarmány-adagnak és költségének a figyelembe vett tejmenyiség hatására történő változását megvizsgálva össze kell állítani egy pótabrakkeveréket, amely 1 liter tej termeléséhez elegendő táplálóanyagot tartalmaz, a takarmányarányok tekintetében megfelel az állat élettani igényeinek s a lehető legkevesbé költséges. Az ismert formulákat felhasználva a feladat matematikai modellje a következő:*

$$\begin{aligned} x'' &\geq 0 \\ A_1'' x'' &\leq b'' \\ A_2'' x'' &\geq q'' \\ p'' = p''^* x'' &\rightarrow \min. \end{aligned} \quad 2.41.$$

Ez egyszerű lineáris programozási feladat, amelyben nincs paraméter. A szimbólumok az alaptakarmány-modellnél elmondottakkal azonosak, az abraktakarmányokra vonatkoztatva.

Tekintve, hogy a pótabrakot 1 liter tej termeléséhez állítjuk össze, természetes, hogy a kapott eredményt annival kell szorozni, ahány liter tejre a pótabrakot adagolni kívánjuk. Ennek megfelelően fog alakulni a napi abrakköltség is. Mivel a pótabrakot csak az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenyiségen felüli tejhozamra adjuk, a napi pótabrakköltség a

$$p'' \cdot (V - v) \quad 2.42.$$

formulával határozható meg, ahol $p'' = 1$ liter tej előállításához szükséges abrak költsége, $V =$ a tehén napi tejhozama literben, $v =$ az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenyiség literben.

Ha a v növekszik, a $V - v$ csökken, így a $p'' \cdot (V - v)$ egy csökkenő lineáris függvény, ha azt a v növekedése szerint

* A szimbólumokat két vesszővel jelöltem, tekintve, hogy azok az abraktakarmányokra vonatkoznak.

ábrázoljuk. Így lineáris szakaszokból álló monoton növekvő konvex p'_v és egy lineáris, monoton csökkenő $p'' \cdot (V-v)$ függvényvel dolgozhatunk. Kérdés, hogy milyen v érték mellett lesz az összes költség, vagyis

$$p'_v + p'' \cdot (V - v) \quad 2.43.$$

minimális ($0 \leq v \leq V$).

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 abrakta-karmány 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.

Vizsgáljuk meg az elmondottakat egy konkrét modell alapján. Az alaptakarmány modelljét a 15. táblázatba foglaltam.

15. táblázat. Az alaptakarmány összeállításának parametrikus modellje

Lucerna x_1	Vöröshez x_2	Takarmányrépa x_3	Silókukorica x_4	Kukoricaszár x_5		$b \quad \bar{b}$ $q \quad \bar{q}$
0,840	0,840	0,127	0,270	0,820	\backslash	$12 + ov$
0,840	0,840	0,127	0,270	0,820	\backslash	$18 + ov$
0,321	0,356	0,075	0,165	0,284	\backslash	$3 + 0,25 v$
0,129	0,098	0,009	0,013	0,016	\backslash	$0,3 + 0,056 v$
-1	-1	0,07	0,07	0	\backslash	$0 + ov$
-1	-1	0,11	0,11	0	\backslash	$0 + ov$
1	1	0	0	0	\backslash	$5 + ov$
0	0	0	0	1	\backslash	$8 + ov$
0	0	0	1	0	\backslash	$25 + ov$
0	0	1	0	0	\backslash	$20 + ov$
0,800	0,800	0,280	0,160	0,060	\rightarrow	min.

A táblázat szerint a takarmányadag szárazanyag-tartalmára alsó korlátként 12, felső korlátként 18 kg van előírva, mert ennyi a számításba vett 600 kg-os élő súlyú tehén szükséglete, s ez a figyelembe vett tejmennyiségtől független. A keményítőérték 3 kg életfenntartó és literenként 0,25 kg termelő, a fehérje pedig 0,3 kg életfenntartó és literenként 0,056 kg termelő szükségletben van megadva szabvány szerint. Az élettani igényekre vonatkozó korlátok a figyelembe vett tej mennyiségétől függetlenül vannak megszabva úgy, hogy a lucerna és vörös here az adagban nem haladhatja meg a takarmányrépa és silókukorica együttes mennyiségének 11%-át, de meg kell, hogy haladja a 7%-át. További előírás, hogy az adagban a lucerna- és vöröshere-széna együttes mennyisége legfeljebb

16. táblázat. Alaptakarmány-adagok különböző tejmennyiség figyelembevétele esetén

Az alap-takarmány-ban figyelembe vett tej, liter	A napi adagban szereplő takarmányok mennyisége, kg					A napi takarmány-adag költsége, Ft	Differencia az előző taghoz, Ft
	lucerna	vörös here	takarmányrépa	silókukorica	kukoricaszár		
0	—	1,16	—	16,55	8,00	4,05	0
1	—	1,16	—	16,55	8,00	4,05	0
2	—	1,16	—	16,55	8,00	4,05	0
3	0,37	0,79	—	16,55	8,00	4,05	0
4	1,51	—	—	15,44	8,00	4,16	0,11
5	1,83	—	—	16,62	8,00	4,60	0,44
6	2,06	—	—	18,68	8,00	5,11	0,51
7	2,28	—	—	20,74	8,00	5,62	0,51
8	2,51	—	—	22,80	8,00	6,14	0,52
9	2,73	—	—	24,86	8,00	6,65	0,51*
10	3,10	—	2,35	25,00	8,00	7,55	0,90
11	3,29	—	4,88	25,00	8,00	8,48	0,93
12	3,56	—	7,40	25,00	8,00	9,40	0,92
13	3,84	—	9,93	25,00	8,00	10,33	0,93
14	4,16	—	12,83	25,00	7,47	11,37	1,04
15	4,51	—	15,96	25,00	6,63	12,47	1,10
16	4,85	—	19,09	25,00	5,80	13,57	1,10

* Kerekítésből adódik.

5 kg, a kukoricaszár legfeljebb 8 kg, a silókukorica legfeljebb 25 kg és a takarmányrépa legfeljebb 20 kg lehet. A táblázat utolsó sora 1 kg takarmány elszámolóárát tartalmazza. Cél a költség minimalizálása, amelyet számolhatunk piaci áron, önköltségen vagy elszámoló áron. Az egyszerűség kedvéért elszámoló áron számoltam.

A programozással kapott alaptakarmány-adagokat az elszámoló áron számított költségek feltüntetésével a 16. táblázat mutatja.

A táblázat szerint magasabb tejmenyiség figyelembevételével növekszik a lucernaszéna, silókukorica és takarmányrépa, de csökken a kukoricaszár mennyisége az adagban. Ennek megfelelően progresszíven nő az adag költsége. A táblázat utolsó oszlopa a p'_v differenciákat tartalmazza, ami — amint látjuk — növekvő, bizonyítva ezzel a költségfüggvény progresszív növekedését.

Érdemes megfigyelni a programozott adagok táplálóanyag-tartalmát a szükséglettel összehasonlítva (17. táblázat).

Az életfenntartó adag szárazanyag-tartalma megegyezik a szükséglet alsó határával, viszont jelentős keményítőérték- és fehérjetöbbletet tartalmaz. Ennek oka, hogy a modellben megfogalmazott feltételek között a szárazanyag-szükséglet alsó határát csak többlet-keményítőérték és fehérje esetén lehet kielégíteni. Ez viszont bizonyos tejtermelést is lehetővé tesz és ténylegesen az adag 2 liter tej termelésére is elegendő táplálóanyagot ad. Ennek tudható be, hogy az alaptakarmány-adag és költsége 1 és 2 liter tejnél megegyezik az életfenntartó adaggal. 3 liter tejnél megszűnik a fehérje-túladagolás, tekintve, hogy a fehérjetakarmány viszonylag drága. A továbbiakban, eltekintve néhány ezred grammtól, ami kerekítési hibákból adódhat, sehol nincs fehérjetúletetés.

Keményítőértékből azonban mindvégig túladagolás történik. Ennek az lehet a magyarázata, hogy bizonyos mennyiségű fehérjét akkor is érdemesebb fehérjeszegény takarmányokban adni, ha ez keményítőérték-túletetést okoz, mivel a fehérjeszegény takarmányok olcsóbbak, de adódhat a takarmányokra megszabott feltételekből is. A szárazanyag alsó korlátot 5 liter-nél lépjük túl. Ettől kezdve egyre inkább megközelítjük a száraz-

17. táblázat. A napi táplálékanyag-szükségletnek és a programozott adag táplálékanyag-tartalmának összehasonlítása különböző tejtermelésre összcálított alaptakarmány esetén

Az al- takarmány- ban figye- lembe vett tej, liter	Napi táplálékanyag- szükséglet, kg			A programozott adag tartalma, kg			Eltérés, + — kg		
	szárazanyag	keményítő- érték	fehérje	szárazanyag	keményítő- érték	fehérje	szárazanyag	keményítő- érték	fehérje
0	12—18	3,00	0,300	12,00	5,41	0,456	0	2,41	0,156
1	12—18	3,25	0,356	12,00	5,41	0,456	0	2,16	0,100
2	12—18	3,50	0,412	12,00	5,41	0,456	0	1,91	0,044
3	12—18	3,75	0,468	12,00	5,40	0,468	0	1,65	0
4	12—18	4,00	0,524	12,00	5,30	0,524	0	1,30	0
5	12—18	4,25	0,580	12,58	5,60	0,580	0,58	1,35	0
6	12—18	4,50	0,636	13,33	6,02	0,636	1,33	1,52	0
7	12—18	4,75	0,692	14,08	6,43	0,692	2,08	1,68	0
8	12—18	5,00	0,748	14,82	6,84	0,748	2,82	1,84	0
9	12—18	5,25	0,804	15,57	7,25	0,804	3,57	2,00	0
10	12—18	5,50	0,860	16,14	7,54	0,860	4,14	2,04	0
11	12—18	5,75	0,916	16,69	7,92	0,920	4,69	2,07	0,004
12	12—18	6,00	0,972	17,24	8,09	0,970	5,24	2,09	—0,002
13	12—18	6,25	1,028	17,80	8,37	1,030	5,80	2,12	0,002
14	12—18	6,50	1,084	18,00	8,54	1,080	6,00	2,04	—0,004
15	12—18	6,75	1,140	18,00	8,65	1,140	6,00	1,90	0
16	12—18	7,00	1,196	18,00	8,76	1,200	6,00	1,76	0,004

anyag felső korlátot, amit 14 liternél érünk el. A szárazanyag-szükséglet felső korlátjának elérése 14 liter tejnél arra is figyelmeztet, hogy az adott példában — ha az állat 14 liternél több tejet termel —, az alaptakarmányban figyelembe vett tej-mennyiség nem érheti el a 14 litert, hanem annál csak kevesebb lehet, mivel az ezen felül adott pótabrak, valamint a napi alaptakarmány szárazanyag-tartalma meghaladná az állattal fel-tetethető mennyiséget.

Ezen azonban segíthetünk, ha a programozást úgy végezzük, hogy az alaptakarmány szárazanyag-tartalmának felső határát 18 kg alatt szabjuk meg, pl. 17-ben. Ez esetben 14 liter tejnél olyan takarmányadagot kapunk, ami lehetővé teszi bizonyos mennyiségű abraktakarmány feletetését. Ennek lehetőségére következtethetünk abból is, hogy az adag szárazanyag-tartalma 14, 15 és 16 liternél is 18 kg. A program az adott feltételek között 16 literig volt megoldható. 17 liternél már nem kaptunk megoldást.

Az alaptakarmány-adagok programozása után egy 1 liter tej termeléséhez szükséges táplálóanyagot adó abraktakar-mány-adagot kellett összeállítani. Ennek modellje a következő:

Kukorica x''_1	Korpa x''_2		b''
0,726	0,544	\geq	0,250
0,068	0,163	\leq	0,056
1,800	1,400	\rightarrow	minimum

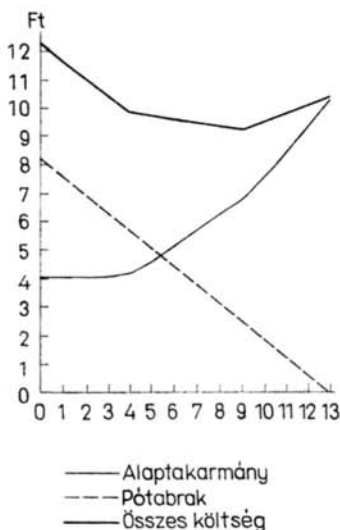
Itt a lehető legegyszerűbb modellt alkalmaztam. Lehetőség van természetesen bonyolultabb, több takarmányt igénybe vevő és a takarmányokra vonatkozó élettani korlátokat is magába foglaló modellek alkalmazására is. Az abraktakarmány modell megoldását kézi számítással végeztem. A megoldásként kapott adag és annak költsége a következő:

Takarmány	Az adag tartalma, kg	Költség, Ft
Kukorica	0,123	0,22
Korpa	0,295	0,41
Összesen	—	0,63

Most már ismerjük a p'_v függvény értékeit (16. táblázat utolsó előtti oszlopa) és a $\Delta p'_v$ értékeket (16. táblázat utolsó oszlopa), valamint ismerjük a p'' értékét (0,63 Ft).

A vizsgálatot csak v diszkrét értékeire végeztem el, s a $\Delta p'_v$ differenciákat is csak 1 liter tej differenciákra határoztam meg. Természetesen — a v elég kis differenciáit véve — tetszőleges pontossággal megközelíthetjük a folytonos függvény értékeit, aminek azonban itt nincs gyakorlati jelentősége. Láttuk, hogy 1 liter tej termeléséhez szükséges pótabrak költsége az adott esetben 0,63 Ft. Ha ezt összehasonlítjuk a 16. táblázat utolsó sorában az 1 liter tejjel vonatkozó költségdifferenciákkal ($\Delta p'_v$ -vel), látjuk, hogy 9 liter tejig az 1 liter tej termeléséhez szükséges alaptakarmány-költség kisebb, mint az 1 liter tej előállításához szükséges pótabrak-költség $\Delta p'_v < p''$,

de 10 liter felett már $\Delta p'_v > p''$, azaz 10 liter felett 1 liter tej előállítási költsége alaptakarmánnyal drágább, mint pótabrakkal. Ha például 8 liter helyett 9 liter tejjel állítjuk össze az alaptakarmányt, az csak 0,51 Ft költség-növekedést jelent, míg ha a 9-ik liter tejet pótabrakkal állítjuk elő, ez 0,63 Ft-tal emeli a napi takarmányköltséget, azaz az előbbiekhöz képest $0,63 - 0,51 = 0,12$ Ft-tal drágább. Ha azonban az alaptakarmányban figyelembe vett tejmennyiséget további 1 literrel (9 literről 10 literre) kívánnánk emelni, ez 0,90 Ft-tal emelné a költséget, tehát célszerű a 10-ik liter tejjel pótabrakot adni, ami csak 0,63 Ft költségnövekedést jelent, azaz az alaptakarmányhoz képest $0,90 - 0,63 = 0,27$ Ft megtakarítást eredményez.



2. ábra. Az alaptakarmány, a pótabrak és az összes takarmányköltség változása az alaptakarmányban figyelembe vett tejmennyiség hatására 13 liter/nap tejhozamú tehén esetében

A 18. táblázat a p'_v , $p''(V-v)$, valamint a $p'_v + p'' \cdot (V-v)$ értékeket tünteti fel 13 liter tejet adó tehénre, ha az alaptakarmányt különböző v tejmenntiségekre állítjuk össze. Az adatokat grafikusan a 2. ábra szemlélteti.

Látható, hogy a

$$p'_v + p'' \cdot (V - v) \rightarrow \text{minimum} \quad 2.44.$$

annál a legnagyobb v -nél következik be, ahol még

$$\Delta p'_v \leq p'', \quad 2.45.$$

azaz 9 liter tejnél. (Tekintve, hogy csak diszkrét értékekkel dolgozunk, a 9 liter tejet vesszük. A valóságban a pontos érték 9—10 liter között van.)

A 18. táblázat azt is mutatja, hogy az optimális ponttól való eltérés milyen hatással van az alaptakarmány-költség változására.

Külön feladat annak vizsgálata, hogy az alaptakarmány és pótabrak aránya tekintetében élettani vagy üzemi feltételek

18. táblázat. A takarmányköltség alakulása napi 13 liter tejet adó tehén esetén

Az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenntiség, v , liter	Alaptakarmány-költség, Ft p'_v	Pótabrak-költség, Ft $p'' \cdot (13-v)$	Összes költség, Ft $p'_v + p''(13-v)$
0	4,05	8,19	12,24
1	4,05	7,56	11,61
2	4,05	6,93	10,98
3	4,05	6,30	10,35
4	4,16	5,67	9,83
5	4,60	5,04	9,64
6	5,11	4,41	9,52
7	5,62	3,78	9,40
8	6,14	3,15	9,29
9	6,65	2,52	9,17
10	7,55	1,89	9,44
11	8,48	1,26	9,74
12	9,40	0,63	10,03
13	10,33	0	10,33

(pl. a takarmánykészlet adott volta) milyen szerepet játszanak. Erre itt nem térünk ki.

A gyakorlatban az alaptakarmányt több tehenre, általában egész állományra állítjuk össze. Az állományba tartozó tehenek tejhozama különböző. A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogyan lehet meghatározni az alaptakarmányban figyelembe veendő optimális tejmenntiséget adott tehenállományra. Háromféle módon járhatunk el. Az első lehetséges mód az, amikor az alaptakarmányt egyedileg etetjük. Ez esetben az előbb meghatározott optimális *v* érték alatti tejhozamú egyedek tényleges tejhozamára állítjuk össze az alaptakarmányt és ezek pótabrakot nem kapnak. Az optimális *v* feletti tejhozamú egyedeknek pedig az optimális *v* liter tejre alaptakarmányt adunk, s az ezen felül termelt tejhez szükséges táplálóanyagokat pedig pótabrakban kapják meg. *Az alaptakarmány egyedi etetése esetén a takarmány költség legkisebb volna, de az egyedi takarmányozás jelentős munka- és költségtöbblettel járhat és valószínű, hogy a több munkával járó költség meghaladná a takarmányköltség-megtakarítást. Ez a módszer tehát a gyakorlatban általában nem javasolható.*

A másik mód az, hogy az azonos tejhozamú állatokat csoportosítjuk. Ez esetben az optimális *v* érték feletti tejhozamú egyedek egy csoportot képeznek és ezek az optimális *v* liter tejre kapják az alaptakarmányt, az ezen felüli tejtermelésre pedig egyedileg pótabrakot. Az optimális *v* érték alatt termelő tehenek viszont csak alaptakarmányt kapnak, a csoportra jellemző tejhozam szerint. Ez a módszer, ha az optimális *v* érték alatt adó teheneket literenként osztjuk csoportokra, az egyedi alaptakarmányozással azonos takarmányköltséget eredményez, de a takarmány kiporciózásával járó munka — tekintve hogy nem egyedi, hanem csoportos takarmányozást végzünk — lényegesen lecsökken, hiszen pl. egy 100-as állomány esetében nem kell 100 db egyedi takarmányadagot kimérni és széthordani, hanem csak 5—6 csoport adagot. Ez a módszer esetleg a gyakorlatban is járható lehet.

A harmadik, jelenleg is alkalmazott módszer szerint az egész állomány ugyanazt az alaptakarmány-adagot kapja, és az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenntiségnél magasabb

tejhozamú tehenek egyedileg kapnak pótabrakot. Ez esetben az egyedileg meghatározott optimális v érték nem lesz az egész állományra is optimális, mert a tehenek egy része esetleg 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 takarmánypazarlást okozna, ha továbbra is az egyedileg meghatározott optimális v értékhez ragaszkodnánk és minden tehen erre a tejmennyiségre kapna alaptakarmányt. Ezért egy új, az egész állományra jellemző, illetve az egész állomány tekintetében optimális v' értéket kell megállapítani.* Hogy ez az új, az egész állomány tekintetében optimális v' mennyivel tér el az egyedileg megállapított optimális v értéktől, attól függ, hogy milyen az állomány tejhozam szerinti megoszlása.

Ha a tehénállomány minden tagjának tejhozama magasabb, mint az egyedileg megállapított optimális v érték, akkor az egész állomány tekintetében optimális v' 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 egyöntetű alaptakarmányt, s az ezen felül termelt tejre pedig egyedileg pótabrakot.

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

Ha f_i jelenti a V_i liter tejet adó tehenek számát, ($i = 1, \dots, K$), akkor a 2.43. képletet az egész állományra kiterjesztve a következő formulával határozható meg az egész állomány napi takarmányköltsége:

$$\left(\sum_{i=1}^K f_i \right) \cdot p'_{v'} + p'' \sum' f_i \cdot (V_i - v'), \quad 2.46.$$

ahol bármely v' esetén \sum' 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

* Az egész állományra optimális v értéket megkülönböztetésül vesszővel jelöltem.

2.46. formulával megfogalmazott takarmányköltség minimális lesz.

Mivel v' diszkrét értékeken fut át az alaptakarmányadagok paraméteres programozása során (bár a valóságban, amint említettük, v' folytonos változó, amit a v' értékek megfelelő törtekben való felvétele esetén tetszőleges pontossággal megközelíthetünk), a napi takarmányköltségek a $v' = 0, 1, 2, \dots$, max. V_i értékek mellett számíthatók ki, és megkeressük közülük azt, amelynél a napi takarmányköltség a legkisebb. Ezzel a problémát megoldottuk.

A továbbiakban gyakorlati példával mutatom be a módszert, kiindulva az 1 tehénre végzett programozás adataiból. Tegyük fel, hogy 3, 100—100 darabból álló tehénállományunk van. Az első állománycsoportban mind a 100 tehén az egyedileg megállapított optimális v érték (9 liter) feletti tejhozamú egyedekből áll, a második csoportban vannak 9 liter alatt és

19. táblázat. A tehénállomány megoszlása tejhozam szerint három istállóban

Tejhozam, liter	Tehénállomány, db		
	I. istálló	II. istálló	III. istálló
5		10	20
6		25	35
7		20	30
8		10	15
9		5	
10	20	10	
11	40	8	
12	30	5	
13	10	7	
Összesen	100	100	100

9 liter felett termelő egyedek, s végül a harmadik állomány kizárólag 9 liter alatti tejhozamú egyedekből áll (19. táblázat). A táblázatban feltüntetett tehénállomány átlagos tejhozama 11,3, 8,4 és 6,4 liter.

Ha egy-egy állomány valamennyi egyedére az alaptakarmány-költség görbáját egymás mellett ábrázoljuk, háromdimenziós ábrát kapunk (3. ábra).

A 2.46. formula szerint különböző v' értékekre meghatározott takarmányozási költség a 19. táblázatban feltüntetett állományokra vonatkozóan a 20. táblázat szerint alakul.

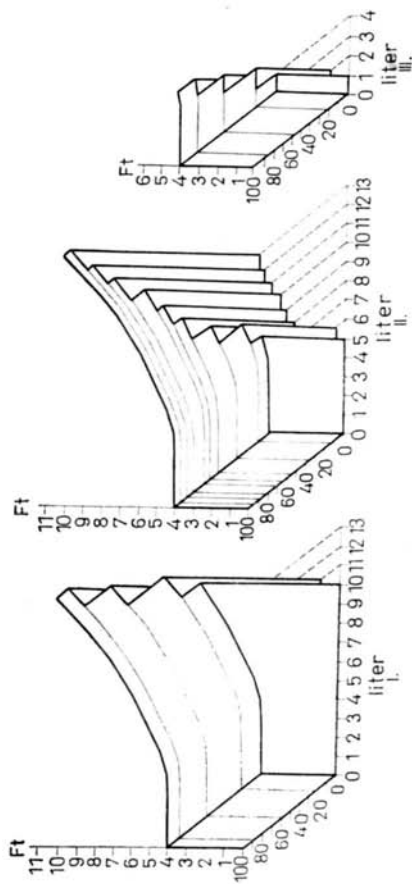
A 20. táblázat szemlélteti az alaptakarmány, pótabrak és összes takarmányköltség változását annak hatására, hogy hogyan választjuk meg az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenyiség nagyságát. Látható, hogy az első állatállomány-nál a napi takarmányköltség akkor a legkisebb, amikor az alaptakarmányt 9 liter tejre állítjuk össze (azaz $v' = 9$). Ebben az állományban minden tehén az egyedileg meghatározott optimális v értéken (9 liter) felüli tejhozamú egyedeiből áll.

A II. és III. állománycsoportnál az alaptakarmányban figyelembe veendő optimális tejmenyiség 6, illetve 5 liter. Ez azt mutatja, hogy ha olyan állományunk van, amelyben az egyedileg megállapított optimális v érték alatt termelő egyedek is vannak, akkor az egész állományra optimális v' érték az egyedinel alacsonyabb lesz, az állomány összetételétől függő mértékben.

Az alaptakarmányban figyelembe vett tej optimális mennyisége tehát az I. állománycsoportnál 9 liter, a II. és III.-nál 6, illetve 5 liter, és ebben az esetben a napi takarmányozási költség az I. csoportban 809,9 Ft, a II. csoportban 645,82 Ft, a III. csoportban 548,20 Ft.

Ha például valamennyi csoportban az átlagos tejhozamra állítanánk össze az alaptakarmányt, akkor a napi takarmányozási költség 879,5 Ft, 679,52 Ft, illetve 548,80 Ft lenne, azaz 69,60 Ft-tal, 33,70 Ft-tal, illetve 0,60 Ft-tal több, mint amikor az alaptakarmányt optimális tejmenyiségre állítjuk össze. Ez pedig 100 tehén esetén 1 év alatt 25 404 Ft, 12 300 Ft, illetve 219,00 Ft többletköltséget jelent.

Kiszámíthatjuk azt is, hogy ha az azonos tejhozamú tehene-
ket csoportosítjuk és az alaptakarmányt csoportonként adagoljuk, mennyi lesz az adott állomány napi takarmányköltsége. Ez esetben a következő eredményekre jutunk. Az I-es álló-



3. ábra. Az alaplakarmány-költség alakulása a vizsgált három állomány esetében a tejhozam függvényében az alaplakarmány egyedi esetével

20. táblázat. A napi takarmányköltség alakulása különböző v' értékek esetén a 19. táblázatban közölt állománycsoportokra

(Mc: Ft)

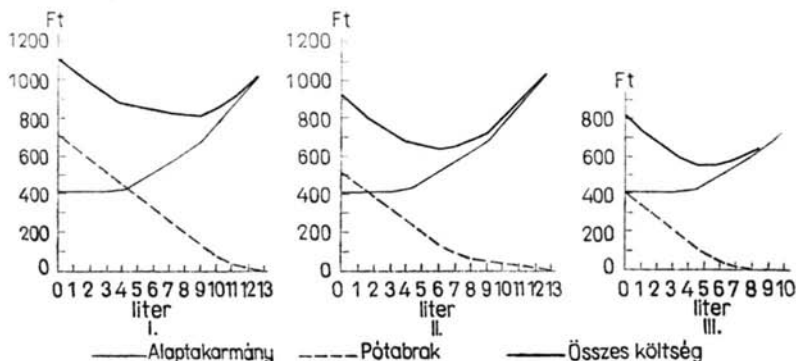
v' Tejhozam, liter	I. istálló			II. istálló			III. istálló		
	* alap- takarmány	pótabrak	összes költség	alap- takarmány	pótabrak	összes költség	alap- takarmány	pótabrak	összes költség
0	405	711,9	1116,9	405	506,52	911,52	405	403,20	808,20
1	405	648,9	1053,9	405	443,52	848,52	405	340,20	745,20
2	405	585,9	990,9	405	380,52	785,52	405	277,20	682,20
3	405	522,9	927,9	405	317,52	722,52	405	214,20	619,20
4	416	459,9	875,9	416	254,52	670,52	416	151,20	567,20
5	460	396,9	856,9	460	191,52	651,52	460	88,20	548,20
6	511	333,9	844,9	511	134,82	645,82	511	37,80	548,80
7	562	270,9	832,9	562	93,87	655,87	562	9,45	571,45
8	614	207,9	821,9	614	65,52	679,52	614	0	614
9	665	144,9	809,9	665	43,47	708,47			
10	755	81,9	836,9	755	24,57	779,57			
11	848	31,5	879,5	848	11,97	859,97			
12	940	6,3	946,3	940	4,41	944,41			
13	1033	0	1033	1033	0	1033			

mánycsoportot nem érdemes további csoportokra bontani, mivel valamennyi tehén esetében 9 liter tejre kell az alaptakarmányt adagolni. Ennél az állománynál tehát marad a napi 809,9 Ft takarmányköltség és ez nem változik semmiféle csoportosítás, sőt az alaptakarmány egyedi etetése esetén sem. A II. állományt 5 csoportra érdemes felbontani. Az első csoportba kerülnének a 9 litert és ennél több tejet adó tehenek (tehát 35 tehén). Ez a csoport 9 liter tejre kap egyöntetűen alaptakarmányt, s az ezen felül termelt tej után egyedileg pótabrakot. A második csoportba a 8 liter tejet adó tehenek (10 db) tartoznak; ezek 8 liter tejre kapnak alaptakarmányt és pótabrakot egyáltalán nem adunk számukra. Hasonlóképpen a harmadik csoportba a 7 liter, a negyedik csoportba a 6 liter és az ötödik csoportba az 5 liter tejet adó teheneket osztjuk be, s ezek 7, 6, illetve 5 liter tejre kapnak alaptakarmányt pótabrak nélkül. Könnyen kiszámítható, hogy a II. állomány napi takarmányköltsége ez esetben 623,77 Ft lenne, vagyis 22,5 Ft-tal kevesebb, mint egyöntetű alaptakarmányozás esetén. Az előbbihez hasonlóan a III. állományt 4 csoportra bonthatjuk (5, 6, 7 és 8 literes csoportok), és ezek is csak alaptakarmányt kapnának a csoportra jellemző tejhozam szerint. A napi takarmányköltség ez esetben 531,55 Ft volna, azaz 16,65 Ft-tal kevesebb, mint egyöntetű alaptakarmányozás esetén.

Hogy érdemes-e az állományt csoportokra bontani, az nemcsak a költségmegtakarítás és a csoportokra bontásból eredő többlet arányától függ, hanem természetesen attól is, hogy milyen gyakran kell a teheneket átcsoportosítani és az milyen hatással lenne a tehenek tejtermelésére. A tehenek átcsoportosítása ugyanis az állattenyésztési szakemberek szerint általában a termelés visszaesésével jár. Ez a visszaesés gyakori átcsoportosítások esetén olyan mérvű lehet, hogy az így előállott terméscsökkenés és a csoportos alaptakarmányozással járó többletköltség meghaladja a csoportos alaptakarmányozással elért költségmegtakarítást. Legcélszerűbbnek látszik tehát az egész állomány részére azonos alaptakarmányadagot megállapítani az állományra optimális v' liter tej termelésére, s az ezen felüli tejtermeléshez szükséges táplálóanyagot egyedileg pótabrakban kell megadni. A 20. táblázatban feltüntetett napi alaptakarmány, pótabrak

és összes takarmányköltség alakulását különböző alaptakarmány esetén jól szemlélteti a 4. ábra.

Felmerül azonban a kérdés, hogy gyakorlatilag a módszer alkalmazása gazdaságos-e, tekintve, hogy a számítás elektronikus számítógépekkel óránként körülbelül 1500 Ft-ba kerül és a számításokat minden takarmányváltozás alkalmával el kell végezni. *A módszer alkalmazásának gazdaságosságát az befolyásolja, hogy milyen hosszú ideig etetünk azonos takarmányadagokat*



4. ábra. A takarmányköltségek alakulása a vizsgált három tehéncsoport esetében az alaptakarmányban figyelembe vett tejmenyiség függvényében

(vagyis milyen gyakran változtatjuk azokat) és milyen nagyságú az állomány. Ha a napi megtakarítás 100 tehenre 69,60 Ft, 33,70 Ft, 0,60 Ft és az adag 30 napig nem változik, akkor a költségmegtakarítás 2088 Ft, 1011 Ft, illetve 18,00 Ft. Az első állománynál tehát 72 tehen esetében is kifizetődik a számítás, a második állománycsoportnál 148 tehenből álló állomány esetén éri el a megtakarítás a költséget, a harmadik állománynál az átlag és az optimum alig tér el. A valóságban azonban ennél jóval többet is megtakaríthatunk, mert az alaptakarmányadagok programozása eleve azt jelenti, hogy azok is a lehető legkisebb költséget igénylik. Hasonló a helyzet az abraktakarmány programozásával is.

Tapasztalatom szerint a takarmányadagok programozása a hagyományosan összeállított takarmányadagokkal szemben 5—20%-os költségmegtakarítást jelent. Ha 5% költségmegtakarítást is a programozás javára írunk és úgy számoljuk ki az átlagos és optimális tejhozamra adott alaptakarmány esetén keletkező költségkülönbséget, az a 19. táblázatban feltüntetett állományok esetén napi 113,6 Ft, 67,67 Ft, illetve 28,04 Ft, azaz 30 napot számolva, az első állománycsoportnál 3408 Ft, a másodiknál 2030 Ft, a harmadiknál 841,2 Ft költségmegtakarítást jelent a hagyományos módszerrel szemben. Így az első állománynál 44, a második állománynál 74 tehén esetében is gazdaságos a számítások elvéggeztetése, a harmadik csoportnál pedig 180 tehénből álló állomány esetén haladja meg a költségmegtakarítás a számítási költséget.

III. A TAKARMÁNYTERMELÉS MEGTERVEZÉSÉNEK MÓDSZERE LINEÁRIS PROGRAMOZÁSSAL

A II. rész a takarmányfelhasználás gazdaságos tervezésének módszerét vázolta. A takarmányfelhasználás gazdaságosságát nagymértékben meghatározza, hogy milyen takarmányok vannak az üzemben, mennyi ezek mennyisége és egymáshoz való aránya. Ha az üzemben levő takarmányok mennyisége és aránya megközelíti az optimálist, akkor a takarmányfelhasználás programozásával az optimális felhasználási tervet is meg tudjuk közelíteni. Ebből adódóan a takarmánygazdálkodás fontos követelménye, hogy a takarmányok termelése és külső forrásból való beszerzése a lehető legjobban megközelítse az optimálist. E tekintetben igen fontos a takarmánytermelési terv optimalizálása. A gyakorlatban ez a probléma úgy vetődik fel, hogy megtervezzük a takarmánytermelést, ahol természetesen figyelembe vesszük a takarmányeladásokat és a takarmányvásárlásokat is, majd a takarmányok megtermelése után a tényleges termelési eredmények alapján megtervezzük a takarmányfelhasználást, mely a takarmányeladás és takarmányvásárlás végleges tervét is adja. Ebben a fejezetben tehát a takarmánytermelés optimális megtervezéséről lesz szó.

A takarmánytermelés megtervezése történhet úgy, hogy egy időszakra (pl. 1 évre) előre egyedi takarmányadagokat állítunk össze a takarmány várható változása alapján felbontott időszakaszokra. Ezeknek a takarmányozási napokkal súlyozott összege adja a várható takarmányigényt. Ez az eset meg egyezik a II. rész 1. fejezetében kifejtett módszerrel, de mivel itt nem a meglevő takarmányok felhasználása, hanem a takarmánytermelés megtervezése a cél, sok sajátos kérdés vetődik fel. Ezekkel a problémákkal foglalkozik a III. rész 1. fejezete.

Megtervezhető a takarmánytermelés a II. rész 2. fejezetében kifejtett módszer segítségével is, de a termelés tervezése ez esetben is felvet speciális problémákat. Ezekkel a III. rész 2. fejezete foglalkozik.

A III. rész 3. fejezete egy kevesebb munkát igénylő, de kevésbé pontos módszert mutat be, amelyet a takarmánytermelés globális módszerének nevezek. Végül a 4. fejezet néhány, a takarmánytermelés tervezése során felmerülő speciális problémával foglalkozik.

Bár a takarmánytermelés szakosításának problémája is a takarmánytermelés témaköréhez tartozik, jelentőségénél és speciális jellegénél fogva ezt a IV. részben elkülönítve tárgyalom.

1. A TAKARMÁNYTERMELÉS MATEMATIKAI MEGTERVEZÉSE EGYEDI TAKARMÁNYADAGOK ALAPJÁN

A II. rész 1. fejezetében összefoglaltam a takarmányadagok programozása során felmerülő mérlegfeltétel-típusokat és határfeltételeket. Ezek a feltételek érvényesek az e fejezetben tárgyalandókra is. Amíg azonban ott a takarmányadagok összeállítását az üzemben meglevő takarmánykészlet alapján végeztük el, itt azzal az esettel foglalkozunk, amikor az üzemben még nincsenek meg a takarmányok, s éppen azt kell eldönteni, hogy hogyan szervezzük meg a takarmánytermelést, valamint a takarmányok eladását és vásárlását, hogy az üzemben megfelelő készletek legyenek.

A tervezési időszakot több takarmányozási időszakra bontjuk attól függően, hogy a termelendő takarmányok mikor kerülnek betakarításra és meddig használhatók fel takarmányozásra. E tekintetben a takarmányokat két csoportba sorolhatjuk. Az egyik csoportba tartoznak azok a takarmányok, amelyek hosszú ideig tárolhatók nagyobb veszteségek nélkül (abrakfélék, szénák, szalmák), ezért egész éven át etethetők. Ezekből annyi készletet kell az üzemnek tartálékolnia, hogy a szükséges mennyiség az egész tervezési időszakban (pl. 1 év) elég legyen, sőt ezekből kell képezni a takarmánytartalékot

is. A másik csoportba az időszakos takarmányok tartoznak, melyek nem tárolhatók, ezért nem is etethetők hosszú ideig, hanem etetésük csak egy meghatározott időszakban lehetséges. (Ilyen takarmányok a különféle zöldtakarmányok, takarmányrépa, burgonya, kukoricaszár stb.) Ezekből a takarmányokból tehát annyi készletet kell tárolni, amennyit az optimális időtartam alatt feletetünk.

Ennek alapján először azt kell meghatározni, hogy mely takarmányok mikor kerülnek betakarításra és meddig, milyen állattal etethetők. Célszerű ezt grafikusan is ábrázolni a zöld futószalagnál általában használt ábrázolási formában. Az így elkészített ábra alapján könnyen feloszthatjuk a tervezési időszakot takarmányozási időszakokra valamennyi állatcsoportnál úgy, hogy egy takarmányozási időszakasz a takarmányváltozások időpontjai közötti időtartamokat foglalja magába. Most már csak az a feladat, hogy állatcsoportonként minden takarmányozási időszakaszra takarmányadagot állítsunk össze, s az így kapott eredményeket besorozzuk a tervezett takarmányozási napok számával. A takarmányozási időszakaszok terveinek összegezése állatcsoportonként megadja az illető állatcsoport takarmányszükségleti tervét az egész tervezési időszakra (pl. 1 évre), ha pedig az állatcsoportonkénti tervet összegezzük, megkapjuk az egész állomány takarmányszükségleti tervét.

A probléma tehát tulajdonképpen takarmányadagok összeállítására szűkült le, amelynek módszerét a II. rész 1. fejezetéből már ismerjük. Mivel azonban itt nem a meglevő készlet felhasználásáról van szó, hanem a termelés megtervezéséről, több olyan speciális probléma adódik, amely indokolja a részletesebb tárgyalást.

Ilyen probléma például a célfüggvény tartalma. A termelés megtervezésekor saját termelésű takarmányoknál célfüggvényünk általában nem a takarmány ára, hanem a termelési költség vagy a takarmánytermelés területigénye. Probléma a melléktermékek kezelése mind a célfüggvény, mind pedig a mérlegfeltételek összeállítása tekintetében. Ugyancsak megoldandó a kettős termelés számításbavétele. A termelés tervezése során számolni kell általában bizonyos takarmányvásár-

lással is (ipari melléktermékek, takarmánykeverékek stb.). Ezeknél a célfüggvény csakis az ár lehet. Hogyan lehet azonban a saját termelésű és vásárolt takarmányokat együtt kezelni, ha azok célfüggvény-koefficiense minőségileg különbözik stb. Ez a fejezet e tekintetben foglalja össze a megoldási lehetőségeket, természetesen nem zárva ki, hogy a bemutatandó megoldásoktól eltérő módszerek is lehetségesek. A felmerült problémák tárgyalásmódja a fokozatos megközelítést tartja szem előtt, kiindulva a legegyszerűbb esetből, haladva a teljes megoldás felé.

A legegyszerűbb eset az — ami a gyakorlatban csak bizonyos állatcsoportoknál, egy-egy időszakaszban található meg —, ha a takarmányadagot kizárólag saját termelésű főtermék-takarmányokból kell összeállítani, tehát sem melléktermék, sem pedig kettős termelés nincs. (Pl. nyári időszakban, ha kizárólag zöldtakarmányokat etetünk, vagy télen, ha kizárólag saját termelésű főtermék-takarmányokat etetünk.) Induljunk ki először ebből az egyszerű esetből.

Legyen feladat egy 600 kg élő súlyú tehén napi takarmányadagjának összeállítása életfenntartásra és 7 liter tejre. Az adagot háromféle takarmányból (silókukorica, lucernaszéna és takarmányrépa) kell összeállítani. Követelményünk az adaggal szemben, hogy annak szárazanyag-tartalma 12–18 kg között legyen, s legalább 4,8 kg keményítőértéket és 0,7 kg fehérjét tartalmazzon. Megszabjuk még azt, hogy a lucernaszéna nem lehet több az adagban 5 kg-nál. Az adagot azonban úgy kell összeállítani, hogy az a lehető legkevesebb területen legyen megtermelhető, vagyis célfüggvényünk az adag megtermeléséhez szükséges terület minimálása.

A fentiek alapján összeállított modellt a 21. táblázatban foglaltam össze. A modell megoldásának eredményét a 22. táblázat mutatja.

A megoldás szerint a modell feltételei 2 takarmánynövény-nyel is teljesíthetők, tehát a takarmányrépa nem került be az adagba. Amennyiben ennek etetéséhez ragaszkodunk, a modellbe be kell iktatni egy újabb feltételt, amely előírja, hogy a takarmányrépa bizonyos mennyiségben szerepeljen az adagban. A lucernaszéna csak 2 kg-mal szerepel, tehát nem

21. táblázat. Takarmányadag-modell saját termelésű fő takarmányokból*

Megnevezés	Változók			Jel	Korlát x_0
	siló- kuko- rica x_1	lucerna- széna x_2	takar- má- ny- répa x_3		
Száranyag maximum	0,280	0,840	0,131	$\begin{matrix} \backslash \\ \backslash \\ \backslash \\ \backslash \\ \backslash \end{matrix}$	18
Száranyag minimum	0,280	0,840	0,131		12
Keményítőérték minimum	0,150	0,321	0,081		4,8
Fehérje minimum	0,012	0,129	0,006		0,7
Lucernaszéna maximum	0	1	0		5
Területszükséglet, m ²	0,383	3,83	0,338	→	minimum

* A modellbe természetesen több feltétel is beépíthető a II.1. szerint

volt szükséges a modellben annak felső határát megszabni. Az ilyen mérlegfeltételeket, amelyeket a program nem merít ki, nem valódi mérlegfeltételeknek nevezzük [14]. Ezek elhagyása ugyanis a program eredményét nem befolyásolja.

A 22. táblázat szerint a napi adag területszükséglete 21,78 m². Ha a tehánállomány 100 állat és a takarmányadagot 30 napon keresztül kívánjuk etetni, akkor 42 360 m² (7,36 kh) silókukoricát és 22 980 m² (3,99 kh) lucernát kell termelni.

22. táblázat. A saját termelésű fő takarmánynövényekből álló modell megoldásának eredménye

Megnevezés	Az adag tartalma				Terület- igény, m ²
	takar- má- ny	szár- any- ag	kemé- nyítő- érték	fehérje	
	kg				
Silókukorica	36,87	10,32	5,53	0,44	14,12
Lucernaszéna	2,00	1,68	0,64	0,26	7,66
Takarmányrépa	0	0	0	0	0
Összesen	—	12,00	6,17	0,70	21,78

A bemutatott egyszerű modell további következtetésekre és megjegyzésekre ad lehetőséget. Az adag összeállításánál 3 takarmányt vettünk alapul. Ebből 2 takarmány szárazanyag-tartalma viszonylag alacsony, keményítőérték és fehérje aránya pedig viszonylag tág, azaz kis táplálóanyag-koncentrációjú, fehérjeszegény takarmány. Egy takarmány viszont (lucerna) magas szárazanyag-tartalmú és keményítőérték — fehérje aránya szűkebb. A silókukorica és takarmányrépa 1 kg-jának megtermeléséhez viszonylag kisebb, a lucernaszéna 1 kg-jának megtermeléséhez viszonylag nagyobb terület szükséges. Az 1 m² területen megtermelhető mennyiségek a különböző táplálóanyagokból a következők (kg):

Takarmány	Szárazanyag	Keményítő- érték	Fehérje
Silókukorica	0,73	0,39	0,031
Lucerna	0,22	0,08	0,034
Takarmányrépa	0,39	0,24	0,018

A szárazanyag- és keményítőérték-termelés tekintetében tehát legkevésbé területigényes takarmány a silókukorica, a fehérje tekintetében pedig a lucernaszéna. A takarmányrépa fehérje tekintetében terület szempontjából a legigényesebb, szárazanyag és keményítőérték tekintetében viszont a lucernánál kedvezőbb, de a silókukoricánál sokkal rosszabb. Ebből adódóan természetes, hogy a szárazanyag- és keményítőérték-szükséglet kielégítésében elsősorban a silókukorica jön számításba, a fehérje tekintetében pedig a lucernaszéna, mert ekkor lesz valamennyi táplálóanyag a legkevesebb terület-felhasználással megtermelhető. A szárazanyag alsó határának kielégítése azonban akkor volt legolcsóbb, ha az adag jelentős keményítőérték-többletet tartalmaz, tekintve, hogy a silókukorica szárazanyag — keményítőérték aránya szűkebb, mint a normatív szükségleté. Ez az oka annak, hogy az adag jelentős keményítőérték-többletet tartalmaz.

Meg kell még jegyezni, hogy amennyiben a takarmányrépát szerepeltetni kívánjuk az adagban, nem kell az egész számítást megismételni, hanem a feladat az előbbi számításból gyors és egyszerű módon megoldható. Természetesen számolni kell

azzal, hogy a takarmányrépa szerepeltetése az adagban növeli a célfüggvény értékét, azaz az adag megtermeléséhez szükséges területet. Ennek mértékét az előző program megoldása mutatja.

Ha a keményítőérték-szükségletet nem akarjuk ilyen mértékben túlfedezni, akkor az arra vonatkozó mérlegfeltételt egyenlőség alakjában adhatjuk meg, vagy beépíthetünk a modellbe egy olyan mérlegfeltételt, amely a keményítőértéket felülről egy meghatározott mennyiségben korlátozza. Ebben az esetben is számolnunk kell a területszükséglet növekedésével.

Az előbbi egyszerű eset, amelynél a programban csak saját termelésű főtakarmányok szerepelnek, a gyakorlatban — amint említettem — ritkán fordul elő. A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy a saját termelésű főtermékek mellett hogyan szerepeltetjük a modellben a melléktermékeket.*

Legegyszerűbb lenne a melléktermékeket takarmánytartálékként kezelni, mert akkor nem kellene velük számolni, hanem csak a főtermékeket vennénk alapul az előzőekben elmondottak szerint.

Egyszerű lenne a probléma akkor is, ha a melléktermékeket kizárólag az az állat fogyasztaná, amely az illető főterméket, és kizárólag abban a takarmányozási időszakaszban. Ekkor ugyanis a melléktermékek vagy a főtermékekkel együtt szerepelnének (pl. a kukorica vektora az 1 kg kukorica megtermelésével nyerhető kukoricaszár táplálóanyag-tartalmát is tartalmazná), amikor is a fő- és melléktermék felhasználása arányos volna. Ha ehhez nem ragaszkodunk (pl. megengedjük, hogy a melléktermékek egy részét vagy az egészet felhasználatlanul hagyjuk), akkor eljárhatunk úgy, hogy pl. a kukoricát a programban két változó képviseli, egyszer fő- és melléktermék együtt, egyszer pedig csak a főtermék (ebben az esetben a melléktermék egy része felhasználatlanul maradhat). Végül pedig beiktathatunk a programba egy főtermék- és egy melléktermék-változót és ezek arányát meghatározó mérlegfeltételt. (Pl. a kukoricaszár-felhasználás nem lehet több, mint a szemes kukorica μ -szorosa, ahol a μ jelenti az 1 kg szemes kukorica

* A tárgyalás itt csak a fő takarmánynövények melléktermékeire terjed ki.

után nyerhető kukoricaszárát.) Előbbi esetben a két kukorica-változó célfüggvény-koefficiense azonos, utóbbi esetben a mellékterméket zérussal célszerű a célfüggvényben szerepeltetni és az összes ráfordítást (területet vagy költséget) a főterméknél elszámolni.

A mellékterméket nemcsak a főterméket felhasználó állat (vagy éppen nem az) fogyasztja, és nemcsak a főtermék felhasználásának időszakában használjuk fel. Például a sertés-állomány részére termelt kukorica után nyert kukoricaszárát a szarvasmarhával etetjük fel, de a sertés számára júniusra termelt kukorica után nyert kukoricaszárát is májusig fel kell használni. Bonyolítja a kérdést az is, ha a melléktermékek felhasználási módja különböző lehet, pl. a kukoricaszárát szárazon vagy silózva is etethetjük. A probléma megoldása igen nehéz, sőt bizonyos mértékben pontatlan is.

Legközelebb visz talán a megoldáshoz a következő módszer:

Elkészítjük állatsoportonként az előzőekben említett takarmány-futószalag ábrát valamennyi állatsoportra, s ennek alapján állatsoportonként meghatározzuk a takarmányozási időszakaszokat. Minden szakaszra egy-egy takarmányadag-programot kell készíteni. Először azokat az állatsoportokat, illetve takarmányozási időszakaszokat programozzuk, amelyeknél mellékterméket nem használunk fel. A főtermékek célfüggvény-koefficiensei az egész ráfordítást tartalmazzák, a melléktermékek 0 koefficienset kapnak. Ezután programozzuk azokat az állatsoportokat, illetve időszakokat, amelyekben melléktermékeket is felhasználunk. E programokban is a melléktermékek zérussal, a főtermékek pedig teljes ráfordítással vannak a célfüggvényben. A célfüggvény-koefficiensek ilyen megszabása természetesen előnyös a melléktermékeket felhasználó állatsoportok, illetve időszakaszok számára, ezért ha a programok eredményeit az állattenyésztés arányainak programozásánál felhasználjuk, ezt ott korrigálni kell, vagy pedig a modellben a teljes ráfordítást eleve megfelelő arányban szét kell osztani a fő- és melléktermékek között.

A melléktermékeket felhasználó állatsoportnál, illetve takarmányozási időszakaszokban a programban a melléktermék felhasználására vonatkozó mérlegfeltételeket úgy kell

megszabni, hogy azokban figyelembe vesszük az előző programok alapján rendelkezésre álló mellékterméket és a soron következő programban megtermelendő melléktermék mennyiségeket. Legyen például az előző programok alapján 120 q kukoricaszárunk. A soron következő program 100 állatra készül 30 napos takarmányozási időszakra, vagyis 3000 takarmányozási napra. A kukoricát mint főterméket x_1 , a kukoricaszárat mint mellékterméket x_2 -vel jelöljük; 1 kg kukorica után 2 kg kukoricaszárat nyerünk. A kukoricaszár fogyasztására beiktatjuk a következő mérlegfeltételt:

$$x_2 \leq 4 + 2x_1 \quad 3.1.$$

A 3.1. mérlegfeltétel megszabja, hogy az 1 takarmányozási napra felhasználható kukoricaszár nem lehet több, mint az előző adagok alapján 1 takarmányozási napra még felhasználható kukoricaszár + a jelen adagban megtermelt kukorica után nyerhető kukoricaszár. Ha például a program megoldásában $x_1 = 1$, vagyis az adag 1 kg kukoricát használ fel, úgy az adagban felhasználható kukoricaszár mennyisége $4 + 2 \cdot 1 = 6$ kg lesz.

Ha a kukoricaszárat silózva vagy anélkül is feletethetjük, akkor a programnak arra is választ kell adnia, hogy hány kg kukoricaszárat etessünk silózva, és mennyit anélkül. Ha most x_3 jelenti a silózott kukoricaszárat, a 3.1. feltételünk a következőképpen módosul:

$$x_2 + x_3 \leq 4 + 2x_1 \quad 3.2.$$

A 3.2. feltétel meghatározza, hogy a szárazon etetett kukoricaszár és a silózott kukoricaszár együttes felhasználása nem lehet több, mint az előző programok alapján meglevő és a soron levő program által megtermelt kukoricaszár-mennyiség. Természetesen, ha pl. a kukoricaszár besilóztatása bizonyos veszteséggel jár, akkor az x_3 elé megfelelő koefficiens kerül, amely a veszteséget is tartalmazza. Ha célfüggvényünk a termelési költség, úgy a melléktermékek betakarítási, illetve előkészítési költségükkel szerepelhetnek.

A fenti feltételek mellett természetesen az illető melléktermékre az élettani igényt kifejező mérlegfeltételt is be kell

programozni. Amennyiben a 3.1., illetve a 3.2. mérlegfeltételekben az előző programok alapján a melléktermékmennyiség olyan nagy, hogy ennek teljes felhasználása az élettani korlátok alapján nyilvánvalóan lehetetlen (pl. 1 takarmányozási napra 50 kg kukoricaszár jut), akkor a programba elegendő csak az élettani korlátok beiktatása. Ebből az következik, hogy a 3.1. és 3.2. típusú feltételeket nem kell végig figyelembe venni, csak akkor, amikor már az előző programokból adódó melléktermék- „készlet” az élettani korlátok alá csökken.

A kukoricaszárhoz hasonlóan vesszük figyelembe a többi takarmány-főtermék után nyerhető melléktermékeket is.

Az árunövények után visszamaradt mellékterméket, illetve az árunövények alapján nyerhető ipari eredetű takarmányokat az árunövény termelési tervéből kapjuk és mint készlettel számolunk velük. Ha ezek átvétele nem kötelező, vagy eladhatók, akkor azokat a piaci forgalomban szereplő főtermékekhez hasonlóan kezeljük. Ugyanígy kezelhetjük a takarmány-főtermékek után nyerhető, piaci forgalomba kerülő melléktermékeket is.

A melléktermék kezelésével kapcsolatban egy egyszerű modellt mutatok be. A modellt a 23. táblázat szemlélteti. A 21. táblázatban foglalt modelltől abban különbözik, hogy a

23. táblázat. A melléktermék beépítése a programba, külön korlátozással

Megnevezés	Változók				Jel	Korlát x_0
	siló- kuko- rica x_1	lucerna- széna x_2	takar- mány- répa x_3	kuko- rica- szár x_4		
Szárazanyag maximum	0,280	0,840	0,131	0,820	\leq	18
Szárazanyag minimum	0,280	0,840	0,131	0,820	\geq	12
Keményítőérték	0,150	0,321	0,081	0,284	\leq	4,8
Fehérje	0,012	0,129	0,006	0,016	\leq	0,7
Lucernaszéna	0	1	0	0	\leq	4
Kukoricaszár	0	0	0	1	\leq	8
Takarmányszükséglet m^2	0,383	3,83	0,338	0	\rightarrow	minimum

kukoricaszárát mint mellékterméket is figyelembe veszi, amelyre azonban csak élettani korlátot tartalmaz (maximum 8 kg). A lucernaszénából felhasználható mennyiséget viszont 4 kg-ban szabja meg.

A 23. táblázatban feltüntetett modellben célfüggvényként továbbra is a terület minimalizálása szerepel.

A kukoricaszár célfüggvény-koefficiense 0. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a program szempontjából annak sincs akadálya, hogy itt bizonyos területigényt szerepeltessünk (pl. a kukoricatermeléshez felhasznált területet valamilyen arányban megosszuk a fő- és melléktermékek között). Ha azonban feltételezzük, hogy az üzemben az egyáltalán feleltethető mennyiségen felül van kukoricaszár (és — mondjuk —, az nem adható el), számunkra a fel nem használt kukoricaszárnak nincs értéke. Bonyolultabb a probléma abban az esetben, ha a kukoricaszár eladható, de célunk a terület minimalizálása. Ez esetben ugyanis a kukoricaszár bevonása a programba azt jelenti, hogy bizonyos pénzbevételtől elesünk, de bizonyos mennyiségű területet nyertünk.

Felvetődik az a kérdés, hogy a kukoricaszár által felszabadított terület vagy a kukoricaszár ára értékesebb-e számunkra. Ennek eldöntéséhez mindenekelőtt meg kell határozni, hogy a kukoricaszár által felszabadított területen milyen növényt (vagy növénykombinációt) kívánunk termelni és ennek során 1 Ft jövedelem előállításához mekkora területet kell felhasználni. Ha e területszükségletet f -fel, a kukoricaszár egységárát p -vel jelöljük, akkor a kukoricaszár területi koefficiense $p \cdot f$, ami azt jelenti, hogy ezen a területen a kukoricaszár 1 kg-jának árával azonos jövedelmet tudunk elérni. Ha viszont célfüggvényünk a termelési költség, akkor a kukoricaszár célfüggvény-koefficienseként annak árát is beírhatjuk.

A célfüggvénnyel kapcsolatban itt elmondottak megértéséhez, úgy vélem, nem szükséges a modellt bemutatni. Ehelyett inkább térjünk vissza a 23. táblázatban felépített modellhez, amelynek eredményét a 24. táblázat tartalmazza.

A melléktermék felhasználását tehát érdemes a megengedhető határig fokozni. Ezzel értékesebb takarmányokat takarítunk meg, s növeljük az adag gazdaságosságát.

24. táblázat. A program eredménye a melléktermék külön korlátozása esetén

Takarmány	Takarmány	Száraz- anyag	Keményítő- érték	Fehérje	Terület- igény, m ²
	kg				
Silókukorica	9,20	2,58	1,38	0,11	3,52
Lucernaszéna	3,58	3,01	1,15	0,46	13,71
Takarmányrépa	0	0	0	0	0
Kukoricaszár	8,00	6,56	2,27	0,13	0
Összesen	—	12,15	4,80	0,70	17,23

Mivel a kukoricaszár célfüggvény-koefficiense legkisebb (zérus), így etetése leggazdaságosabb, mert semmiféle ráfordítást nem jelent, természetesen, hogy az adagban a táplálóanyag-korlátok és élettani igények korlátain belül a lehető legnagyobb mennyiségben szerepel. Ez az előző modellhez képest nagymértékben csökkentette a silókukorica mennyiségét az adagban, de megemelkedett a lucernaszéna mennyisége, ami a táplálóanyag-szükséglet kielégítése miatt volt szükséges. A program eredménye egyébként eleget tesz a 23. táblázatban megfogalmazott követelményeknek.

A melléktermékek kezelése úgy is történhet, hogy egy modellben vesszük figyelembe a tömegtakarmányokat és abraktakarmányokat. Ez esetben a tömegtakarmányok és abraktakarmányok arányát, valamint a fő- és melléktermékek arányát meghatározó mérlegfeltételeket építünk be a modellbe.

A melléktermékek kezelésével kapcsolatban leírt módszernek természetesen vannak bizonyos hiányosságai.

Először is igen sok munkát igényel és sok modell megoldását teszi szükségessé. Másodszor, ha kevés a melléktermék, nem biztos, hogy annak elosztása a különböző állatcsoportok és takarmányozási időszakaszok között optimális, mivel az elosztás a programok megoldásának sorrendjében történik.

A takarmánytermelésnek egyedi takarmányadagok alapján történő megtervezése során a melléktermékekhez hasonló probléma a kettős termelés figyelembevétele. Ez azt jelenti,

hogy egyazon területen kétféle takarmányt termelünk egymás után — pl. őszi keverék után silókukoricát, őszi árpa után csalamádét stb. —, de a két növény által hasznosított terület egymást meghatározza, pl. őszi keverék után csak annyi silókukoricát vehetünk, amennyi az őszi keverék területe volt. Ez azonban a programozás során a melléktermékekhez hasonlóan kezelhető, pl. előbb azokat az adagokat programozzuk, amelyben az őszi keverék szerepel, azután az őszi keverék után termelhető silókukoricát figyelembe vevő programokat oldjuk meg. Itt azonban korlátként szerepel az előbbi programok megoldása alapján termelhető mennyiség. A célfüggvénykoefficienseket úgy határozzuk meg, hogy az illető növény-párok a ráfordítást arányosan viseljék. (Pl. a szükséges területet megfelelő arányban elosztjuk a két termék között, a termelési költség tekintetében pedig mindegyik termék viseli a vele kapcsolatos költségeket, plusz a közös költségeket megfelelő arányban.) Természetesen most is felmerül annak lehetősége, hogy a másodterméket vagy annak egy részét biztonsági tartalékként kezeljük.

A takarmányellátást általában nem alapozzuk kizárólag saját termelésű takarmányokra, hanem bizonyos takarmányvásárlásokat és takarmányeladásokat is figyelembe vesszük. A takarmányeladások megtervezésétől azonban a továbbiakban eltekinthetünk, feltételezve, hogy azokat árunövényként tervezzük meg. A takarmányvásárlásokat azonban feltétlenül számításba kell venni.

Amennyiben célfüggvényünkben az ár szerepel, akkor a vásárolt takarmányok nem okoznak különösebb gondot a modell felépítésében, hiszen itt a saját termelésű takarmányok is piaci árakkal (szállítási költséget is beszámítva) szerepelnek. Legfeljebb arra kell rávilágítanunk, hogy esetleg szükséges lehet a modellbe speciális felhasználási korlátokat beépíteni. Például, ha valamely saját termelésű takarmány nem szerepel áruforgalomban, beépítünk a modellbe egy olyan feltételt, amely ennek teljes felhasználását előírja. Egy olcsóbb, vásárolt takarmány felhasználása lehetővé teszi egy saját termelésű, drágább, de el nem adható takarmány megtakarítását, s ezzel látszólag az adag költsége csökken. Valójában azon-

ban nem nyerünk vele, mivel a megtakarított takarmány tönkremegy, s így növeli az üzem költségeit. Ugyancsak speciális korlátot kell beépíteni a korlátozott mennyiségben beszerezhető takarmányokra (felső korlát), vagy esetleg a „kényszerbeszerzésekre”^{*} vonatkozóan.

A vásárolt takarmányok programozása akkor sem probléma, ha célfüggvényünk a termelési költség. Az előbbihez képest csak annyi változás történik, hogy a célfüggvényben nem az ár, hanem saját termelésű takarmányok esetében a termelési költség, vásárolt takarmányok esetében pedig a bekerülési ár szerepel.

Természetesen a vásárolt takarmány árában a szállítási költség is benne foglaltatik.

Ha azonban célfüggvényként a terület minimalizálását vesszük, akkor a vásárolt takarmányok árát terület-koefficiensre kell átszámítani (vagy viszont), hogy a célfüggvény-koefficiensök egyneműek legyenek. Ez ugyanazon az alapon történhet, mint azt az előzőkben a kukoricaszárnál láttuk. A vásárolt takarmányokhoz hasonlóan vesszük figyelembe a takarmánykeveréket is.

Takarmánykeverékek alkalmazása során elvileg a következő esetek lehetségesek:

a) Tisztán takarmánykeveréket etetünk. Ez esetben nincs szükség üzemi programozásra, hanem magát a takarmánykeveréket kellene programozni.

b) Meghatározott mennyiségű takarmánykeveréket etetünk, kiegészítve gazdasági takarmányokkal. Ez esetben úgy járhatunk el, hogy az állat táplálóanyag-szükségletéből levonjuk a takarmánykeverékben levő táplálóanyagmennyiségeket, s a fennmaradó szükségletre készítünk programot.

c) A takarmánykeveréket csak mint lehetőséget vesszük számításba, s a programozástól várjuk annak eldöntését, milyen mennyiségben szerepeltessük azt az adagban. Ez esetben a takarmánykeveréknek önálló változója van.

^{*} Ezen olyan lehetséges esetet értek, hogy például valamely ipari növény után a gyár mellékterméket adna vissza az üzemnek meghatározott áron, s ennek megváltása kötelező.

Utóbbi esetben azonban az a probléma, hogy a modellben a takarmánykeverék jó élettani hatását hogyan tudjuk érvényesíteni. Legegyszerűbb megoldás e tekintetben az, ha a takarmánykeverék felhasználására egy élettanilag indokolt alsó korlátot írunk elő. Bonyolultabb, de pontosabb megoldás az — feltéve, hogy a takarmánykeverékben szereplő készítmények korlátlanul beszerezhetők és biztosítva van az üzemben azok szakszerű tárolása, keverése és felhasználása —, ha a programban a takarmánykeverék mellett a különböző készítmények is szerepelnek — célfüggvényben azok áraival — és a szükségleti oldalon meghatározzuk az ezek iránti szükségletet. Az ilyen modell arra is választ ad, hogy a takarmánykeverékek beszerzése vagy a különböző készítmények beszerzése a gazdaságosabb. Természetesen figyelembe kell itt venni az üzemben történő keverés költségeit is.

A takarmánytermelés egyedi takarmányadagok segítségével való megtervezésének legnagyobb hátránya, hogy azon túl, miszerint igen sok apró modell megoldását, elemzését és összesítését teszi szükségessé, nem tudja megfelelően figyelembe venni a termelés munka- és eszközigényességét. Ezáltal nem kapunk olyan tervet, amely megfelel az üzemben takarmánytermelésre fordítható munkaerő és termelési eszközök mennyiségének, s így nem biztosítható azok optimális elosztása sem. A munkaerő és eszköz figyelembevétele a duális feladatok elemzésével, s ennek alapján azok újraelosztásával megvalósítható lenne ugyan, de ez valamennyi modell többszöri kiszámítását tenné szükségessé, ami jelentősen megnövelné a tervezés munkaigényességét.

A munkaerőt és az eszközigényt itt legfeljebb úgy lehet viszonylag egyszerű módon számításba venni, hogy a programok összeállítása után a kapott takarmánytermelési szerkezet munkaerő- és eszközigényét egybevetjük azoknak az üzemben takarmánytermelésre rendelkezésre álló mennyiségeivel. Ennek alapján a takarmányadag-modellekben a növényarányokra előírt korlátozó feltételeket úgy módosítjuk, hogy azok újbóli kiszámítása a rendelkezésre álló munkaerőnek és eszközöknek megfelelően. Ez azonban — tekintve, hogy a korlátozó feltételek módosítása lényegében szubjektív alapokon történik — nem bizto-

sítja a rendelkezésre álló munkaerő és eszközök optimális elosztását a programok között. Jobban meg tudjuk közelíteni az optimális elosztást ebben az esetben is, ha a korlátozó feltételek módosításánál az egyes programok duális megoldását, az árnyékárakat is figyelembe vesszük. Természetesen nem szükséges az egyes programok valamennyi növényaranyokra vonatkozó korlátozó feltételeit módosítani, csak azokat, amelyek a program eredményének elemzése során indokoltak látszanak.

Miután a takarmánytermelés egyedi takarmányadagok összeállításával történő tervezésének legfontosabb problémáit elvileg áttekintettük, *egy leegyszerűsített vizsgálat eredményét mutatom be*, amely a Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában készült. A vizsgálat lényegében megegyezik a II. rész 1. fejezetében ismertetettel, vagyis csak az 1. táblázatban feltüntetett állatcsoportokra vonatkozik és csak 1 hónapot (február) vesz alapul. A modellek összeállításánál itt is csak a szárazanyagot, keményítőértéket és fehérjét számítottam, eltekintve a vitaminoktól, aminosavaktól és ásványi anyagoktól, feltételezve a sav—bázis egyensúly utólagos kialakítását. Az egyszerűség kedvéért a fő- és melléktermékek összhangba hozásától is eltekintettem, mivel annak figyelembevétele csak akkor lenne reális, ha a vizsgálat egész évre kiterjedne. Tekintve, hogy a vizsgált időszakban etetett takarmányok között kettős termelésben termelt takarmányok nincsenek, ezeket nem kellett figyelembe venni. Takarmánykeveréket az üzem a vizsgált időszakban nem etetett, a vásárolt takarmányokkal viszont számoltam. A program eredményét össze kívántam hasonlítani a gazdaság tényadataival. Mivel azonban a gazdaság egyes takarmányadagjainak táplálóanyag-tartalma eltér a normatív szükséglettől, itt is két programsorozatot készítettem: egyiket a szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglettel, másikat pedig a gazdaságban használt táplálóanyag-adagolással (lásd II. rész 1. fejezetében ismertetettek).

Tekintve, hogy most nem a takarmányfelhasználás tervezése volt a feladat, hanem a takarmánytermelés megtervezése, célfüggvényünk nem a takarmányadagok árösszegének mini-

malizálása, hanem azok megtermeléséhez szükséges terület minimalizálása. Az 1 kg takarmány megtermeléséhez szükséges területigény azonban csak a saját termelésű takarmányoknál ismeretes (ezt az átlagtermés adataiból ki tudjuk számítani). Ennek fő- és melléktermékre való szétosztása mindig függ az adott helyzettől is. Ezt elkerülvén, a területigényt teljesen a főtermékre terheltem, a melléktermékeket pedig ugyanúgy, mint a vásárolt takarmányokat, elszámoló áron értékeltem. (Természetesen ugyanígy szerepelhettek volna a tényleges áron is.)

A vásárolt takarmányok és melléktermékek elszámoló árait — hogy a célfüggvény-koefficienseket közös nevezőre hozzam — területre számítottam át. Alapnak a kukoricát vettem, de épp így vehettem volna bármely növényt, amelyet a gazdaság a megtakarított területen termelni szándékozik. Vagyis a vásárolt takarmányok és melléktermékek célfüggvény-koefficiensei azt fejezik ki, hogy hány négyszögöl kukoricát kellene a gazdaságban termelni ahhoz, hogy annak elszámoló ára megegyezzen az illető vásárolt takarmány vagy melléktermék elszámoló árával. A termelési költség és jövedelmezőség figyelembevételétől eltekintettem, mivel módszertani vizsgálatom csupán a terület és forint közös nevezőre hozását tekintette fő céljának. Itt azonban rá kell mutatni, hogy nemcsak az elszámoló ár, de a tényleges ár és a jövedelmezőség is hasonlóképpen figyelembe vehető és hasonló módon kezelhető.

A gazdaságban termelt főtermék-takarmányok átlagtermései a következők voltak:

kukorica	26,11	q/kh
árpa	15,26	„
lucernaszéna	26,64	„
silókukorica	219,04	„
takarmányrépa	261,70	„

A programozás során figyelembe vett takarmányokat és azok elszámoló árait, a gazdaságban a vizsgált időszakban etetett takarmányadagokat, a figyelembe vett állatcsoportok által a vizsgált időszakban felhasznált összes takarmánymennyiség-

geket a II. rész 1. fejezetében megadott módon számítottam. A 4. táblázatban láttuk a gazdaság takarmányadagjainak táplálóanyag-tartalmát a szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglettel összehasonlítva.

A különböző takarmányok célfüggvény-koefficiensei (saját termelésű főtermékeknel az átlagtermésből számított, vásárolt takarmányoknál és melléktermékeknel a leírtak alapján számított területigény) a következők voltak:

kukorica	0,613	□öl/kg
árpa	1,048	„
zab	0,613	„
korpa	0,443	„
olajpogácsa	0,681	„
lucernaszéna	0,601	„
borsószalma	0,061	„
kukoricaszár	0,020	„
silókukorica	0,073	„
takarmányrépa	0,061	„
répaszelet	0,017	„

25. táblázat. A programozás eredménye a szabvány szerinti tápláló-Agrártudományi Főiskola Gazdaságában

Állatcsoport	Kuko- rica	Árpa	Zab	Korpa	Olaj- pogácsa
	k i l o -				
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Termelő pótabrak 1 liter tejre	0,17	—	—	0,15	0,08
Úszó választástól 1 évig	0,82	—	—	0,20	0,20
Úszó 1—2 éves	0,31	—	—	0,20	0,30
Hízómarha	1,56	—	—	0,50	0,50
Igásló	2,00	—	0,65	—	—

Természetesen az elszámoló árak torzító hatása az így átszámított terület-koefficiensekben is jelentkezik, de a tényleges áraknak ugyanígy volna torzító hatása.

A szabvány szerinti táplálóanyag-szükségletet fedező modellek megoldásának eredményeként kapott takarmányadagokat és azok területigényét, valamint a gazdaság takarmányadagjainak területszükségletét a 25. táblázat tartalmazza. Eszerint a programozással — a hízó marha kivételével, ahol a gazdaság hiányosan takarmányozott — megtakarítás érhető el, s ez esetenként igen jelentős.

A vizsgált időszak alatt igényelt területet a gazdasági adagok alapján felmerült területigénnyel összehasonlítva a 26. táblázat mutatja. A táblázatból kitűnik, hogy a programozás eredménye a vizsgált 1 hónapos időszakban 19 298 □öl (12,06 kh) terület megtakarítása.

A 27. táblázatban hasonlítjuk össze a takarmányadagok összesítése által kapott takarmányfelhasználási tervet a gazdasági és a programozott takarmányadagok alapján takarmány-

anyag-szükségletek alapján a terület minimalizálásával a Debreceni

Lucerna-széna	Borsó-szalma	Kukorica-szár	Silókukorica	Takarmányrépa	Répa-szelet	Területszükséglet, □-öl	A gazdaság eredeti terület-szükséglete, □-öl
gramm							
4,00	3,00	10,00	10,76	0,64	—	3,61	4,31
—	—	—	—	—	—	0,23	0,23
0,78	2,00	—	11,57	5,00	—	2,68	4,01
1,16	2,00	2,82	13,00	7,00	—	2,73	4,09
4,00	2,00	4,73	10,00	—	13,00	5,09	4,64
0,96	—	5,00	—	15,00	—	3,22	6,08

26. táblázat. A szabvány szerinti táplálóanyagokat figyelembe vevő programok területigényeinek összehasonlítása a gazdaság adataival

Állatcsoport	1 havi takarmányozás szükséglete, □-öl		
	a gazdaság adagja alapján	programozott adag alapján	megtakarítás
Tehén-alaptakarmány	58 245	48 786	9 459
Termelő pótabrak	11 339	11 339	—
Úszó választástól 1 évig	11 280	7 539	3 741
Úszó 1—2 éves	12 217	8 155	4 062
Hízó marha	17 493	19 189	—1 696
Igásló	7 934	4 202	3 732
Összesen	118 508	99 210	19 298

félék szerint úgy, hogy a saját termelésű fő takarmányoknál a területigényt, a vásárolt takarmányoknál és melléktermékek-nél pedig az elszámoló áron számított költségigényt tüntetjük fel. A 27. táblázatból megállapítható, hogy a gazdaságban milyen termelési terv oldja meg a vizsgált állománycsoportok február havi takarmányozását, és milyen lesz emellett a melléktermék és vásárolt takarmányok felhasználása. Figyelemre méltó, hogy általában csökken a saját takarmány termelése és növekszik a melléktermékek és vásárolt takarmányok aránya. Ez az elszámoló árak arányaiból adódik. Különösen megnövekszik az olcsó melléktermékek, és — az olajpogácsa kivételével — az ipari melléktermékek aránya.

A programozás eredményeként 25 580,69 □-öllel (15,98 kh) kevesebb területet kell takarmánytermelésre felhasználni, viszont az elszámoló áron számított melléktermékek értéke 16 165,88 Ft-tal növekszik. Mivel a kukorica által elszámoló áron számítva 1 Ft-ot 0,34 □-öl területen nyerhetünk, a 16 165,88 Ft elszámolóár-többletet 5496,40 □-öl (3,43 kh) kukorica termelésével pótolhatjuk, így a tiszta területmegtakarítás 20 084,29 □-öl (12,55 kh) lesz a programozás javára. Ezenfelül számításba kell venni, hogy a program kiküszöböli az elégtelen takarmányozást is.

27. táblázat. A takarmánytermelési és vásárlási terv összehasonlítása a gazdaság adataival szabvány szerinti táplálóanyag-szükséglet programozásával

Takarmány	Gazdasági tény		
	menyiség, q	terület, □-öl	költség (elszámoló áron), Ft
Kukorica	250,63	15 363,62	—
Árpa	—	—	—
Zab	—	—	—
Korpa	59,16	—	7 690,80
Olajpogácsa	79,83	—	15 966,00
Lucernaszéna	919,01	55 232,50	—
Borsószalma	165,01	—	2 970,18
Kukoricaszár	1377,50	—	8 265,00
Silókukorica	2760,51	20 151,72	—
Takarmányrépa	2507,34	15 294,77	—
Répaszelet	377,00	—	1 885,00
Összesen	8495,99	106 042,61	36 776,98

Takarmány	Programozott		
	menyiség, q	terület, □-öl	költség (elszámoló áron), Ft
Kukorica	201,05	12 324,37	—
Árpa	—	—	—
Zab	8,48	—	1 526,40
Korpa	104,40	—	13 572,00
Olajpogácsa	72,88	—	14 576,00
Lucernaszéna	760,48	45 704,85	—
Borsószalma	596,82	—	10 742,76
Kukoricaszár	1679,20	—	10 075,20
Silókukorica	2544,88	18 577,62	—
Takarmányrépa	631,98	3 855,08	—
Répaszelet	490,10	—	2 450,50
Összesen	7090,27	80 461,92	52 942,86

28. táblázat. A programozás eredménye a gazdaság által biztosított Debreceni Agrártudományi Főiskola Gazdaságában

Állatcsoport	Kuko- rica	Árpa	Zab	Korpa	Olaj- pogácsa
	kilo-				
Tehén-alaptakarmány	—	—	—	—	—
Termelő pótabrak 1 liter tejre	0,19	—	—	0,15	0,06
Üsző választástól 1 évig	0,82	—	—	0,20	0,20
Üsző 1—2 éves	0,31	—	—	0,20	0,30
Hízó marha	—	—	—	0,50	0,50
Igásló	2,00	—	0,65	—	—

Ha a programozás során a gazdaság elégtelen takarmányozását is figyelembe vesszük, akkor a programozás eredményeként a 28. táblázat szerinti takarmányadagokat kapjuk. A táblázat feltünteti a programozott adagok területigényét a gazdasági adagok területigényével összehasonlítva. Látható, hogy

29. táblázat. A gazdaság adagjaiban levő táplálékanyagokat figyelembe vevő programok területigényének összehasonlítása a gazdaság adataival

Állatcsoport	1 havi takarmányozás szükséglete, □-ól		
	a gazdaság adagja alapján	programozott adag alapján	megtakarítás
Tehén-alaptakarmány	58 245	48 786	9 459
Termelő pótabrak	11 339	10 846	493
Üsző választástól 1 évig	11 280	7 539	3 741
Üsző 1—2 éves	12 217	8 155	4 062
Hízómarha	17 493	12 705	4 788
Igásló	7 934	4 202	3 732
Összesen	118 508	92 233	26 275

táplálóanyagokat figyelembe véve a terület minimalizálásával a

Lucer- nászéna	Borsó- szalma	Kuko- rica- szár	Siló- kuko- rica	Takar- mány- répa	Répa- szelet	Terület- szükséglet, □-öl	A gazdaság eredeti terület- szüksége, □-öl
g r a m m							
4,00	3,00	10,00	10,76	0,64	—	3,61	4,31
—	—	—	—	—	—	0,22	0,23
0,78	2,00	—	11,57	5,00	—	2,68	4,01
1,16	2,00	2,82	13,00	7,00	—	2,73	4,09
2,62	2,00	7,70	10,00	—	13,00	3,37	4,64
0,96	—	5,00	—	15,00	—	3,22	6,08

most a programozás valamennyi állatcsoportnál megtakarítást eredményezett.

A különböző állatcsoportoknál a vizsgált időszakban felmerült területigényt a gazdasági adatokkal összehasonlítva a 29. táblázat mutatja. Jól látható, hogy a programozás 26 275 □-öl (16,41 kh) terület megtakarítását eredményezte.

A 30. táblázat a takarmányadagok összesítésének eredményeit hasonlítja össze a gazdasági adagokkal. Itt is megmutatkozik a vásárolt takarmányok és melléktermékek arányának növekedése. A programozás eredménye, hogy 31 708,33 □-öllel (19,81 kh) kevesebb területet kell takarmánytermelésre felhasználni, viszont a melléktermék és vásárolt takarmányok felhasználása elszámoló áron számítva 14 865,70 Ft-tal növekszik, amely összeg az előbbi módon számolva 5054,34 □-öl (3,16 kh) kukorica termelésével helyettesíthető (a kukoricát is elszámoló áron számolva). A programozás eredményeként elért tiszta területmegtakarítás tehát 26 653,99 □-öl (16,66 kh) lesz. Ha ezen a területen kukoricát termelünk, elszámoló áron számítva 78 299 Ft termelési értéket kapunk.

30. táblázat. Takarmánytermelési és -felhasználási terv összehasonlítása a gazdaság adataival a gazdasági adag táplálóbanyag-tartalmát figyelembe vevő programozással

Megnevezés	Gazdasági tény		
	menyiség, q	terület, □-ól	költség (elszámoló áron), Ft
Kukorica	250,63	15 363,62	
Árpa	—		
Zab	—		
Korpa	59,16		7 690,80
Olajpogácsa	79,83		15 966,00
Lucernaszéna	919,01	55 232,50	
Borsószalma	165,01		2 970,18
Kukoricaszár	1377,50		8 265,00
Silókukorica	2760,51	20 151,72	
Takarmányrépa	2507,34	15 294,77	
Répaszelet	377,00		1 885,00
Összesen	8495,99	106 042,61	36 776,98

Megnevezés	Programozott		
	menyiség, q	terület, □-ól	költség (elszámoló áron), Ft
Kukorica ...	152,10	9 323,73	
Árpa	—		
Zab	8,48		1 526,40
Korpa	104,40		13 572,00
Olajpogácsa .	63,02		12 604,00
Lucernaszéna	708,45	42 577,85	—
Borsószalma	596,82		10 742,76
Kukoricaszár	1791,17		10 747,02
Silókukorica	2544,88	18 577,62	—
Takarmányrépa	631,98	3 855,08	—
Répaszelet	490,10		2 450,50
Összesen	7091,40	74 334,28	51 642,68

Újra alá kell húzni, hogy a bemutatott vizsgálat módszer-tanilag érdemel figyelmet. Annak eldöntése, hogy a mellék-termékeket milyen célfüggvény-értékkel vegyük figyelembe (a terület arányos megosztásával fő- és melléktermékek kö-zött, zérussal, elszámoló vagy tényleges áron, szállítási költ-ség kalkulálásával vagy anélkül), illetve, hogy a fő- és mellék-termékek arányát hogyan állapítsuk meg, mindig az adott helyzettől és annak közgazdasági elemzésétől függ. Hasonló a helyzet a vásárolt (illetve vásárolandó) takarmányokkal kapcsolatban is.

2. A TAKARMÁNYTERMELÉS MEGTERVEZÉSE AZ EGÉSZ ÁLLOMÁNY EGYSZERRE TÖRTÉNŐ FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

A III. rész 1. fejezetében láttuk, hogy a takarmánytermelés egyedi takarmányadagok alapján való megtervezése sok kisebb modell megoldását teszi szükségessé, nagyon aprólékos munkát igényel és rendkívül megnehezíti a melléktermékek, a kettős termelés, valamint az üzemben rendelkezésre álló munkaerő és termelési eszközök figyelembevételét. Előnye azonban, hogy viszonylag kis modelleket kell megoldanunk, ami kézi számológépekkel is lehetséges. A felmerült nehézségek ellenére is szükséges volt a kérdés ilyen módon való tárgyalása, mert ezáltal rámutathattunk bizonyos problémákra, másrészt tisztázhattunk bizonyos, a továbbiakban is felmerülő kérdéseket.

A továbbiakban tárgyalandók módszertanilag a II. rész 2. fejezetben leírtakkal egyeznek meg, azzal a módosítással, hogy most nem a meglevő takarmány felhasználása, hanem a takarmánytermelés megtervezése lesz a cél. Ezek a problémák azonban lényegesen kibővítik a 2.33. alatt megfogalmazott modellt.

A most ismertetésre kerülő módszer előnye, hogy a vizsgált időszakban alkalmazásra kerülő takarmányadagokat egyszerre veszi figyelembe, lehetővé teszi a melléktermékek és főtermékek arányának, valamint a kettős termelés arányainak megnyugtató kezelését, valamint azt, hogy a progra-

mozás során figyelembe vesszük a takarmánytermeléshez rendelkezésre álló munkaerőt és termelési eszközöket.

Hátránya a tárgyalásra kerülő módszernek, hogy igen nagy modell megoldását teszi szükségessé.

A modell elkészítésének kiinduló fázisa megegyezik az előző fejezetben leírtakkal. Itt is először egy takarmány-futószalagot készítünk el, s ennek alapján állatcsoportonként a vizsgált időszakot takarmányozási időszakaszokra osztjuk fel. A következőkben összeállítjuk az egyedi takarmányadagokra modelljeinket úgy, hogy azok mérlegfeltételei fedezzék az illető állatcsoportoknál az 1 takarmányozási napra szabvány szerint előírt táplálóanyag-szükségletet, s a különböző takarmányok mennyiségeit és arányait az adagban az élettani szükségletnek megfelelően korlátozzák. Az egyedi modellek felépítésénél a II. rész. 1. fejezetében ismertetett formulákat vesszük tekintetbe. Az egyedi takarmányadagok mérlegfeltételeit, amint azt a 2.29. formulában láttuk, a

$$\begin{aligned} A_1^{kr} x^{kr} &\geq b^{kr} \\ A_2^{kr} x^{kr} &\geq q^{kr} \end{aligned} \quad 3.3.$$

rövid alakban írhatjuk fel. (A jelölések értelme a 2.29. formulával azonos.)

A továbbiakban az egyedi takarmányadag modelleket egy nagyobb modellbe foglaljuk össze a 2.33.-ban bemutatott átlós irányban.

Ezután következik az így megkonstruált nagy modell továbbépítése a következők szerint:

Mindenekelőtt kidolgozzuk azokat a mérlegfeltételeket, amelyek előírják, hogy a különböző melléktermékekből — ha azok nem vásárolhatók — nem használhatunk fel többet, mint amennyi a megoldás eredményeként az illető melléktermékhez kapcsolódó saját termelésű főtermék mennyisége után nyerhető.

Ha tehát x_j^{kr} jelenti a j -edik fő- és x_l^{kr} az ehhez kapcsolódó „ l -edik” melléktermék mennyiségét, amelyet a k -edik állatcsoportnál az r -edik takarmányidőszakban szerepeltetünk az adagban, és az u kifejezi, hogy 1 kg főtermék termelése

hány kg mellékterméket eredményez, s^{kr} pedig a k -adik állatcsoport takarmányozási napjainak számát az r -edik időszakban, akkor az illető fő- és melléktermékre vonatkozóan a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} x_l^{kr} s^{kr} \leq \sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} u x_j^{kr} s^{kr} \quad 3.4.$$

mérlegfeltételt iktatjuk be.

A 3.4. mérlegfeltétel egyenlőség formájában is megfogalmazható, ha a melléktermék teljes felhasználására törekszünk. Mivel azonban tervezésről van szó, ennek nincs értelme, s a felhasználni nem tervezett melléktermékek biztonsági tartalékként tekinthetők. A 3.4. egyenlőség alakjában történő meghatározása egyébként gátolhatná az illető főtermék felhasználásának kiterjedését is. Ha az illető melléktermék vásárolható és eladható, úgy a 3.4. mérlegfeltételre nincs szükség.

A melléktermékekhez hasonlóan kezeljük a kettős termelést is, vagyis ezekre vonatkozóan szintén a 3.4. alatt megfogalmazott mérlegfeltétel típusokat alkalmazhatjuk.

A következőkben a modellbe beépítjük a vásárolható takarmányokra, ipari melléktermékekre és keveréktakarmányokra vonatkozó mérlegfeltételeket. E tekintetben az alábbiak lehetnek irányadók:

a) Ha valamely takarmány korlátlan mennyiségben vásárolható, ennek felhasználására mérlegfeltételeket nem írunk elő. Ezek felhasználható mennyiségeit csak az egyedi adagokba beépített élettani feltételek korlátozzák.

b) Ha az illető takarmány korlátlanul beszerezhető ugyan, de valamilyen gazdasági indok alapján beszerzését korlátozni kívánjuk, akkor az így indokolható mennyiségre felső korlátot építünk be.

c) Ha korlátozott valamely takarmány beszerzése, akkor az előreláthatólag beszerezhető mennyiségben korlátozzuk annak mennyiségét.

d) Ha valamely takarmányból egy pontosan meghatározott mennyiséget kell beszereznünk, s annál sem többet, sem kevesebbet nem szerezhethünk be, s az el nem adható, akkor

az ennek volumenére vonatkozó mérlegfeltételünket egyenlőség alakjában építjük be a modellbe.

e) Ha az illető takarmányból egy bizonyos mennyiséget feltétlenül be kell szereznünk, de ennél több is beszerezhető, úgy ezt a mennyiséget alsó korlátként vesszük figyelembe.

f) Előfordulhat egy olyan speciális eset is, hogy egy bizonyos mennyiséget valamely takarmányból feltétlenül be kell szerezni (pl. szerződésileg köteleztük magunkat erre), ezen felül nem kívánunk ebből vásárolni, de nem is ragaszkodunk annak teljes felhasználásához, hanem egy részét szívesen eladnánk, viszont eladni csak a beszerzési árnál olcsóbban tudjuk. Ez esetben az illető takarmányra két változót állítunk be. Egyik az illető takarmány felhasználását jelenti, a másik viszont azt mutatja, hogy az illető takarmány beszerzett mennyiségéből mennyit adunk el. Utóbbi változó nem jelent takarmányozási tevékenységet és célfüggvény-koefficiense ellenkező előjelű, azaz nem költségnövelő, hanem költségcsökkentő. Erre a takarmányra be kell építeni egy mérlegfeltételt, amely megszabja, hogy a felhasznált és továbbadott takarmánymennyiség egyenlő kell legyen a kötelező beszerzés mennyiségével.

Ha tehát a x_j^{kr} a j -edik vásárolható takarmány ipari melléktermék vagy keveréktakarmány mennyiségét jelenti, amelyet a k -edik állatcsoporttal az r -edik időszakban ($r = 1, 2, \dots, z_k$, $k = 1, 2, \dots, N$) etetünk és azt q_i ($i = 1, 2, \dots, m$) mennyiségben korlátozzuk [a b) és c) pontban foglaltak szerint], akkor (s^{kr} -rel jelölve a takarmányozási napok számát a k -edik állatcsoportnál az r -edik időszakban) a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} s^{kr} x_j^{kr} \leq q_i \quad 3.5.$$

mérlegfeltételt kapjuk; ha pontosan előírjuk a beszerzendő mennyiséget [d) szerint], akkor a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} s^{kr} x_j^{kr} = q_i \quad 3.6.$$

mérlegfeltételt; ha alulról korlátozzuk a beszerzendő mennyiséget [e] szerint], akkor pedig a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} s^{kr} x_j^{kr} \geq q_i \quad 3.7.$$

mérlegfeltételt építjük be a modellbe.

Az f) pontban leírt speciális esetben pedig, ha a x_j^{kr} -ből $x_j'^{kr}$ mennyiséget adunk el, akkor a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} (s^{kr} x_j^{kr} + s^{kr} x_j'^{kr}) = q_i \quad 3.8.$$

mérlegfeltételt iktatjuk a modellbe.

Most tovább építjük a modellt és kidolgozzuk azokat a mérlegfeltételeket, amelyek előírják, hogy a takarmánytermelésre ne használjunk fel több munkaerőt és termelési eszközt, mint amennyi abból az üzemben takarmánytermelésre rendelkezésre áll.

Mindenekelőtt el kell határozni, hogy milyen termelési eszközöket veszünk a modellben figyelembe. Kiterjedhet a vizsgálat az erőgépekre, esetleg azok típusonkénti megoszlására, munkagépekre, istállótrágyára, műtrágyára, növényvédőszerekre stb. A munkaerő és gépek vonatkozásában figyelembe vesszük az idényszerűséget, amikor is a belőlük meglevő mennyiségeket pl. havi bontásban adjuk meg. A takarmánytermelésre rendelkezésre álló munkaerő és termelési eszközök mennyiségét megkapjuk, ha az üzemben levő mennyiségből levonjuk a többi ágazat igényét (árunövénytermelés, állattenyésztés stb.).

Ezután kidolgozzuk a különböző takarmányok termelésének technológiáit, amelyek tartalmazzák az egyes takarmányok egységnyi mennyiségeinek termeléséhez szükséges munkaerőt és termelési eszközöket. Természetesen a vásárolt vagy vásárolt és továbbadott takarmányok is igényelnek munkaerőt és szállítóeszközöket, tehát ezekre is tekintettel kell lenni.

Most már megfogalmazhatjuk a munkaerőre és termelési eszközökre vonatkozó mérlegfeltételeket. Ha például az i -edik

hónapban meglevő munkaerőt S_i -vel jelöljük, a k -adik állatcsoport által az r -edik időszakban etetett j -edik takarmányegységnyi mennyisége által az i -edik hónapban igényelt munkaerőt pedig g_{ij}^{kr} -vel, akkor az i -edik hónapban a munkaerőre vonatkozó mérlegfeltételünk a

$$\sum_{k=1}^N \sum_{r=1}^{z_k} \sum_{j=1}^n s^{kr} g_{ij}^{kr} \leq S_i \quad 3.9.$$

formában fogalmazható meg. Hasonlóképpen építjük be a modellbe az i -edik hónapban az erőgépekre, szállítógépekre, esetleg munkagépekre vonatkozó mérlegfeltételeket is, valamint a különböző olyan termelési eszközöket, amelyeknél nincs idényszerűség.

A modell célfüggvényének közgazdasági tartalma különböző lehet. Legcélszerűbb talán a területszükséglet vagy a termelési költség minimalizálását célként tekinteni.

A melléktermékek, kettős termelés, valamint a vásárolandó takarmányok és takarmánykeverékek célfüggvény-koefficienseire vonatkozóan a III. rész 1. fejezetében elmondottak lehetnek irányadók. Természetesen itt is lehetővé válik több célfüggvény egyszerre történő alkalmazása is.*

A modell eredményeként — ha a változók 1 kg takarmányra vonatkoznak, a kis modellek mérlegfeltételei pedig 1 takarmányozási napra — takarmányadagokat kapunk. Ezeket a megfelelő állatcsoportnak a megfelelő takarmányozási időszakaszra tervezett takarmányozási napjainak számával beszorozva, majd ezeket összesítve kapjuk az egész üzem tervezett takarmány-felhasználását. Ebből már kiolvashatjuk a takarmánytermelési tervet és azt, hogy előreláthatólag milyen takarmányvásárlással kell számolni.

Az így felépített modell terjedelme igen nagy. Ha például az üzemben csak 10 takarmányozási állatcsoport van, s ezeknél átlag 10 takarmányozási időszakot határozunk meg átlag mindegyikben 10 takarmánynövénnyel, 4 táplálóanyagkorlással és 6 élettani korlással számolva, csak a kis modellek

* Lásd az V. részt.

összerakása 1000 mérlegfeltételt jelent 1000 ismeretlennel. Ha ezeket még 10 takarmányarányokra vonatkozó mérlegfeltétellel, valamint 12 munkaerőre, 24 erőgéptípusra (két típus 12 hónapra), 12 szállítókapacitásra és 12 egyéb termelési eszközre vonatkozó mérlegfeltétellel kapcsoljuk össze, akkor egy 1000 ismeretlenes, 1070 mérlegfeltételt tartalmazó modellhez jutunk. Ennek megoldásához azonban nagyteljesítményű elektronikus számítógép szükséges. A modell most is felbontható blokkokra, így a kétszintű tervezés itt is alkalmazható és lehetővé teszi a probléma optimális megoldásának tetszés szerinti megközelítését.

3. A TAKARMÁNYTERMELÉS MATEMATIKAI TERVEZÉSE „GLOBÁLIS MÓDSZERREL”

A III. rész 1. és 2. fejezetében kifejtett módszer alaposabb és részletesebb tervezés ugyan, de igen sok munkát igényel. Kérdés, hogy van-e értelme az ilyen sok munka és fáradtság árán való részletes tervezésnek? Ha tervezett adataink bizonytalansága csekély mértékű volna, ez a probléma fel sem merülne, tekintve, hogy a takarmánytermelés tervezésének eredménye lényegében a takarmány tényleges felhasználási terve is lehetne és nem kellene a takarmányfelhasználás tervezését a II. részben leírt módon elvégezni. Terveink azonban a megvalósítás során az időjárás és egyéb tényezők hatására jelentősen módosulnak, s a tényleges takarmányfelhasználást újra meg kell tervezni a tényleges adatok alapján. Ebből következően célszerűbb úgy eljárni, hogy a takarmánytermelési tervet csak „globális” módszerrel, a fő arányokat szem előtt tartva készítjük el, majd pedig a tényleges adatok alapján elkészítjük a takarmányfelhasználás részletes tervét.

Ebben a fejezetben a takarmánytermelés gazdaságos tervezésének „globális” módszerével foglalkozunk, amely jelenleg is minden technikai felszerelés nélkül alkalmazható, kézi számológéppel is elvégezhető számolási munkát igényel és gyakorlatilag kielégítő, illetve a jelenlegi tervezési módszer-nél sokkal jobb eredmény elérését teszi lehetővé. Igaz, hogy

itt nem „grammnyi” pontossággal tervezünk, de az alapadatok biztonságos tervezésének hiányában erre nincs is szükség.

A takarmánytermelés „globális” tervezésekor mindenkéltől az állományváltózási terv és az állati termékek termelési terve alapján meg kell tervezni az állatállomány évi táplálóanyag-szükségletét. Ezzel egyidőben kell megtervezni a különböző takarmányok vagy takarmánycsoportok mennyiségeire és arányaira vonatkozó követelményeinket is. Ez alatt természetesen nem azt értjük, hogy a különböző takarmányokból előírjuk a pontosan megtermelendő mennyiségeket — hiszen ez esetben a programozásnak nem is lenne értelme —, hanem azt, hogy előírjuk, legalább mennyit, illetve legfeljebb mennyit kell termelni a legfontosabb takarmányokból. Például nehezen lehetne elképzelni, hogy állataink zöldtakarmányt vagy abrakot egyáltalán ne fogyasszanak, de azt is, hogy csak egyféle takarmányt fogyasszanak. Azt kell tehát tulajdonképpen előírni, hogy pl. a takarmánytermelési tervben legalább meghatározott mennyiségű zöldtakarmány legyen (minimális mennyiség), illetve legfeljebb mennyi etethető fel. Bizonyos takarmányokra természetesen egyedi előírásokat is kell alkalmazni.

Az előbbiekkal egyidőben természetesen el kell döntenünk azt is, hogy milyen takarmányokat termelhetünk.

A továbbiakban számba vesszük, hogy az üzembe milyen takarmányok fognak előreláthatólag bekerülni vásárlásból vagy egyéb címen (a takarmányeladást nem vesszük itt figyelembe, hanem azt az árunövénytermelési tervben tervezzük meg), majd kiszámítva ezek táplálóanyag-tartalmát, azt levonjuk a szükségletből. Természetesen ugyanezt a levonást elvégezzük a takarmányokra vagy takarmánycsoportokra előírt korlátokból is. Most számba vesszük a nem takarmánytermelésből eredő melléktermékeket, rét- és legelőhozamot és egyéb forrásból nyerhető takarmányokat, s ezeket a vásárolt takarmányokhoz hasonlóan levonjuk a szükségleti adatokból.

Ezzel az eljárással olyan takarmányszükségleti tervet kapunk, melyet szántóföldi takarmánytermelésből kell kielégíteni.

Most már a növények beltartalmi adatainak ismeretében kidolgozhatjuk a szántóföldi takarmánytermelésre vonatkozó mérlegfeltételeket.

Jelölje b_i az i -edik táplálóanyag azon mennyiségét, amelyet szántóföldi takarmánytermeléssel kell kielégíteni, x_j pedig a j -edik szántóföldi takarmánynövényből termelendő mennyiséget, és a_{ij} az i -edik táplálóanyag-mennyiséget a j -edik szántóföldi takarmánynövény egységnyi mennyiségében. Ez esetben a táplálóanyag-termelésre vonatkozó mérlegfeltételeink a már ismert

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad 3.10.$$

formában írhatók le.

Ha a tevékenység egysége az 1 kh-on folytatott termelés, és a j -edik szántóföldi takarmánynövény átlagtermését g_j -vel, a j -edik növény termelésének mennyiségére előírt alsó korlátot pedig q_{j0} , illetve a felső korlátot q_j^0 -val jelöljük, akkor a j -edik növény mennyiségére vonatkozó alsó korlátozást a

$$g_j x_j \geq q_{j0}, \quad 3.11.$$

illetve a felső korlátozást a

$$g_j x_j \leq q_j^0 \quad 3.12.$$

mérlegfeltételben adjuk meg.

A 3.11., illetve a 3.12. feltételeket takarmánycsoportokra kiterjesztve (pl. $x_j, x_{j+1}, \dots, x_{j+r}$ növénymennyiségekre) kapjuk a

$$g_j x_j + g_{j+1} x_{j+1} + \dots + g_{j+r} x_{j+r} \geq q_{r0}, \quad 3.13.$$

illetve a

$$g_j x_j + g_{j+1} x_{j+1} + \dots + g_{j+r} x_{j+r} \leq q_r^0 \quad 3.14.$$

mérlegfeltételeket.

Természetesen a negatív termelést itt is kizárjuk, azaz a

$$x_j \geq 0 \quad 3.15.$$

határfeltételek most is érvényesek.

Most már csak a célfüggvény közgazdasági tartalmát kell meghatározunk. Tekintve, hogy termelés tervezéséről van szó, célszerű itt is célfüggvényként a területszükségletet vagy termelési költséget, illetve ezeket együttesen alkalmazni. Ha tehát célfüggvényünk a termelési költség és c_j a j -edik szántóföldi takarmánynövény egységnyi mennyiségének előállításának költsége, úgy minimalizáljuk a célfüggvényt:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min., \quad 3.16.$$

vagyis célunk az összes takarmánytermelési költség minimalizálása.

Az előbbieken megfogalmazott módszer még tovább is egyszerűsíthető, ha a szántóföldi takarmánytermelési terv a hagyományos módszerekkel már elkészült. Ha feltételezzük, hogy ez a hagyományos módszerrel elkészült szántóföldi takarmánytermelési terv megfelel az állatállomány szükségletének, akkor elegendő, ha a hagyományos tervből indulunk ki, s az ezáltal megtermelhető táplálóanyag-mennyiségekkel mint szükséglettel számolunk, valamint a takarmánycsoportok arányaira vonatkozóan is bizonyos módosításokkal elfogadjuk a hagyományos terv arányait. Ez esetben a programozás eredménye a hagyományos tervezés eredményével is könnyen összehasonlítható, ezért konkrét vizsgálataim során leginkább ezt a módszert követtem.

Ha a hagyományos módszerrel elkészített tervből indulunk ki, akkor a programozás nemcsak az egész takarmánytermelési terv, hanem a résztervek elkészítésére is felhasználható. Így például alkalmazhatjuk a módszert csak az abraktakarmány-termelés, vagy valamely takarmánycsoport termelési tervének elkészítésére [17], vagy csak az egyéves takarmánynövények termelési tervének, vagy csak a tavaszi vetésű takarmánynövények termelési tervének elkészítésére [18].

A takarmánytermelés gazdaságos megtervezése globális módszerének eddigi tárgyalása során nem vettük figyelembe a termelés munkaerő- és termelőeszköz-szükségletét. Kérdés azonban, hogy az így kapott termelési szerkezet nem ered-

ményez-e esetenként olyan munkacsúcsot, amely felülmúlja valamely időszakban a takarmánytermelésre fordítható munkaerőt, vagy a gépek teljesítőképességét? Hasonlóképpen előadódhat, hogy az istállótrágya, műtrágya stb. iránti igény jelentősen megnövekszik. Ez a felvetés annál inkább jogos, mivel ha a takarmánycsoportok vagy -növények korlátozása nem megfelelő, a programozás során általában kevesebb takarmánynövényből álló termelési szerkezetet kapunk, vagyis a programozás eredményeképpen kapott termelési szerkezet a leggazdaságosabb növények termelését előtérbe helyezve bizonyos szakosodást eredményez.

Ezzel kapcsolatban az a helyzet, hogy a növénycsoportok, illetve növények mennyiségeire, illetve arányaira vonatkozó mérlegfeltételek meghatározásánál a probléma figyelembe vehető. A különböző takarmánynövények termelési folyamatainak, munkaerő- és eszközigényességének, s az igények idényszerűségeinek ismeretében a növények, illetve növénycsoportok mennyiségeire és arányaira vonatkozóan olyan mérlegfeltételeket tudunk összeállítani és a modellbe beépíteni, amelyek az állatállomány élettani igényeinek kielégítésén kívül biztosítják, hogy a programozás eredményeként kapott termelési szerkezet a munkaerő és eszközigényesség tekintetében se tartalmazzon durva hibát.

Ha azonban pontosan kívánjuk a problémát megoldani, akkor valamennyi takarmánynövényre, amelyet a programban figyelembe kívánunk venni, ki kell dolgozni a termelés részletes technológiáját.

Mindenekelőtt ismerni kell az egyes növények egységnyi mennyiségének előállításához igényelt munkaerőt időszakonként. Általában a munkaerő iránti havi igény ismerete gyakorlatilag elegendő, de elvileg rövidebb időszakok (dekád, hét) is figyelembe vehetők. A munkaerőigényt úgy kell kidolgozni, hogy a munka optimális időn belül elvégezhető legyen. Olyan munkafolyamat esetén, amelynek elvégzése a hónap utolsóján kezdődik (pl. 25-én), de a következő hónap elején (pl. 10-ig) el kell végezni, a beütemezés megosztható a két hónap között a napok arányában (előbbi esetben 1 : 2 arányban) vagy ettől eltérően is. Ha például a második hónap előrelát-

hatólag munkacsúcs-hónap lesz, míg az előző hónap előre-láthatólag a rendelkezésre álló munkaerőt a napok arányában történő beütemezés esetén nem használná fel, úgy az illető növény munkáját igyekszünk erre a hónapra ütemezni. E probléma megoldására pontosabb, de bonyolultabb módszer is elképzelhető, pl. a technológia megbontása vagy más mód, amely azonban a programozás munkaigényét jelentősen megnövelné.

Ha az i -edik hónapban a takarmánytermelésre rendelkezésre álló munkanapok számát S_i -vel, a j -edik növény egységnyi mennyiségének előállításához az i -edik hónapban szükséges munkanapok számát pedig g_{ij} -vel jelöljük, akkor a munkaerő havi mérlegfeltételeit a

$$\sum_{j=1}^n g_{ij} x_j \leq S_i \quad 3.17.$$

formában fogalmazzuk meg, mely szerint az i -edik hónapban takarmánytermelésre nem használható fel több munkanap, mint amennyi az üzemben takarmánytermelésre rendelkezésre áll.

A gépi munkára vonatkozó mérlegfeltételeket a munkaerőhöz hasonlóan dolgozzuk ki. Elvileg itt az erőgépeket típusonként is figyelembe vehetjük, gyakorlatilag azonban ennek megoldása nehézkes, s legfeljebb csak típuscsoportokra terjedhet ki (pl. szántótraktor, könnyű vagy nehéz univerzális traktor stb.).

A munkaerő és az erőgépek felhasználásának idényszerűsége jelentősen megnöveli a modell méretét. Tekintve azonban, hogy egyes hónapokban a szántóföldi takarmánytermelés munkaerő- és erőgépigénye nulla vagy elenyészően kevés, az ezen hónapokra vonatkozó mérlegfeltételek a modellből elhagyhatók. Ilyenképpen csak azon hónapok mérlegfeltételeit hagyjuk meg a modellben, amelyekben a takarmánynövények munkaerő- és erőgépigénye jelentős, tehát elképzelhető, hogy a program megoldása által kapott termelési szerkezet azokban munkacsúcsot eredményezhet.

Az anyagfelhasználás mérlegfeltételeit egyedileg vagy csoportosan építjük be a modellbe. Például az istállótrágya,

nitrogénműtrágya stb. egyedi mérlegfeltételek, vagy a műtrágya-forintfelhasználás csoportos, amely csak a műtrágyavásárlásra fordítható összeget írja elő, de fajtánként azok felhasználását nem korlátozza, hanem azt a technológiai előírások alapján a termelési szerkezet határozza meg. Az utóbbi módot a műtrágyafélék korlátlan beszerzési lehetősége esetén alkalmazzuk, az előbbit pedig, ha a műtrágyák beszerzése korlátozott.

Azt, hogy milyen anyagokra, illetve jelenségekre vonatkozóan építünk be a modellbe mérlegfeltételeket, illetve azokat milyen részletességgel határozzuk meg, mindig az adott viszonyok döntik el. Ezzel kapcsolatban az az irányadó, hogy a modellbe lehetőleg csak a termelést valóban korlátozó jelenségeket vonjuk be, illetve azokat, amelyekről a modell összeállítása alkalmával nem tudjuk, hogy valóban korlátozzák-e a termelést, vagy sem. Mindazokat a jelenségeket, amelyekről a modell összeállítása során biztosan tudjuk, hogy nem jelentenek valóban korlátot a termelés számára, figyelmen kívül hagyhatjuk, tekintve, hogy azok a számításigényt jelentősen növelik, bár a termelési szerkezet kialakítását nem befolyásolják.

Az árnyékárak elemzése, vagy a paraméteres programozás alkalmazása arra is választ ad, hogy valamely termelést korlátozó tényező vagy tényezők változtatása milyen hatással van a termelési terv változására.

A továbbiakban néhány vizsgálat eredményét ismertetem. Vizsgálataim során az adott üzem termeléséből indultam ki, megtakarítva ezzel az állatállományból kiinduló szükséglet meghatározásával járó jelentős munkát. A programozás eredménye ilyenformán igen egyszerűen összehasonlítható a gazdaságok eredeti tervével, ami megkönnyíti az eredmény értékelését.

Valamennyi vizsgálatban a táplálóanyagokra vonatkozó mérlegfeltételeket úgy dolgoztam ki, hogy a program legalább az eredeti terv által megtermelhető táplálóanyagokat biztosítsa, vagyis az eredeti tervben megtermelhető táplálóanyagok a modellben alsó korlátként szerepeltek. Csak a gyakorlatban is figyelembe vett anyagokat építettem be a modellbe, tehát a szárazanyagot, keményítőértéket és fehérjét. Egyes esetekben a szárazanyagot is figyelmen kívül hagytam.

A tevékenységek egységül az 1 kh termelést vettem (így a program megoldása rögtön a vetésterületet mutatta), kivéve a Nyírmadai Állami Gazdaságra összeállított modellt, ahol az első variánsnál 1 q keményítőérték megtermelése, a második variánsnál pedig az 1000 Ft termelési költséggel megtermelhető takarmánymennyiség jelentett egységnyi tevékenységet. Különböztek a modellek a termelési szerkezet egyéb, nem a táplálóanyagokra, hanem növényekre, illetve növénycsoportokra vonatkozó, vagy más mérlegfeltételek, valamint a vizsgálat terjedelmének tekintetében is (az összes takarmánytermelés, takarmánycsoport vagy tavaszi vetésű takarmányok).

A vizsgált gazdaságok eredeti és programozott termelési szerkezetét a 31. táblázat hasonlítja össze. A táblázatban feltüntettem a modellben figyelembe vett mérlegfeltételeket és a tevékenység egységét. A célfüggvény tartalma mindenhol a termeléshez szükséges terület volt.

A modellekben a munkaerő- és eszközigényességet nem számoltam, illetve egyes helyeken a növényarányok korlátozása útján vettem figyelembe (pl. Kisléta), így viszonylag egyszerű modelleket kellett megoldani. A számítások nagyrészt csak a takarmánytermelés egy részére terjedtek ki, amelyeknél az üzemek változásokat engedtek meg.

A 31. táblázatban bemutatott vizsgálatokkal kapcsolatban a következő megjegyzéseket tehetjük:

A programozás minden esetben javított a célfüggvény értékén, tehát általában lehetővé tett bizonyos területmegtakarítást. Ennek mérve részben az eredeti vetésszerkezettől függ (alacsonyabb, illetve magasabb hozamú növények aránya), részben pedig a növényarányokra előírt korlátozó feltételektől. De a növényarányok tekintetében szigorú korlátokat előíró Kislétai Rákóczi Tsz programozása is több mint 2,62%-os területmegtakarítást eredményezett. A területmegtakarítás egyébként 2,62—20,16% között változott az eredeti felhasználás százalékában kifejezve.

A területmegtakarítás általában termelési költség-megtakarítással is jár, amit azonban csak a Nyírmadai Állami Gazdaság modelljében mutattam ki. *Ha ugyanis a területmegtakarítás jelentős, úgy a megtakarított terület termelési költségét még a költségesebb termelési szerkezet sem veszi teljesen igénybe, de az*

31. táblázat. Néhány gazdaság eredeti és programozott takarmány-termelési terve

Megnevezés	Nagylétai Kocsuth Tsz		Hajdúböszörményi Dózsa Tsz		Hajdúböszörményi Ságvári Tsz	
	eredeti, kh	program, kh	eredeti, kh	program, kh	eredeti, kh	program, kh
Tavaszi árpa	40	—	—	—	30	—
Zab	—	—	20	—	10	—
Kukorica	336	317	856	814	274	264
Takarmányborsó	30	42	57	71	189	209
Napraforgó- csalamádé	—	—	—	—	—	—
Édes csillagfürt	—	—	—	—	—	—
Burgonya	—	—	—	—	—	—
Silókukorica	20	37	128	177	62	89
Kukorica- csalamádé	—	—	—	—	—	—
Őszi keverék	—	—	—	—	—	—
Zabos bükköny	—	—	—	—	—	—
Takarmányrépa	—	—	50	—	30	—
Murokrépa	—	—	—	—	—	—
Lucerna	—	—	—	—	—	—
Vörös here	—	—	—	—	—	—
Szudánifű	—	—	—	—	—	—
Összes terület, kh	426	396	1111	1062	595	562
Megtakarított terület, kh	—	30	—	49	—	33
Megtakarított terület, %	—	7,04	—	4,41	—	5,55
Összes termelési költség, Ft	—	—	—	—	—	—
Megtakarított termelési költség, Ft	—	—	—	—	—	—
Megtakarított termelési költség, %	—	—	—	—	—	—
Megjegyzés						
Egységnyi tevékenység tartalmaz		1 kh		1 kh		1 kh
Korlátozó feltételek		tápanyag- mérleg száraz- anyag nélkül		tápanyag- mérleg		tápanyag- mérleg

Megnevezés	Biharkeresztesi Állami Gazdaság		Nyírmadai Állami Gazdaság		
	eredeti, kh	program, kh	eredeti, kh	program 1., kh	program 2., kh
Tavaszi árpa	—	—	—	—	—
Zab	—	—	350	—	—
Kukorica	—	—	304	348	397
Takarmányborsó	—	—	—	—	—
Napraforgó- csalamádé	—	—	—	—	—
Édes csillagfűrt	—	—	—	—	—
Burgonya	—	—	—	—	—
Silókukorica	539	585	278	324	156
Kukorica- csalamádé	—	—	50	—	248
Őszi keverék	95	30	—	—	—
Zabos bükköny	—	—	30	155	7
Takarmányrépa	—	—	—	—	—
Murokrépa	3	3	—	—	—
Lucerna	1131	1452	—	—	—
Vörös here	539	—	—	—	—
Szudánifű	10	—	—	—	—
Összes terület, kh	2317	2070	1012	827	808
Megtakarított terület, kh	—	247	—	185	204
Megtakarított terület, %	—	10,66	—	18,28	20,16
Összes termelési költség, Ft	—	—	2 488 308	2 157 125	2 310 996
Megtakarított termelési költség, Ft	—	—	—	331 183	177 312
Megtakarított termelési költség, %	—	—	—	13,31	7,13
Megjegyzés Egységnyi tevékenység tartalmaz		1 kh		1 q ke- ményítő- érték	1000 Ft termelési költség
Korlátozó feltételek		tápanyag- mérleg növény- arányok		tápanyag- mérleg termelési költség	tápanyagmérleg termelési költség

Megnevezés	Nyírbátori Vörös Csillag Tsz			Kislétai Rákóczi Tsz	
	eredeti, kh	program 1., kh	program 2., kh	eredeti, kh	program, kh
Tavaszi árpa	—	—	—	—	—
Zab	18	—	—	—	—
Kukorica	180	188	188	400	348
Takarmányborsó	30	—	30	—	—
Napraforgó- csalamádé	12	—	—	—	—
Édes csillagfűrt	—	—	—	50	50
Burgonya	—	—	—	20	20
Silókukorica	60	100	52	80	100
Kukorica- csalamádé	—	—	—	—	—
Őszi keverék	—	—	—	—	—
Zabos bükköny	100	—	100	—	—
Takarmányrépa	15	—	30	—	—
Murokrépa	—	—	—	—	—
Lucerna	—	—	—	—	—
Vörös here	30	98	30	136	150
Szudánifű	—	—	—	—	—
Összes terület, kh	445	386	430	686	668
Megtakarított terület, kh	—	59	15	—	18
Megtakarított terület, %	—	13,26	3,37	—	2,62
Összes termelési költség, Ft	—	—	—	—	—
Megtakarított termelési költség, Ft	—	—	—	—	—
Megtakarított termelési költség, %	—	—	—	—	—
<i>Megjegyzés</i>					
Egységnyi tevékenység tartalmaz		1 kh	1 kh		1 kh
<i>Korlátozó feltételek:</i>		tápanyagmérleg abraktakarmány (eredeti terv szerinti abrak- keményítőérték)	mint előbbi + lucerna és sombokóró eredeti terület alsó korlát		tápanyagmérleg növénykorlátok silókukorica 80—100 kh, lu- cerna 136—150 kh, kukorica 350—400 kh édes csillagfűrt és bur- gonya nem változhat

is lehetséges, hogy a termelési szerkezet az alacsonyabb költségigény felé tendál, ami a területmegtakarításként elért költségmegtakarítást még növeli. Mindebből az a következtetés is adódik, hogy *a területigény célfüggvényként való beépítése együttjárhat a termelési költség csökkenésével is, és viszont*, tehát az egyik célfüggvényként való alkalmazása a másikra is hat. Természetesen *ez a hatás összehangoltabb lehet, ha mindkét célfüggvénytípust egyszerre vesszük figyelembe.*

A modellek megszerkesztésénél nem törekedtem minden esetben a gyakorlati igények kielégítésére. Ilyenkor a program eredménye nem receptszerű előírásnak, hanem csak iránymutatásnak tekinthető arra, hogy mely növény termelését érdemesebb kiterjeszteni, illetve szűkíteni. A modellek megszerkesztése különben is módszertani vizsgálatok céljára történt, főleg olyan tekintetben, hogy hogyan befolyásolja az eredményt különböző korlátozó feltételek beépítése, illetve azok különböző meghatározása.

4. SPECIÁLIS PROBLÉMÁK KEZELÉSE

Ez a fejezet rész olyan speciális problémákat foglal össze, amelyek a III. rész mindhárom fejezetéhez hozzátartoznak, ezért célszerű őket külön fejezetben tárgyalni.

a. Különböző talajtípusok figyelembevétele a takarmánytermelés tervezésénél

Az eddigiek során a takarmánytermelés tervezésének módszerét azzal a hallgatólagos feltételezéssel tárgyaltuk, hogy az üzemben csak egyféle talajtípus van, illetve több talajtípus esetén „átlagos” talajtípussal számolunk. A mezőgazdasági üzemek egy részében azonban többféle típusú talaj található. Például van olyan üzem, ahol a terület egy része homokos, másik része középkötött, harmadik része kötött, esetleg negyedik része lápos vagy szikes talaj. Természetesen itt nem az apró foltokban található eltérésekről van szó, hanem táblák, határrészek közötti különbségekről, hiszen a táblán belüli

eltérő talajú kis foltok különválasztásának nincs értelme, sem pedig lehetősége.

Ha az egyes határrészek talaja igen eltérő, akkor ott a különböző takarmánynövények átlaghozama, technológiája, s így termelési költsége is eltérő lesz. Az egyszerűség kedvéért most csak az eltérő hozamot vesszük tekintetbe, a technológiák eltérő voltáról pedig később lesz szó.

Tegyük fel tehát, hogy az üzemben különböző talajfajták vannak, amelyeken az egyes takarmánynövények hozama eltérő. Ha most átlagos talajjal számolunk, akkor a program eredménye csak akkor lesz valóságos, ha minden takarmánynövényt egyenlő arányban termelünk a különböző talajokon, illetve, ha az átlagos talajtípust a különböző talajtípusok súlyozott átlagaként vettük figyelembe, s az egyes takarmánynövényeket az üzem területének talajtípusok szerinti megoszlása arányában termeljük a különböző talajokon. Ez az út azonban nem mindig járható, sőt *arra is választ kívánunk kapni, hogy mely növényeket mely talajokon, milyen arányban érdemes termelni*. Ez utóbbi esetben sokkal jobb eredményt kapunk, mint ha eleve kikötjük a növények arányos elhelyezését.

Ha a talajtípusokat is figyelembe kívánjuk venni és választ akarunk kapni arra a kérdésre, hogy mely takarmánynövényeket milyen talajon, illetve a különböző talajokon milyen arányban kell termelni, akkor modellünket az alábbiak szerint kell felépíteni:

Tegyük fel, hogy x_j^k a j -edik takarmánynövény termelésének volumenét fejezi ki ($j = 1, 2, \dots, n$), amelyet a k -edik talajon termelünk ($k = 1, 2, \dots, r$). Jelölje a_{ij}^k a j -edik növény egységnyi mennyiségében található i -edik táplálóanyag-mennyiséget, ha azt a k -edik talajon termeljük, b_i pedig az i -edik táplálóanyagból legalább megtermelendő mennyiséget ($i = 1, 2, \dots, m$). Ez esetben a táplálóanyag-termelésre vonatkozó mérlegfeltételünk

$$\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^n a_{ij}^k x_j^k \geq b_i \quad 3.18.$$

alakban fogalmazható meg. (Természetesen az előzőekben kifejtett módon itt felső korlát vagy egyenlőség is megszabható,

illetve a II. részben leírt formulák mindegyike alkalmazható.)

Hasonlóképpen szabjuk meg a növényarányokra vonatkozó mérlegfeltételeket is a II. részben ismertetett formulák felhasználásával, például:

$$\sum_{k=1}^r x_j^k \geq q_i \quad 3.19.$$

Tegyük fel azonban, hogy a k -adik talajtípusból takarmánytermelésre legfeljebb F_k nagyságú terület áll rendelkezésre. Ez esetben a modellbe be kell iktatni a

$$\sum_{j=1}^n f_j^k x_j^k \leq F_k \quad 3.20.$$

mérlegfeltételt, ahol f_j^k a k -adik talajtípuson termelt j -edik takarmánynövény egységnyi mennyiségének megtermeléséhez szükséges terület.

Természetesen lehet olyan igény is, hogy egy-egy takarmánynövény valamely talajtípusnak csak egy meghatározott hányadán szerepeljen (pl. vetésforgó* vagy egyéb megfontolás miatt).

Ez esetben beiktatjuk a programba a

$$f_j^k x_j^k \leq \gamma F_k, \quad 3.21.$$

illetve a

$$f_j^k x_j^k \geq \gamma F_k \quad 3.22$$

formulákat, ahol γ egy szorzószám, amely megmutatja, hogy az F_k hányadrésze használható fel a j -edik takarmánynövény termelésére ($0 \leq \gamma \leq 1$).

Hasonlóképpen lehet előírni különböző takarmányok egymáshoz való arányát stb. a különböző talajtípusokon a II. részben közölt formulák értelemszerű felhasználásával.

A modell megoldására itt is érvényesek a megoldás negatív voltát kizáró határfeltételek, azaz

$$x_j^k \geq 0 \quad 3.23.$$

* A növények vetésforgóban való elhelyezésével kapcsolatos programozási vizsgálatok most vannak folyamatban.

Ha most c_j^k jelenti a j -edik növény egységnyi mennyiségének előállításához szükséges termelési költséget a k -edik talajtípuson, akkor minimalizálandó célfüggvényünk a

$$\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^n c_j^k x_j^k \quad 3.24.$$

formában adható meg.

Tegyük fel, hogy egy gazdaság abraktakarmány-termelési tervét kívánjuk elkészíteni. A gazdaság eredeti tervét (Ebesi Állami Gazdaság) a 32. táblázat tartalmazza.

32. táblázat. Az Ebesi Állami Gazdaság eredeti abraktakarmány-termelési terve

Megnevezés	Vetésterület, kh	Átlagtermés, q/kh	Termelési költség, Ft/kh
Őszi árpa	235	20,11	2340
Tavaszi árpa	249	16,66	2340
Zab	2	11,25	2340
Kukorica	505	19,69	2800
Borsó	82	11,80	3423
Összesen	1073	—	—

Az e tervben előírányzott takarmány-táplálóanyagokat a lehető legkisebb területen kívánjuk megtermelni. Az eredeti tervben számításba vett átlagos talajtípusra vonatkozó adatokkal számítunk, s megszabjuk, hogy legfeljebb 1073 kh területet használhatunk fel. A programozás eredményeként, ha célfüggvényünk a termelési költség minimalizálása, a vetés-szerkezet a következőképpen alakul:

Megnevezés	Vetésterület, kh
Őszi árpa	413,4
Tavaszi árpa	203,6
Zab	44,3
Kukorica	349,4
Borsó	62,3
Összesen	1073,0

Az adatok szerint felhasználjuk a rendelkezésre álló területet, de az eredeti tervtől eltérő termelési szerkezetet kapunk. A termelési költség az eredeti terv szerinti 2 831 926 Ft-ról 2 739 015 Ft-ra csökken, vagyis 92 911 Ft a megtakarítás.

Tegyük fel azonban, hogy a gazdaságban kétféle talajtípus van és a tervezett termelés talajtípusonként a 33. táblázat szerint alakul.

33. táblázat. Az Ebesi Állami Gazdaság eredeti abraktakarmány-termelési terve talajtípusonként

Megnevezés	I. talajtípus		II. talajtípus	
	vetésterület, kh	átlag- termés, q/kh	vetésterület, kh	átlag- termés, q/kh
Őszi árpa	150	22,00	85	17,25
Tavaszi árpa	150	18,00	99	14,66
Zab	2	11,25	—	9,00
Kukorica	216	23,00	289	17,43
Borsó	82	11,80	—	10,00
Összesen	600	—	473	—

Feltételezésünk, hogy az egyes takarmánynövények termelési költsége mindkét talajtípuson azonos. A programozást úgy végezzük, hogy az eredeti tervben megtermelhető táplálóanyagok alsó korlátként vannak előírva, s mindkét talajtípusból legfeljebb csak az eredeti tervben szereplő terület használható fel. A program a 34. táblázat szerinti vetésszerkezetet adja.

Ez esetben már 61 kh területet is megtakaríthatunk, a költségmegtakarítás pedig 176 023 Ft. *Míg tehát, ha átlagos talajtípussal számoltunk, a költségek 3,27 %-át tudtuk megtakarítani területmegtakarítás nélkül, a talajtípust figyelembe véve a költségmegtakarítás 6,22 %, de ehhez járul még a terület 5,68 %-ának megtakarítása.*

A program a jobb talaj teljes felhasználását írta elő, s megtakarítást a gyengébb minőségű talajon eredményezett. A megoldás nemcsak arra adott választ, hogy mely növényből mennyit

34. táblázat. Az Ebesi Állami Gazdaság programozott termelési terve a talajtípusok figyelembevételével

Megnevezés	Vetésterület, kh	
	I. talajtípus	II. talajtípus
Őszi árpa	84	412
Tavaszi árpa	—	—
Zab	—	—
Kukorica	435	—
Borsó	81	—
Összesen	600	412
Megtakarítás	—	61

kell termelni, hanem arra is, hogy azokat hogyan kell az eltérő talajtípuson elhelyezni. A probléma természetesen az egész takarmánytermelésre is kiterjeszthető.

b. Különböző technológiák és az öntözéses termelés figyelembevétele a tervezésben

A mezőgazdasági termékek — így a takarmányok is — különböző technológiával termelhetők. Valamely termék különböző gépesítési szinttel, eltérő műtrágyaadagokkal, öntözve vagy száraz termeléssel is előállítható. Arról természetesen gyakorlatilag le kell mondani, hogy az összes lehetséges technológiai variánst figyelembe vegyük, néhány technológiai változat azonban gyakorlatilag is számítható.

Az egyszerűség kedvéért az öntözést mint technológiai variánst fogjuk fel [8]. Ha tehát valamely takarmányféle előállítható alacsony gépesítéssel, alacsony, közepes és magas műtrágyaadagokkal, közepes és fejlettebb gépesítéssel szintén háromféle műtrágyaadaggal, ez már 9-féle technológiai variánst jelent. Ha mindezen technológiai variánsok lehetségesek öntözött és száraz viszonyok között, akkor már 18-féle technológiai variánsunk van. Ha még a talajtípusokat is figyelembe

vesszük, úgy két talajtípus esetén az illető takarmánynövény technológiáinak száma 36-ra emelkedik.

Tekintve, hogy a technológiai variánsok számának növekedése nagymértékben kiterjeszti a modell méretét és számítás-igényességét, nagyon meg kell fontolni a technológiai variánsok maximális számát.

Ha most x_j^k a j -edik takarmánynövény termelésének volumenét jelenti a k -edik technológiával termelve ($j = 1, 2, \dots, n$, $k = 1, 2, \dots, r$), akkor táplálóanyag-mérlegeink a II. részben leírt formulák értelemszerű felhasználásával a 3.18. szerinti formában fogalmazhatók meg. Hasonlóképpen használjuk fel értelemszerűen a 3.19.—3.22. formulákat is a növényarányok, talajtípusok, illetve technológiai variánsok korlátozására.

A III. rész 3. fejezetében ismertetett módon határozzuk meg a munkaerőre és a termelési eszközökre vonatkozó mérlegfeltételeket.

A továbbiakban a módszer alkalmazására egy példát mutatok be, amelyet a Pocsaji Dózsa Tsz-ben készítettem.

A termelőszövetkezet 1970 kh-on termel takarmánynövényeket. Bizonyos takarmánynövényeket egyféle, másokat két- vagy többféle technológiával termel. A technológiák között találunk egyszerűbb (kevesebb gépi munkát és táplálóanyag-felhasználást előíró) és fejlettebb (több gépi munkát és táplálóanyagot felhasználó) típusokat, és 1 terméknél öntözéses technológiát. Az őszi keverék utáni másodtakarmányt a programozásba nem kívánták bevonni. A kukoricaszár egy részét silózzák, más részét szárazon etetve használják fel, s ismét más részét leszecskázzák és a talajba juttatják. A silózott és szárazon feletetett kukoricaszár mennyiségét a termelőszövetkezet felülről korlátozta.

A különböző növények technológiáit a tsz szakemberei dolgozták ki. Meghatározták minden növénynél különböző technológiák esetén az 1 kh termeléshez szükséges munkaerőt havi bontásban, valamint az 1 kh termeléshez szükséges univerzál-traktor-igényt, DT-traktor-igényt és Sz-100-as traktor-igényt, szintén havi bontásban.

A programmal szemben azt a követelményt támasztották, hogy legalább az eredeti tervben megtermelhető keményítő-

értéket és fehérjét biztosítsa, de munkaerő- és gépigénye (géptípusonként), valamint műtrágya-felhasználása ne haladja meg az eredeti terv szerinti igényt.

A termelőszövetkezet igényeket támasztott a növényaranyokkal szemben is. Meghatározta, hogy az őszi árpa és zab vetésterülete az eredeti tervhez képest legfeljebb 70 kh-val emelkedhet, azaz nem haladhatja meg a 400 kh-at. Alsó korlátot e tekintetben a tsz nem állapított meg. A kukorica területe legfeljebb 80 kh-val emelkedhet, tehát az 1100 kh-at nem haladhatja meg. Alsó korlátot itt sem írtak elő. A takarmányrépára a tsz alsó korlátot határozott meg 20 kh-ban, felső korlát nélkül. A lucerna és vörös here területét pedig felülről korlátozta 500 kh-ban, vagyis legfeljebb 150 kh emelkedés lehetséges az eredeti tervhez képest. Megszabták továbbá, hogy az őszi és tavaszi keverék területe legalább 50 kh, de legfeljebb 100 kh lehet. A silót mennyiségben korlátozták felülről 30 000 q-ban. Azt azonban, hogy ebből mennyi legyen a silókukorica és mennyi a silózott kukoricaszár, nem kívánták előre meghatározni. A kukoricaszár-felhasználást viszont úgy írták elő, hogy legfeljebb a megtermelt kukoricaszár használható fel.

A célfüggvény a terület minimalizálása volt.

Megoldottuk a modellt úgy is, hogy a munkaerő- és gépkorlátokat felemeltük, úgyhogy minden hónapban az eredeti terv szerinti csúcshónap teljesítményét engedték meg. Ez azt a feltételezést jelentette, hogy a takarmánytermelésben használt munkaerőt és gépet más ágazat nem használhatja, csak akkor, ha az a takarmánytermeléshez nem szükséges.

A 35. táblázat a termelőszövetkezet eredeti és programozott termelési szerkezetét hasonlítja össze. A programozás eredménye 807,78 illetve 1063,30 kh területmegtakarítás, az eredeti terv szerinti terület 41, illetve 54%-a.

Az eredeti és programozott tervek összehasonlításából néhány következtetés adódik.

A területmegtakarítás és ebből adódóan nyilván a költségmegtakarítás is igen jelentős. Ez részben a vetésszerkezet átcsoportosításából, részben pedig abból adódik, hogy az eredeti terv a kukoricaszárát csak részben hasznosítja, míg a programozott terv az összes megtermelhető kukoricaszárát felhasználja.

Érdekes azonban, hogy a programban a silókukorica és kukoricaszár silózása nem szerepel. Erre vonatkozólag alsó korlátot kellett volna beiktatni. Kimaradt a vetésterületből az őszi árpa és a zab termelése is mindkét megoldásnál.

A két megoldás összehasonlítása azt mutatja, hogy *magasabb munkaerő- és eszközellátottság esetén a termelés egyre kevesebb növényre szakosodik és egyre inkább a fejlettebb technológia*

35. táblázat. A Pocsaji Dózsa Tsz eredeti és programozott takarmánytermelési terve

Megnevezés	Eredeti	Programozott	
		I.	II.
	vetésterület, kh		
1. Őszi árpa, fejlett	200,00		
2. Őszi árpa, fejletlen	100,00		
3. Zab	30,00		
4. Kukorica MV—1, fejlett	300,00	177,53	6,26
5. Kukorica MV—1, fejletlen	400,00	278,34	
6. Kukorica MV—59, fejletlen	200,00		
7. Kukorica MV—59, öntözött	120,00	242,47	585,64
8. Takarmányrépa	40,00	20,00	20,00
9. Lucerna, fejletlen	100,00	100,00	
10. Lucerna, fejlett	100,00	100,00	244,80
11. Vörös here	150,00	143,88	
12. Tavaszi keverék	50,00	17,44	
13. Őszi keverék	30,00	82,56	50,00
14. Silókukorica, fejlett	150,00		
15. Silózás, q	6 000,00		
16. Kukorica szárvágott, q	12 000,00	39 422,59	39 613,50
Összes, kh	1 970,00	1 162,22	906,70
Megtakarítás, kh	—	807,78	1 063,30
Megtakarítás, %	—	41,00	53,97

36. táblázat. A programozott termelési terv táplálóanyag-termelése, valamint munkaerő- és termelési eszköz-szükséglete a Pocsaji Dózsa Tsz-ben

Sor-szám	Megnevezés	Az I. modell termelési korlátai és felhasználása		A II. modell termelési korlátai és felhasználása	
		korlát	felhasználás %-ban	korlát	felhasználás %-ban
1.	Keményítőérték	44 234,00	1,01	44 234,00	1,00
2.	Emészthető fehérje	5 051,14	1,00	5 051,14	1,00
3.	Munkaerő III. hó.	166,91	0,41	4 645,67	0,01
4.	IV. hó	492,80	1,00	4 645,67	0,07
5.	V. hó	3 989,84	0,90	4 645,67	0,72
6.	VI. hó	3 901,74	0,70	4 645,67	0,52
7.	VII. hó	1 907,90	0,52	4 645,67	0,30
8.	VIII. hó	1 867,45	0,53	4 645,67	0,09
9.	IX. hó	3 213,99	1,00	4 645,67	0,94
10.	X. hó	4 645,67	1,00	4 645,67	0,80
11.	XI. hó	49,71	0,51	4 645,67	0
12.	Univerzális traktor				
	III. hó	86,02	0,60	353,10	0,12
13.	IV. hó	168,17	0,64	353,10	0,22
14.	V. hó	175,96	0,58	353,10	0,25
15.	VI. hó	77,18	0,73	353,10	0,23
16.	VII. hó	209,53	0,25	353,10	0,13
17.	VIII. hó	250,98	0,13	353,10	0,11
18.	IX. hó	353,10	0,73	353,10	1,00
19.	X. hó	340,80	0,55	353,10	0,36
20.	XI. hó	45,84	0,73	353,10	0,02
21.	DT traktor III. hó	29,22	0,14	197,38	0,01
22.	IV. hó	37,00	0,00	197,38	0
23.	VII. hó	38,22	0,29	197,38	0,03
24.	VIII. hó	197,38	0,34	197,38	0,02
25.	IX. hó	36,90	0,52	197,38	0,05
26.	X. hó	100,04	1,00	197,38	0,68
27.	XI. hó	6,81	0,00	197,38	0
28.	Sz-100 traktor IX. hó	2,40	1,00	58,80	0,10
29.	X. hó	58,80	1,00	58,80	0
30.	Pétisó	2 367,00	0,66	2 367,00	0,59
31.	Szuperfoszfát	940,00	0,70	940,00	0,72
32.	Kálisó	395,00	0,71	395,00	0,65

és öntözés irányába tolódik el. Tekintve, hogy az öntözött terület nagyságát nem korlátoztuk, azt a program jelentősen kiterjesztette, különösen a második megoldásban.

Érdeemes összehasonlítani az eredeti és a programozott termelési tervet a munkaerő és termelési eszközök felhasználása tekintetében.

A 36. táblázatból látható, hogy mindkét program megtermeli az eredeti terv szerint termelhető táplálóanyagot. Az I. programvariáns a rendelkezésre álló munkaerőt áprilisban, szeptemberben és októberben teljesen felhasználja, más hónapokban jelentős felesleg marad. A II. programvariáns a munkaerőt egy hónapban sem használja fel teljesen, az áprilisi munkaerő-szükséglet minimálisra csökken, szeptember és október hónapok pedig továbbra is munkacsúcsot jelentenek. Az I. variáns sehol nem használja ki az univerzális traktorokat, a II. variáns azt szeptemberben kihasználja. A DT traktorokat az I. variáns októberben használja ki csak teljesen, a II. variáns egy időszakban sem. Az Sz—100-as kapacitást az I. variáns mindkét hónapban kihasználja, a II. egyik hónapban sem. Műtrágyákból mindkét variáns elég sokat megtakarít.

Összegezve: mindkét megoldás szerint számottevő munkaerőt és eszközt, s jelentős területet lehet megtakarítani. A modellt újabb mérlegfeltételekkel kiegészítve ismét kiszámítjuk, mert gyakorlatilag is használható programot kívánunk elérni.

IV. A TAKARMÁNYTERMELÉS SZAKOSÍTÁSÁNAK MEGTERVEZÉSE LINEÁRIS PROGRAMOZÁSSAL

A mezőgazdasági termelés fejlődése általában a szakosodás irányába halad. Ez a folyamat a szocialista mezőgazdaságban is megtalálható, amelynek folytán szocialista nagyüzemek termelési erőforrásait kevesebb, de az üzem feltételei között eredményesebben termelhető termékek előállítására koncentrálják. Ez azonban feltétlenül kiváltja a mezőgazdasági üzemek közötti termékcserre növekedését. Mint *Lenin* írja: „A specializálódásnak az a folyamata, amely elkülöníti egymástól a termékek megmunkálásának különböző fajtáit, és egyre nagyobb számú iparágat hoz létre — a mezőgazdaságban is megnyilvánul, ... és cserét vált ki nem csupán a mezőgazdaság és ipar termékei között, hanem a mezőgazdaság különféle termékei között is” [15, 20—21. old.].

A mezőgazdasági termelés specializálódása azonban nem jelentheti a mezőgazdasági üzemek termelésének egyoldalúvá fejlesztését. A mezőgazdasági termék és a mezőgazdasági termelés jellege, az üzemágak kapcsolata és kölcsönhatása stb. feltétlenül megkíván a mezőgazdaságban bizonyos komplexitást is. „Világosan kifejeződik a különböző felfogásokban a specializálás elvének a szükségszerűsége és helyessége, ugyanakkor azonban hangsúlyt kap vele szemben a komplexitás, a sokágú gazdálkodás elve is. Így végeredményben a gyakorlatban viszonylag kisebb mérvű specializáltságot tartanak a legtöbb helyen követendő iránynak” [5, 93—94. old.].

Erdei Ferenc ezen megállapítása is felhívja a figyelmet arra, hogy az elhamarkodott, túlzott specializáció a mezőgazdaságban nem engedhető meg. A specializáció a mezőgazdaságban nem lehet öncélú, a termelőerőktől és termelési viszonyoktól, valamint az egyéb konkrét körülményektől elvonatkoztatott.

A termelés szakosításának megvalósítása sok elméleti, tervezési, módszertani és gyakorlati probléma tisztázását és megoldását kívánja meg. Ennek a tanulmánynak — módszertani jellegénél fogva — nem célja a szakosítás elméleti vonatkozásait, sem pedig a gyakorlatban megoldandó problémáit fejtegetni. Csupán azt kívánom bemutatni, hogyan alkalmazható a lineáris programozás a mezőgazdasági termelés egy részterülete, a takarmánytermelés szakosításának megtervezésében, milyen módszerbeli problémák vetődnek fel a feladat megoldása során, s milyen eredménnyel járhat a módszer alkalmazása [5].

A szakosítással kapcsolatos tervezési módszerek kidolgozásakor mindenekelőtt azt kell figyelembe venni, hogy *a szakosítás nem lehet öltetszerű és nem alapozódhat szubjektív megítélésekre. Mély elemzőmunkát, a termékek mennyisége, minősége és választéka iránti igényeknek és az egyes üzemek adottságainak alapos felmérését kívánja meg.* Olyan tervek kialakítására van szükség, amelyek az üzemek adottságait a legjobban kihasználják, a termékek mennyisége és választéka iránt mutató igényeket a lehető legkevesebb ráfordítással a lehető legjobban kielégítik.

Mindenekelőtt fel kell mérni a szakosításba bevont üzemek állatállományát, illetve annak várható alakulását, majd ennek alapján az üzemek takarmányszükségletét. A takarmányszükségletek meghatározása egyrészt a különböző táplálóanyagokból való szükségletek felmérését jelenti, majd pedig annak kidolgozását, hogy az állatállomány élettani igényei, esetleg a feltétlenül szükséges üzemi arányok vagy egyéb indokok alapján a különböző takarmányok, illetve takarmánycsoportok mennyiségei és arányai tekintetében milyen követelményeket kell támasztanunk. Az így meghatározott szükségletet módosítjuk a nem takarmánytermelésből adódó melléktermékek és a takarmányvásárlás előirányzataival, illetve a takarmányvásárlást a programba beépítve a megoldás eredményeként is megkaphatjuk. (A takarmányeladásoktól az egyszerűség kedvéért eltekintünk és feltételezzük, hogy azt az árunövénytermeléssel együtt tervezzük meg.)

A takarmányszükséglet meghatározása után számba vesszük az egyes üzemekben termelhető takarmánynövényeket (ha a

takarmányvásárlásokat is programozzuk, akkor a vásárolható takarmányokat is). Felmérjük az üzemek termelési adottságait, kidolgozzuk a különböző takarmánynövények termelési technológiáit, várható hozamait és költségeit.

Ezután következik a matematikai modell összeállítása. Ez több módon is történhet.

Legegyszerűbb a modell összeállítása és megoldása, ha a szakosított takarmánytermelési tervet két lépésben készítjük el. Ebben az esetben először a takarmányokat két csoportba osztjuk, tömegtakarmányokra és abraktakarmányokra.

A tömegtakarmányok szakosított termelése — tekintve, hogy azok igen szállításiigényes terimés takarmányok, üzemek közötti nagy tömegben való szállításuk nagyon költséges — általában *nem célszerű*, ezért a tömegtakarmányokat minden gazdaság lehetőleg termelje meg a saját részére.

Az abraktakarmányok könnyen és viszonylag olcsón szállíthatók, ezért, amennyiben a szakosítással járó előnyök felülmúlják a szakosításból következő hátrányokat, indokolt lehet azok szakosított termelése.

A takarmányok két csoportra osztása után a takarmány-szükségletet üzemenként megosztjuk aszerint, hogy abból mennyit kell saját termelésű tömegtakarmányokkal és mennyit abraktakarmányokkal fedezni. Ennek meghatározásában jelentős szerepe van a szubjektív megítélésnek, ami különböző hibák forrása lehet. A szubjektív tényezőt itt teljesen nem lehet kizárni, de alapos közgazdasági elemzéssel, illetve a modell megoldása során az árnyékárak elemzéséből kiinduló módosításokkal csökkenthetjük a szubjektív megítélés hatását.

Az elmondottak szerint kidolgozott alapadatokból most már felépíthetjük a matematikai modelleket.

Először összeállítunk minden gazdaságra egy modellt, amely kizárólag a tömegtakarmányok termelésére vonatkozik. Ezek szerint a tömegtakarmányok termelésére annyi modellünk lesz, ahány üzemet a szakosítás során figyelembe veszünk. E modellek mérlegfeltételei azt szabják meg, hogy minden üzemben legalább annyi kell megtermelni tömegtakarmányokkal a különböző táplálóanyagokból, amennyit az üzemre az összes táplálóanyag-szükségletnek tömegtakarmányokra és

abraktakarmányokra való bontásakor a tömegtakarmányokra előírtunk. Ugyancsak beépítjük a különböző tömegtakarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó, az állatállomány élet-tani igényei, — esetleg egyéb — szempontjából szükséges mérlegfeltételeket (2.1.—2.25.). Célfüggvényünk, tekintve, hogy termelési terv készítéséről van szó, általában a terület vagy költségigény (esetleg a kettő együttes) minimalizálása lesz.

A III. rész 3. fejezetében elmondottak szerint építhetők be a modellbe a munkaerőre és termelőeszközökre vonatkozó mérlegfeltételek.

Lényegében tehát az üzenenként összeállított tömegtakarmány-modellek összeállítása megegyezik az ott elmondottakkal — vagy bizonyos módosításokkal alkalmazhatjuk a III. rész 1. és 2. fejezetében leírtakat is —, de itt csak tömegtakarmányokra vonatkoztatva.

Minthogy az abraktakarmányok termelését szakosítva kívánjuk megoldani, az erre vonatkozó modellt nem gazdaságoként, hanem az összes gazdaságot egy modellbe foglalva össze építjük fel.

Tegyük fel, hogy a tervezésbe N gazdaságot vontunk be és n -féle abraktakarmányt veszünk figyelembe. Jelölje x_j^k ($j = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, N$) a k -adik gazdaságban termelendő (vagy vásárolandó) j -edik abraktakarmány mennyiségét. Jelölje b_i^k az i -edik táplálóanyagból a k -adik gazdaságban szükséges mennyiséget, amelyet abraktakarmányokkal kívánunk kielégíteni. (Ezt azonban bármely gazdaság megtermelheti.)

Jelölje a_{ij}^k a k -adik gazdaságban termelt j -edik takarmány-féleség egységnyi mennyiségében található i -edik táplálóanyag-mennyiséget.

Mivel b_i^k az i -edik táplálóanyagból a k -adik gazdaságban szükséges mennyiség, így természetes az, hogy az összes gazdaságban az i -edik táplálóanyagból együttesen szükséges mennyiség, b_i a

$$\sum_{k=1}^N b_i^k = b_i \quad 4.1.$$

formulával adható meg.

Az i -edik táplálóanyagra vonatkozó mérlegfeltételünk tehát

$$\sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^n a_{ij}^k x_j^k \geq b_i, \quad 4.2.$$

amely meghatározza, hogy az összes gazdaságban termelt abraktakarmányok legalább a szükségletet fedezzék az i -edik táplálóanyagból. (Hasonlóképpen szerepelhet a 4.2.-ben felső korlát vagy egyenlőség, illetve a II. rész 1. fejezetében ismertett feltételtípusok bármelyikét felhasználhatjuk értelem-szerűen.)

A táplálóanyagok között adott üzemben meghatározott arányoknak kell lenni. Az összes üzemek arányainak átlaga, amely az üzemek együttes táplálóanyag-szükségletében fejeződik ki, eltér az egyes üzemek arányaitól, ezért nem biztos, hogy az átlagos arány megfelel az egyes üzemekben szükséges arányoknak. Az üzemenkénti táplálóanyag-arányokat mérlegfeltételekben elő kell írni.

Ha b_i^k a k -adik üzemben az i -edik táplálóanyagból adódó szükségletet jelenti, x_j^{rk} pedig az r -edik üzem által a k -adik üzem részére termelt j -edik abraktakarmányfélét, úgy a k -adik üzemben az i -edik táplálóanyag-szükségletre vonatkozó mérlegfeltételünk a

$$\sum_{r=1}^N \sum_{j=1}^n a_{ij}^r x_j^{rk} \geq b_i^k \quad 4.3.$$

formulával fejezhető ki (mint az első összegezésből látható, a k -adik üzem önmagának is termel takarmányt).

Mivel a 4.1. szerint b_i a b_i^k -k összegezéséből adódik, ezért a 4.3. feltétel beépítése a modellbe szükségtelenné teszi a 4.2. mérlegfeltételt. A 4.3. formulához hasonlóan értelem-szerűen alkalmazhatjuk a II. rész 1. fejezetében leírt formulák mindegyikét.

A 4.3. formulához hasonlóan építjük be a különböző takarmányok mennyiségeire és arányaira vonatkozó mérlegfeltételeket is, a 2.1.—2.25. formulák felhasználásával. E tekintetben olyan szigorú megkötések is tehetünk, hogy előírjuk valamennyi abraktakarmányból az egyes üzemekben pontosan

szükséges mennyiségeket. Ekkor azonban a 4.3. mérlegfeltételeket elhagyjuk, mert nincs gyakorlati értelme, illetve esetleg megoldhatatlan ellentmondást okozhat a modellben.

Igen fontos még, hogy a modellbe megfelelő mérlegfeltételeket építsünk be a takarmányarányokra vonatkozólag ne csak a felhasználást illetően (k -adik gazdaság a j -edik takarmányból legfeljebb vagy legalább milyen mennyiséget használhat fel), hanem a termelést illetően is. Ha ugyanis ezt nem tesszük, akkor előfordulhat, hogy egyes gazdaságok csak egyféle abraktakarmányt termelnek, ami vagy megengedhető, vagy nem. Ha az egyféle abraktakarmányra való szakosodás nem kívánatos, úgy elő kell írni, hogy az egyes gazdaságok különböző takarmányokból legfeljebb mennyit termelhetnek, illetve legalább mennyit kell hogy termeljenek. Esetleg megszabhatjuk bizonyos takarmányok egymáshoz való arányát is, a 2.21. értelemszerű felhasználásával.

A termelési arányokra vonatkozó feltételek helyes megszabása esetleg nélkülözhetővé teszi a munkaerőre és termelési eszközökre vonatkozó mérlegfeltételeknek a modellbe való beépítését is. Ha azonban ezekre is szükség van, úgy a III. rész 3. fejezetében elmondottakat értelemszerűen itt is alkalmazzuk. Ezek beépítése esetleg szükségtelenné teszi a termelési arányokra vonatkozó előírásokat.

Az így felépített modell megoldása — a terület minimalizálása esetén is — azt eredményezhetné, hogy egy-egy gazdaság az abraktakarmány-termelésre rendelkezésre álló területnél több területet igényelne. Ennek megakadályozására a modellben mérlegfeltételekkel elő kell írni, hogy a gazdaságok abraktakarmányok termelésére csak az e célra fordítható területet használhatják fel.

Az abraktakarmányok szakosított modelljében célfüggvényünk általában a terület vagy a költség minimalizálása. *Az utóbbi esetben nemcsak a termelési költséget, hanem a szakosításból adódó szállítási költséget is figyelembe kell venni.* Ez azt jelenti, hogy ha az r -edik üzem saját részére termeli meg az illető takarmányt, ott a célfüggvény-koefficiens a termelési költség és a raktárba szállítás költsége, ha azonban azt a k -adik gazdaság részére termeli, úgy a termelési költséghez a k -adik

gazdaságba szállítás költségét is hozzáadjuk. A valóságban azonban, ha az r -edik gazdaság valamilyen takarmányt termel a k -edik gazdaság számára, akkor a k -edik gazdaság egy másik takarmányt termelhet az r -edik gazdaság számára. Ebben az esetben viszont a szállítójárművek oda-vissza rakományt szállítanak, vagyis a szállítási költség megoszlik a két takarmány között. Ennek figyelembevétele azonban nehézkes, így a szállítási költségeket vizontszállítások nélkül tudjuk csak elszámolni. Ez esetben bizonyos mértékig a szakosított program a valóságosnál költségesebbnek látszik, ami viszont a szakosítás mértékére fékezőleg hat. Az is lehetséges, hogy egy bizonyos vizontszállítást eleve feltételezzünk — ennek mérve a valóságban plusz—mínusz irányban eltérhet —, vagy a programot előbb vizontszállítás nélkül oldjuk meg, majd a megoldás alapján a célfüggvény-koefficienseket módosítjuk a megoldás eredményeként kapott vizontszállítások figyelembevételével, s a számítást újra megismételjük.

Ha célfüggvényünk a terület minimalizálása, akkor a szakosításból eredő szállítási költségeket terület-koefficiensre számíthatjuk át. Ez a III. rész 1. fejezetében elmondottak szerint történhet, amikor is meghatározzuk, hogy a megtakarított területen milyen terméket termelünk, s ezáltal 1 Ft jövedelmet mekkora terület felhasználásával tudunk előállítani.

Az üzemenkénti tömegtakarmány-termelés és szakosított abrak-takarmány-termelés egy modellbe is összefoglalható. Ebben az esetben az üzemenkénti táplálóanyag-szükségletet nem osztjuk szét előre tömegtakarmányokból és abraktakarmányokból fedezendő szükségletre, hanem az elosztást bizonyos élettanilag megengedhető rugalmas határok között a program megoldására bízuk.

Ekkor a modell felépítése a következők szerint történhet: Összeállítunk minden gazdaságra egy teljes takarmánytermelési modellt a III. rész 3. fejezetében mondottak szerint, de úgy, hogy abban az abraktakarmány-változók más gazdaságok által az illető gazdaság számára történő termelést is magukban foglalják. Ezeket a modelleket átlós irányban (a fő diagonál mentén) a II. rész 2. fejezetében bemutatott modellhez hasonlóan egy modellbe foglaljuk. E modelleket összekap-

37. táblázat. A takarmánynövények tervezett vetésterülete Hajdú-

Növény	Berettyóújfalu	Bihar-keresztes	Bödönhat	Debrecen	Hajdúnánás
Őszi árpa	1261	784	389	110	201
Zab	56	274	200	—	—
Kétszeres	54	200	129	150	350
Kukorica	1748	1075	525	—	1854
Takarmányborsó	95	139	110	—	—
Szegletes lednek	—	—	—	—	—
Szójabab	236	—	145	—	100
Silókukorica	424	539	426	260	524
Őszi keverék	96	95	39	73	75
Kukoricacsalamádé	78	—	75	—	12
Borsós csalamádé	24	—	—	57	—
Szudánifű	—	10	45	—	—
Lucerna	1455	1131	704	162	802
Vörös here	94	539	293	76	120
Baltacim	—	—	—	—	—
Füves here	—	—	7	—	—
Takarmányrépa	—	—	—	6	—
Murokrépa	8	3	—	—	4
Összesen	5629	4789	3087	894	4042

csoljuk a gazdaságokban meglevő takarmánytermő területre, esetleg munkaerőre, termelési eszközökre stb., vagy a termelési arányokra vonatkozó mérlegfeltételekkel. A célfüggvénnyel kapcsolatban az előbbieken elmondottak az irányadók.

Az így elkészített, az egész takarmánytermelést átfogó modell pontosabb eredmény elérését teszi lehetővé, de nagy terjedelmű. Megoldásánál alkalmazhatjuk a kétszintű programozás módszerét.

A továbbiakban két egyszerűsített modell megoldásának eredményét kívánom ismertetni. A leegyszerűsítés kizárólag azért volt szükséges, mert nem rendelkeztem megfelelő számítógép-kapacitással. Módszertani vizsgálatok céljából azonban ez a leegyszerűsítés megengedhető.

Az egyik modell Hajdú-Bihar megye állami gazdaságainak takarmánytermelésére vonatkozik. Az akkori 11 állami gazda-

Bihar megye állami gazdaságaiban (kh)

Hajdú- szoboszló	Hosszúhát	Pallag	Dorog	Agrártudo- mányi Főiskola	Hortobágy	Összesen
903	629	189	150	355	2 098	6 989
—	—	—	—	—	213	743
347	—	—	—	79	876	2 185
2383	545	140	164	460	1 513	10 407
—	—	—	—	—	—	344
—	154	—	—	—	—	154
150	31	—	—	—	74	736
715	570	101	100	329	1 111	5 099
65	—	17	8	50	342	860
37	—	16	—	15	100	333
26	—	—	—	33	—	140
—	—	—	—	—	30	85
1100	560	120	163	343	3 519	10 059
49	—	—	55	—	—	1 226
—	—	—	—	9	—	9
—	—	—	—	—	263	270
3	—	—	—	19	15	43
2	—	—	—	—	—	17
5780	2489	503	640	1692	10 154	39 699

ságban terv szerint 39 699 kh-on termelnek fővetésű takarmánynövényeket. E fővetésű takarmánytermő terület 54 %-án abraktakarmányok, 46 %-án pedig tömegtakarmányok termelését tervezték (37. táblázat).

Az egyes takarmánynövények tervezett átlagtermése gazdaságonként jelentősen eltér (38. táblázat).

A vizsgálat kiindulási alapját a gazdaságok takarmánytermelési tervei képezték, azzal a feltételezéssel, hogy azok fedezik gazdaságonként a szántóföldi fővetésű takarmányokkal kielégítendő táplálóanyagokat.

Feltételeztem, hogy a gazdaságok tervében a tömegtakarmányok és az abraktakarmányok aránya megfelel az állatállomány igényének, s a gazdaságok törekednek arra, hogy a szállításiigényes tömegtakarmányokat helyben termeljék meg, de a jobban szállítható koncentrált abraktakarmányokból

38. táblázat. A takarmánynövények tervezett átlagtermése Hajdú-

Növény	Berettyó- újfalú	Bihar- keresztes	Bödönhat	Debrecen
Őszi árpa	19,00	15,36	13,50	13,00
Zab	11,00	8,40	8,00	—
Kétszeres	19,00	16,00	13,50	13,00
Kukorica	23,38	20,40	22,50	—
Takarmányborsó	9,00	8,00	8,00	—
Szegletes lednek	—	—	—	—
Szójabab	7,22	—	7,00	—
Silókukorica	160,00	177,10	194,50	150,00
Őszi keverék	80,00	80,00	80,00	70,00
Kukoricacsalamádé	80,00	—	100,00	—
Borsós csalamádé	80,00	—	—	100,00
Szudánifű	—	100,00	110,00	—
Lucerna	23,11	22,84	24,87	23,46
Vörös here	16,00	15,55	26,00	23,00
Baltacim	—	—	—	—
Füves here	—	—	10,00	—
Takarmányrépa	—	—	—	150,00
Murokrépa	50,00	40,00	—	—

az egymás közötti kooperációra, szakosodásra is lehetőség van.

Az alkalmazott egyszerűsítő feltevések lehetővé tették a modell terjedelmének és számításigényének jelentős csökkentését, de megmutatták a módszer alkalmazásának eredményességét és az alkalmazás problémáit. Természetesen nem várható, hogy ilyen egyszerűsítések mellett gyakorlatilag is elfogadható eredményeket nyerjünk.

A megoldást két lépésben hajtottam végre.

Először gazdaságonként állítottam össze egy-egy modellt a tömegtakarmányok termelésére vonatkozóan. E modellekkel szemben kizárólag az volt a követelmény, hogy a megoldásukkal kapott termelési terv legalább annyi tömegtakarmánnyal fedezhető táplálóanyagot biztosítson, mint a gazdaságok eredeti terve, de a lehető legkevesebb terület felhasználásával. Minden más, a gyakorlati célra történő tervezésben szükséges igénytől (növényarány, élettani igény, munkaerő- és eszköz-

Bihar megye állami gazdaságaiban (q/kh)

Hajdú- nánás	Hajdú- szoboszló	Hosszúhát	Pallag	Dorog	Agrár- tudományi Főiskola	Hortobágy
17,87	19,73	18,00	18,50	17,00	18,71	14,07
—	—	—	—	—	—	9,00
17,93	19,56	—	—	—	17,00	15,27
22,90	24,40	28,00	23,00	23,00	26,61	21,41
—	—	—	—	—	—	—
—	—	8,00	—	—	—	—
6,00	7,30	8,30	—	—	—	8,00
183,00	185,00	215,00	120,00	190,00	186,00	131,49
80,00	91,38	—	140,00	100,00	108,00	91,26
120,00	100,00	—	160,00	—	150,00	90,00
—	100,00	—	—	—	100,00	—
—	—	—	—	—	—	100,00
23,89	27,85	27,69	24,59	24,32	28,63	26,10
26,17	30,00	—	—	23,00	—	—
—	—	—	—	—	25,00	—
—	—	—	—	—	—	32,75
—	200,00	—	—	—	250,00	200,00
100,00	60,00	—	—	—	—	—

igény stb.) eltekintettem, az előző fejezetekben ismertetett módon azonban ezek is figyelembe vehetők.

Ezután következett az abraktakarmányok szakosított termelési modelljének összeállítása. A megoldásnak olyan termelési tervet kellett eredményeznie, amely fedezi a 11 gazdaság tervében az abraktakarmányok által összesen megtermelhető táplálóanyag-mennyiségeket, de úgy, hogy az egyes gazdaságokban legfeljebb az eredeti tervben abraktakarmánytermelésre előírányzott területek használhatók fel, és az összes gazdaságok által felhasznált terület a lehető legkevesebb legyen. Itt sem vettem tehát figyelembe élettani igényeket, munkaerő- és eszközfelhasználást, sőt az egyes gazdaságok konkrét táplálóanyag-arányainak előírásától is eltekintettem.

A tömegtakarmányokra vonatkozó modellek megoldásával kapott vetésszerkezeteket gazdaságonként a 39. táblázat tartalmazza. Eszerint a termelési terv minden gazdaságban 2 nő-

39. táblázat. A programozott vetésterület gazdaságoként

(Me: kh)

Gazdaság	Lucerna	Siló- kukorica	Csalamádé	Összesen
Berettyóújfalu	1581,61	477,79	—	2059,40
Biharkeresztes	1471,10	587,40	—	2058,50
Bödönhát	986,30	507,98	—	1494,28
Debrecen	283,09	294,83	—	577,92
Hajdúnánás	946,87	550,54	—	1497,41
Hajdúszoboszló	1192,51	750,78	—	1943,29
Hosszúhát	560,00	570,00	—	1130,00
Pallag	121,60	—	112	233,60
Dorog	208,17	105,80	—	313,97
Agrártudományi Főiskola	400,64	363,00	—	763,64
Hortobágy	3932,60	1293,85	—	5226,45

vényt tartalmaz, silókukoricát és lucernát, kivéve egy gazdaságot, ahol a lucerna és csalamádé termelése indokolt. *A megoldás, ha nem is eredményezett gyakorlatilag elfogadható termelési tervet — az egyszerűsítések miatt —, mindenesetre felhívja a figyelmet 2 növényre, amelyek termelését érdemes a lehetőség szerint kiterjeszteni.*

A programozással kapott termelési tervek a különböző táplálóanyagokból az eredeti tervben tömegtakarmányok által megtermelhető táplálóanyagoknál valamivel többet tartalmaznak, és emellett gazdaságoként is jelentős területmegtakarítást eredményeznek (40. táblázat).

A területmegtakarítás mértéke gazdaságoként igen különböző, de egy gazdaság kivételével a programozással kapott terv az eredetihez képest valamennyi gazdaságban kevesebb területet használ fel. Az egy gazdaság kivételes helyzete abból adódik, hogy ez már az eredeti tervben is 2 növény termelését állította be, s itt a programozás eredményeként kapott terv megegyezik az eredetivel.

Megyei vonatkozásban a tömegtakarmány-termelés tervének programozása 842,5 kh terület megtakarítását eredményezte, ami az eredeti terv szerint tömegtakarmány-termelésre fordítható terület 4,6%-át jelenti.

40. táblázat. A tömegtakarmány-termelés programozásával gazdaságonként megtakarítható terület

Gazdaság	Megtakarítható terület, kh
Berettyóújfalu	119,6
Biharkeresztes	258,5
Bödönhat	94,7
Debrecen	56,1
Hajdúnánás	39,6
Hajdúszoboszló	53,7
Hosszúhát	0,0
Pallag	20,4
Dorog	12,0
Agrártudományi Főiskola	34,4
Hortobágy	153,5
Összesen	842,5

Felvetődik azonban a kérdés, hogy vajon a tényleges átlag-termések és termelési költségadatok alapján az eredeti vagy a programozott terv adott volna több táplálóanyagot, illetve igényelt volna kevesebb termelési költséget. A 41. táblázat bemutatja gazdaságonként az eredeti és programozott terv szerint a tényleges termésátlag alapján megtermelhető táplálóanyagokat és a tényleges önköltségek alapján felmerülő termelési költségeket.

A táblázat szerint, egy-két eset kivételével a programozott terv a tényleges termésátlagok alapján is több táplálóanyag termelését teszi lehetővé, mint az eredeti, és emellett jelentős termelési költség megtakarítást is mutat a 842,5 kh terület-megtakarítás mellett.

Az abraktakarmányok szakosított termelésére vonatkozó számítás eredményeit a 42. táblázat tartalmazza. A Hortobágy kivételével valamennyi gazdaság csak egyfajta abrak-takarmánynövényt termelne a programozott szakosítási terv szerint, és az összes gazdaságok 6 növény helyett mindössze

41. táblázat. Az eredeti és a programozott terv által termelhető táplálóanyag és felmerülő termelési költség a tényleges eredmények alapján

Gazdaság terve		Keményítő- érték, q	Emész- tethő fehérje, q	Emész- tethő fehérje*, + 50% amid q	Termelési költség, Ft
Berettyóújfalu	eredeti	13 954	3283	3777	1 708 256
	programozott	15 007	3497	4022	1 470 496
Biharkeresztes	eredeti	18 843	3753	4368	3 500 156
	programozott	19 006	3893	4513	3 146 672
Bödönhat	eredeti	8 804	1789	2186	2 540 603
	programozott	9 807	2296	2640	2 432 486
Debrecen	eredeti	6 932	909	1102	1 738 665
	programozott	7 144	1023	1219	1 703 253
Hajdúnánás	eredeti	17 828	3060	3594	3 786 759
	programozott	18 979	3366	3942	3 738 904
Hajdúszoboszló	eredeti	24 350	3917	4631	2 904 869
	programozott	24 525	4013	4728	2 816 582
Hosszúhat	eredeti	23 036	2532	3104	990 230
	programozott	23 036	2532	3104	990 230
Pallag	eredeti	2 307	405	478	808 661
	programozott	3 240	475	586	662 162
Dorog	eredeti	3 198	524	617	772 488
	programozott	3 498	606	711	758 283
Agrártudományi Főiskola	eredeti	7 919	1070	1291	1 926 725
	programozott	7 740	1086	1297	1 842 124
Hortobágy	eredeti	32 337	7924	9110	8 665 019
	programozott	32 108	8164	9344	8 644 331

* E feladatban külön számoltam emészthető valódi fehérjével és emészthető valódi fehérje + 50% amiddal.

42. táblázat. Az abraktakarmányok szakosított termelési terve

Gazdaság	Növény	Terület, kh	Megtakarított terület, kh
Berettyóújfalu	kukorica	3 450	—
Biharkeresztes	—	—	2472
Bödönhat	kukorica	1 498	—
Debrecen	—	—	260
Hajdúnánás	kukorica	2 505	—
Hajdúszoboszló	kukorica	3 783	—
Hosszúhat	szójabab	1 359	—
Pallag	kukorica	249	—
Dorog	kukorica	314	—
Agrártudományi Főiskola	kukorica	894	—
Hortobágy	kukorica	3 225	239
	szójabab	1 310	—
Összesen		18 587	2971

csak 2 abraktakarmány-növény termelésével foglalkoznának. A megtakarítás igen jelentős, 2971 kh, ami az eredeti abraktakarmánytermő terület 13,8 %-át jelenti.

Az eredménnyel kapcsolatban azonban felmerül néhány probléma:

a) Az állatállomány abraktakarmány iránti igénye a vásárolt vagy a gazdaságba visszakerült ipari melléktermék és ipari eredetű takarmányok figyelembevételével kielégíthető-e úgy, hogy csak kétféle abraktakarmányt termelünk. Ez módszertani szempontból nem okoz gondot, mivel korlátozó feltételekkel előírhatók az egyes növények termelésére vonatkozó kívánalmak.

b) Nagyobb problémát jelent azonban az, hogy a gazdaságok munkaerővel és eszközökkel (gépekkel, munkaeszközökkel stb.) való ellátottsága megengedi-e, hogy gazdaságonként csak egyfajta abraktakarmányt termeljünk, illetve, hogyan lehet a szakosítás kérdését összhangba hozni a gazdaságok termelési erőforrásaival. Ez a probléma a gazdaságok alapos ismeretében bizonyos, a termelési arányokat korlátozó feltételek beiktatásá-

val, vagy pedig a munkaerőre és termelési eszközökre vonatkozó mérlegfeltételekkel megoldható.

c) Az előbbiekhöz hasonló probléma a talajminőségek figyelembevétele a szakosítás megoldásában. Elvileg ez is megoldható a III. rész 4. fejezetében ismertetett módon, ami azonban a modell terjedelmét igen megnövelné.

d) Végül igen fontos annak megvizsgálása, hogy a szakosítással elérhető megtakarítással szemben mekkora a szakosítás miatt bekövetkezendő szállítási feladatok költségtöbblete. Ennek vizsgálata a második modellben kerül ismertetésre.

A takarmánytermelés szakosításának tervezése igen sok munkát igényel és a modell kiszámításához nagy teljesítményű elektronikus számítógép szükséges. Az eredmény azonban megéri a fáradságot. Ez abból is kitűnik, hogy a dolgozatban ismertetett vizsgálat Hajdú-Bihar megye állami gazdaságaiban kb. 5 900 000 Ft jövedelemtöbbletet mutatott. Ha ez egyszerűsítések nélkül egyötödére csökkenne, a megoldás akkor is megérné a fáradságot és a felmerült költségeket.

A továbbiakban egy másik modell eredményét ismertetem. Ez kizárólag az abraktakarmány-termelés szakosítására vonatkozik. A vizsgálat 3 gazdaságra terjed ki és azt tűzi ki célul, hogy minden gazdaság számára biztosítani kell az eredeti termelési tervek szerint előállítható abraktakarmányokat, a gazdaságok legfeljebb az eredeti tervükben abraktakarmány-termelésre előirányzott területet használhatják fel, de a termelési költség és a szakosításból adódó gazdaságok közötti szállítási költség (viszontszállításokat nem véve figyelembe) együttesen a lehető legkevesebb legyen. Tekintve, hogy a szállítási költséget is figyelembe vettük, eleve tudni lehetett, hogy *a megoldás csak akkor eredményez szakosítást, ha a szakosított termelés költsége szállítási költséggel együtt nem lesz több, mint az eredeti terv szerinti termelési költség.*

A figyelembe vett gazdaságok eredeti termelési tervét a 43. táblázat tartalmazza.

A 44. táblázat feltünteti a kh-ankénti termelési és szállítási költségeket, ahol saját részre való termelés esetén csak a termelési költség szerepel, idegen üzem részére történő termelés

43. táblázat. Három gazdaság abraktakarmány-termelési terve

Gazdaság	Növény	Vetés- terület, kh	Átlag- termés, q/kh	Összes termés, q	Termelési költség, Ft/kh
Berettyó- újfalu	őszi árpa	1261	19,00	23 959	2869,0
	kukorica	1748	23,38	40 868	5050,1
	szója	236	7,22	1 704	3010,7
Hosszúhát	őszi árpa	629	18,00	11 322	2484,0
	kukorica	545	28,00	15 260	4788,0
	szója	31	8,30	257	3560,7
Hortobágy	őszi árpa	2098	14,07	29 519	1941,7
	kukorica	1513	21,41	32 393	2682,5
	szója	74	8,00	592	2672,0

44. táblázat. Termelési és szállítási költségek, Ft/kh

Termelő gazdaság	Növény	Felhasználó gazdaság		
		Berettyó- újfalu	Hosszúhát	Hortobágy
Berettyó- újfalu	őszi árpa	2869,0	2992,1	3146,0
	kukorica	5050,1	5202,1	5392,4
	szója	3010,7	3057,1	3116,2
Hosszúhát	őszi árpa	2601,0	2484,0	2692,8
	kukorica	4970,0	4788,0	5112,8
	szója	3614,7	3560,7	3657,0
Hortobágy	őszi árpa	2147,1	2104,9	1941,7
	kukorica	3973,7	3909,5	3682,5
	szója	2788,8	2764,8	2672,0

esetén pedig ehhez hozzáadtam az idegen üzembe történő szállítási költséget is.

A megoldás eredményeként kapott szakosított termelési tervet a 45. táblázat tartalmazza.

A megoldás szerint Berettyóújfalu és Hosszúhát egy-egy abraktakarmány termelésére szakosodik, míg Hortobágy ve-

45. táblázat. Szakosított termelési terv, q

Termelő gazdaság	Növény	Felhasználó gazdaság		
		Berettyó- újfalu	Hosszúhát	Hortobágy
Berettyóújfalu	őszi árpa kukorica szója	23 959,00	11 322,00	18 161,54
Hosszúhát	őszi árpa kukorica szója	18 480,00	15 260,00	
Hortobágy	őszi árpa kukorica szója	22 388,00 1 704,00	257,00	11 357,46 32 393,00 592,00

gyes termelést folytat. A szakosodás eredménye 432,29 kh terület (az eredeti terület 5,3%-a) és 808 903,6 Ft termelési költség (az eredeti összes termelési költség 2,9%-a) megtakarítása.

V. A CÉLFÜGGVÉNY NÉHÁNY PROBLÉMÁJA — TÖBB CÉLFÜGGVÉNY ALKALMAZÁSA

Amint az I. részben említettem, valamely feladat mérlegfeltételei általában több tervvariánssal teljesíthetők. Ezek azonban nem egyenértékűek és a legtöbbször számtalan sok lehetséges tervvariáns közül ki kell választani azt, amely bizonyos cél vagy célok szempontjából leginkább megfelelne számunkra. Felmerül a kérdés, hogy minek alapján válasszuk ki a számunkra legkedvezőbb tervvariánst, vagyis mi legyen a célfüggvény tartalma? E kérdés eldöntése sok esetben rendkívül nehéz és igen sok tényezőtől függ. „A népgazdasági optimum-kritérium problémája rendkívül nehéz: elméletileg és gyakorlatilag egyaránt. A szűken vett közgazdasági vonatkozásokon túlmenően számos másfajta — politikai, szociológiai, pszichológiai, etikai stb. — vetülete van. Bonyolultsága miatt pl. Magyarországon a matematikai módszerek alkalmazásával foglalkozó közgazdászok egyike-másika teljesen pesszimistán ítéli meg a tisztázás lehetőségeit, s inkább visszavonul: olyan modellek alkalmazását javasolja, amelyekben nem szerepel célfüggvény, explicite megformulázott optimum-kritérium.” [9, 301. old.].

A probléma eldöntése sokszor üzemi szintű programozásnál sem könnyebb, a kérdés megkerülésére azonban véleményem szerint nincs lehetőség.

Első megközelítésre tekintsük az 1.3. és 1.4. formulákat mint üzemi modellt. Az 1.4. feltételi rendszer rögzíti az összes szükségszerű összefüggéseket, így a technológiai kapcsolatokat, természeti feltételeket, a termelőerőkkel kapcsolatos korlátokat (melyek alakítása módunkban áll vagy sem), népgazdasági igényeket és a szükséges üzemi arányokat stb. Az 1.3. célfüggvény kifejezi a gazdasági vezetés kívánalmait. A feltételi

rendszerben kifejeződik a „kell” (vagy „lehetetlen”); *A. Kaufmann* ezeket „célok”-nak, illetve „korlátozó feltételek”-nek nevezi. („A célokat és korlátozó feltételeket együtt matematikai korlátozó feltételeknek nevezzük” [7, 17. old.].) A célfüggvényben pedig kifejeződik a „jó lenne minél inkább...”; vagyis a feltételi rendszer a külső körülmények kényszerítő erejét, a célfüggvény pedig a gazdasági vezetés óhajait fejezi ki.

A szükségesség (kell vagy lehetetlen) és óhaj (jó lenne minél inkább) között azonban sok esetben nincs éles határ. Például általában lehetetlen, hogy egy mezőgazdasági üzem a rendelkezésre álló területnél, gépnél stb. többet használjon fel, vagy kell, hogy bizonyos mennyiségű takarmányt vagy istállótrágyát előállítson, de esetleg jó lenne, ha bizonyos cél eléréséhez minél kevesebb területet vagy gépet használnánk fel, illetve ha a „kell”-nél több trágyát vagy takarmányt állítanánk elő. Ez esetben tehát a szükségesség óhajjá, a feltételi rendszer egyes feltételei célokká minősülhetnek [9].

Általában egy üzem tervének elkészítésekor a gazdasági vezetésnek több célja lehet. Matematikai modelljeinkben A. Kaufmann szerint csak egyetlen optimalizálandó célfüggvény lehet [7]. Ez viszont nem mond ellent annak, hogy egyidejűleg több célt is figyelembe vehetünk.

A célok közül egyeseket a feltételrendszerben fejezhetünk ki azáltal, hogy előírjuk azok teljesítésének a gazdaságvezetés által megszabott minimális vagy maximális határát. Ez azt jelenti, lemondunk arról, hogy a gazdaságvezetés minden célját a célfüggvényben fejezünk ki, de a feltételrendszerben beépítünk ezekre nézve egy kívánatos szintet. Ezek természetesen a modell minden megoldása során módosulhatnak, amennyiben az árnyékárak elemzése azt indokolja. E módosítások során egy programsorozathoz juthatunk, melyből most már az összes célokat figyelembe véve választhatjuk ki a nekünk legjobban megfelelő tervvariánst.

Ha a célok egy részét a feltételrendszerbe építettük be, úgy a fennmaradó cél vagy célok a célfüggvénybe kerülnek. Ha még mindig több cél marad, amelyet a célfüggvényben kívánunk figyelembe venni, akkor eljárásunk általában kétféle lehet.

Eljárhatunk úgy, hogy az adott modellt annyiszor oldjuk meg, ahány célt a célfüggvényben figyelembe kívánunk venni. Minden megoldásnál egy célfüggvényt alkalmazunk. Így annyi féle megoldást kaptunk, ahány célfüggvényünk van. Jelöljük a programmegoldásokat $\mathbf{x}^I, \mathbf{x}^{II}, \dots, \mathbf{x}^N$ -nel. E programokat alternatív programoknak tekinthetjük, és mivel ezek mindegyike eleget tesz a modell mérlegfeltételeinek, így az ezekből tetszés szerint megválasztott megoszlási viszonzyszámok segítségével előállított újabb programok is eleget tesznek a modell mérlegfeltételeinek. Ha most az $\mathbf{x}^I, \mathbf{x}^{II}, \dots, \mathbf{x}^N$ programból egy

$$\mathbf{x}^0 = \xi_1 \mathbf{x}^I + \xi_2 \mathbf{x}^{II} + \dots + \xi_n \mathbf{x}^N \quad 5.1.$$

újabb programot képezünk, ahol

$$\xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_n = 1 \quad \text{és} \quad \xi_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

az tehát szintén eleget tesz a modell mérlegfeltételeinek.

A ξ_i értékek célszerű megválasztása közgazdasági feladat.

A ξ_i értékek megadásával több variációt is elkészíthetünk, s ezekből valamennyi célt figyelembe véve választhatjuk ki a számunkra legkedvezőbb tervvariánst.

Tekintsük például a II. rész 1. fejezet 5. táblázatából az 1—2 éves növendéküszők napi takarmányadagját, amikor az elszámoló árat minimalizáltuk és a III. rész 1. fejezet 25. táblázatából ugyanazt, amikor is a területszükségletet minimalizáltuk. Tekintsük ezt két alternatív programnak. A 46. táblázat bemutatja ezen két adagot és azok egy kombinációját (ahol $\xi_1 = 0,3$ és $\xi_2 = 0,7$), amely szintén eleget tesz a modellben megfogalmazott mérlegfeltételeknek. Természetesen számtalan sok ilyen kombinációt képezhetünk és ezek közül választhatjuk ki a számunkra legalkalmasabb adagot.

Ez a módszer „belső pontban” eredményezhet optimumot, azonban ezzel a problémával tanulmányomban nem foglalkozom [3]. Megjegyezni kívánom azonban, hogy az alternatív prog-

46. táblázat. Alternatív adagok kombinációja

Megnevezés	I.	II.	0,3 I. + 0,7 II.
Kukorica	0,20	0,31	0,28
Zab	—	—	—
Korpa	0,07	0,20	0,16
Olajpogácsa	—	0,30	0,21
Lucernaszéna	2,15	1,16	1,36
Borsószalma	—	2,00	1,40
Kukoricaszár	4,50	2,82	2,11
Siló	13,00	13,00	13,00
Takarmányrépa	7,00	7,00	7,00
Répaszelet	—	—	—
Terület, □-öl	—	2,73	1,911
Költségigény, Ft	7,26		2,178

ramok maguk is egy modell megfogalmazását, s ennek megoldását teszik lehetővé.

Ez esetben az alternatív programokat változókként tekintve a programozás eredményeképpen kapjuk meg a ξ_i értékeket.

Másik eljárásunk az lehet, amikor a különböző céloknak súlyokat adunk, s ezekkel a célokat besorozva összegezzük.

Így egy célfüggvényhez jutunk, mely azonban több célfüggvény súlyozott összege. „A legegyszerűbb az az eset, amikor több elérendő célunk van ugyan, de ezeknek a céloknak megfelelő súlyokat adhatunk és összegezhethetjük őket. Így egyetlen célfüggvényt kapunk, amely az egyes célok megvalósítási fokának súlyozott összege” [14, 158. old.].

Közgazdasági feladat annak eldöntése, hogy a különféle céloknak milyen súlyokat adunk, illetve, hogy e súlyok arányai milyenek legyenek.

Ha k célfüggvényünk van

$$c_1^* x \rightarrow \text{extr.}$$

$$c_2^* x \rightarrow \text{extr.}$$

$$\vdots$$

$$c_k^* x \rightarrow \text{extr.}$$

5.2.

és r_1, r_2, \dots, r_k -val jelöljük az első, második és így tovább a k -adik célfüggvényre előírt súlyokat és ezeket az r_i skalárokat az \mathbf{r}^* sorvektorba, a \mathbf{e}_i^* sorvektorokat pedig a \mathbf{C} matrixba foglaljuk össze, akkor a \mathbf{e}^* sorvektor, mely a $\mathbf{e}_1^*, \mathbf{e}_2^*, \dots, \mathbf{e}_k^*$ sorvektorok r_i -kel súlyozott összege, a

$$\mathbf{e}^* = \mathbf{r}^* \mathbf{C} \quad 5.3.$$

formában adható meg. Optimalizálandó célfüggvényünk így a

$$\mathbf{e}^* \mathbf{x} = \mathbf{r}^* \mathbf{C} \mathbf{x} \quad 5.4.$$

formulával fejezhető ki.

Ezt a módszert alkalmaztam tulajdonképpen a II. rész 1. fejezetében, amikor is az elszámoló árakat terület-koefficiensre számítottam át. Itt ugyanis valójában 2 célfüggvénnyel dolgoztam (területigény és elszámoló ár). Speciális vonása volt a feladatnak az, hogy azoknál a tevékenységeknél, amelyeknél a terület-koefficiens a zérustól különbözött, ott az elszámoló ár zérus volt, ahol viszont az elszámoló ár különböző volt a zérustól, ott a területigény volt zérus. Az elszámoló ár célfüggvénye 0,34-gyel szorozva (amennyi terület szükséges lenne ahhoz, hogy azon kukorica termelése által 1 Ft-ot megtermeljünk) és a két célfüggvényt összegezve (illetve a két célfüggvény komponenseiből összeállított matrixot szorozva balról a $[1, 0,34]$ sorvektorral) egy célfüggvényt kaptam, amely az előbbi két célfüggvény súlyozott összege.

A matematikai tervezés során az egyik legsarkalatosabb és legalaposabb közgazdasági elemzést kívánó probléma a célfüggvény közgazdasági tartalmának meghatározása. Adott feltételi rendszer esetén ugyanis a célfüggvény tartalmától függően különböző megoldásokhoz jutunk. Ennek megfelelően azt, hogy egy matematikai programozással kapott tervvariáns mennyire közelíti meg az optimálist, az alapadatok minősége és a feltételrendszer helyessége mellett nagymértékben meghatározza a célfüggvény közgazdasági tartalmának helyes megválasztása.

Ha azonban a hagyományos módszerekkel kialakított és a matematikai programozással kapott tervet a tervmutatók szempontjából összehasonlítjuk és a matematikai programo-

zás által kapott terv az összes mutatók tekintetében azonos vagy jobb és legalább egy mutató tekintetében egyértelműen jobb, mint a hagyományos módon kialakított terv, akkor azt mondjuk, hogy a matematikai programozással kapott terv dominálja a hagyományos módon kialakított tervet. A gazdasági vezetésnek tehát érdemes a matematikai programozás eredményét előnyben részesíteni, mivel az semmilyen tekintetben nem rosszabb, legalább egy tekintetben pedig határozottan jobb. Ez esetben a matematikai programozással kapott terv közelebb van az optimálishoz, mint a hagyományos mód-szerekkel kialakított.

Vizsgálataimban háromféle célfüggvény fordul elő: az elszámoló ár, a termelési költség és a területigény.

Az elszámoló árat a piaci ár helyett használtam, megemlítve, hogy célszerűbb a piaci árat alkalmazni, de módszertani kutatások céljaira az elszámoló ár kézenfekvőbb volt. *A piaci árak alkalmazása a takarmányfelhasználás tervezésében célszerű.*

A takarmánytermelés tervezésében a termelési költséget és területigényt, vagy pedig ezek együttesét célszerű alkalmazni.

Nem zárom ki azonban más mutatóknak célfüggvényként való figyelembevételét sem. Külföldön előfordul, hogy a fehérjetermelés maximalizálását tekintik célnak. Véleményem szerint ennek nincs különösebb létjogosultsága. A takarmánytermelési tervet általában adott vagy tervezett állatállomány számára készítjük el, s a különböző táplálóanyagok között meghatározott aránynak kell lennie. A fehérjetermelés maximalizálása helyett tehát gyakorlatiasabb az a cél, ha maximális táplálóanyag-előállításra törekszünk, de úgy, hogy a különböző táplálóanyagok arányát meghatározzuk. A fehérjetermelés maximalizálása csak az esetben jöhetne számításba, ha korlátlanul és olcsón beszerezhetünk fehérjeszegény takarmányokat. Számításba jöhetnek azonban esetlegesen bizonyos munkatermelékenységi vagy más mutatók.

VI. BIZONYTALAN ADATOK KEZELÉSE*

A tervezésben általában is, de a mezőgazdaságban különösen felvetődik az adatok bizonytalanságának problémája. Legtöbbször olyan adatokkal kell dolgoznunk, amelyek pontos értékét nem ismerjük. Ilyenkor csak a megközelítő pontosságú adatokból indulhatunk ki, vagy csak azt tudjuk megmondani, hogy az adatok milyen intervallumban helyezkednek el, illetve, hogy bizonyos valószínűséggel milyen határok között mozognak. Az ilyen értékeket a pontos adatok becslésének tekinthetjük.

A takarmánygazdálkodás tervezésében is általában bizonytalan adatokkal dolgozunk. Teljesen biztos adatokkal úgyszólván nem is rendelkezünk, mert ha más nem, maga a mérőeszköz korlátozott pontossága is okoz némi pontatlanságot. Például a takarmánykészletet, még ha le is mérjük, nem fogjuk a mérést grammnyi pontossággal végezni, így a mérlegeléssel kimutatott készlet, ha kis mértékben is, el fog térni a valóságos készlettől. Még nagyobb bizonytalanságot okoz az, hogy nem ismerjük az egyes állatok pontos — az egyedre jellemző — szükségletét a különböző táplálóanyagokból. Erre vonatkozólag csak kísérletileg megállapított átlagos adatokat ismerünk — a szabványtáblázat adatait —, amelyek természetesen nem egyeznek meg az egyes állategyedek szükségleteivel. Hasonlóképpen a takarmányok táplálóanyag-tartalmára vonatkozólag is általában szabványtáblázatból kivett átlagos adatokkal dolgozunk, de még ha takarmányvizsgálatot végzünk is, a vizsgálat eredményei csak a tényleges értékek becslésének tekinthetők.

* Ebben a fejezetben néhány olyan problémát is felvetek, amelyek a stratégiai játékok elméletéhez tartoznak. Ennek az elméletnek részletesebb kifejtése azonban vizsgálatunk területén kívül esik.

Különösen nagy bizonytalansággal kell számolnunk a takarmánytermelési terv elkészítésekor. Itt ugyanis az előbbiektől mellett még más, sokkal nagyobb bizonytalanságot okozó tényezők is vannak. A mezőgazdasági termelésben — különösen a növénytermelésben, s így a takarmánytermelésben is — jelentős hatással van mind a termelési folyamatra, mind pedig a termelés eredményeire az időjárás. Az időjárás befolyásának hatását nem látjuk előre. Vannak ugyan bizonyos információink a termelés múltbeli folyamatairól és eredményeiről — bár sok esetben az információ hiányosságai a múltra vonatkozó adatokban is előidéznek több-kevesebb bizonytalanságot —, de a jövőbeni adatok pontos alakulását nem ismerjük.

A termelési terv elkészítésekor bizonyos tendenciózus hibák is előfordulhatnak, amennyiben a gazdasági vezetés érdekelt abban, hogy valamilyen okból a tervet eltorzítsa. Az ilyen hibákat a kiváltó okok megszüntetésével lehet elsősorban elkerülni. Bizonyos eredményeket érhetünk el azzal is, ha az adatok objektív becslését végezzük el. Ennek eredményességét rontja azonban, hogy a tendenciózus hibák legtöbbször már a régebbi adatokban is megtalálhatók, amelyeket a becslésben felhasználunk. Egyébként is, ha a gazdasági vezetés szándékosan torzítani kívánja a tervet, akkor csak ilyen torzított tervet hajlandó elfogadni.

A bizonytalanság körülményeit kiváltó néhány tényező felsorolása után tekintsük át röviden a bizonytalan adatok kezelésének egy-két módszertani vonatkozását.

A bizonytalan adatok kezelése igen bonyolult probléma, amelynek részletesebb kifejtésére most nem törekedhetem. Mivel azonban a mezőgazdasági tervezésben a bizonytalanság problémája különösen éles — némelyek szerint lehetetlenné teszi a matematikai programozás mezőgazdasági alkalmazását —, ha szűk keretek között is, ki kell térnem a bizonytalan adatok kezelésével kapcsolatos módszertani kérdésekre [9, 14].

Legkevesebb problémát okoz a bizonytalan adatok kezelése a takarmányfelhasználás tervezésében. Itt ugyanis az adatok pontatlansága vagy viszonylag jelentéktelen, vagy a pontatlanságot csökkenteni tudjuk. Például azt mondjuk, hogy a gazdaságban rendelkezésre álló valamely takarmány olyan jó (vagy rossz) minőségű, hogy annak táplálóanyag-tartalma a szabványtáblá-

zatban található nál magasabb (vagy alacsonyabb). Tegyük fel, hogy szerintünk 6 %-kal magasabb az illető takarmány fehérjetartalma a szabványtáblázatban található fehérjetartalomnál. Lehet, hogy a valóságban az eltérés 5 %-os vagy 9 %. A szubjektív megítéléssel kerekített adat ez esetben közelebb van a valósághoz, mint a szabványtáblázat adata. Hogy a kerekítés alkalmával túlbecsüljük vagy alábecsüljük az adatokat, az nagymértékben függ a takarmányok és állati termékek árarányától és sok más tényezőtől.

Az adatok pontosításának egyik módszere, hogy a modell szerkezetének vagy számszerű adatainak változtatásával számításorozatot végzünk. A modell feltételrendszerét, esetleg a célfüggvény típusát többször megváltoztatva tanulmányozzuk, hogy a modell szerkezetének változása mennyiben módosítja a programozás eredményeit, hogy egy adott modellszerkezetben az adatok megváltoztatása hogyan hat a kapott eredményre. Például a takarmányokat másként csoportosítva változtatjuk a takarmánycsoportok adagban lehetséges mennyiségeire, illetve arányaira vonatkozó feltételrendszert, vagy adott feltételrendszer mellett a korlátozó feltételek számszerű értékeit, esetleg a takarmányok táplálóanyag-tartalmára vagy az állatállomány táplálóanyag-szükségeire vonatkozó számszerű értékeket. Például vizsgálhatjuk, hogy milyen hatással van a megoldás eredményére, ha az állat fehérjeszükségletének alsó határát 1 %-kal magasabb értékben szabjuk meg. Ha ugyanis azzal a feltételezéssel élünk, hogy takarmányaink fehérjetartalma alacsonyabb a szabványtáblázatban talált adatoknál, s ezért az adag valójában nem fedezné az állat fehérjeszükségletét, megvizsgálhatjuk, hogy a fehérjehiány csökkentése hogyan változtatja az adag összetételét és költségét. Ha csak egy vagy néhány takarmánynál feltételezzük a szabványtáblázatban előírt fehérjetartalomtól való eltérést, csak az erre vonatkozó adatokat változtatjuk s ennek hatását vizsgáljuk.

Hasonlóképpen járhatunk el a termelési terv készítése során is a feltételrendszerek vagy a számszerű adatok (pl. átlaghozamok, munkaerőszükséglet, gépszükséglet, rendelkezésre álló munkaerő vagy gép stb.) módosításával. E tekintetben még nagyobb jelentősége van a számításorozatok elvégzésének.

Másik módszerünk lehet a bizonytalan adatok kezelésére a paraméteres programozás alkalmazása. Ez azt jelenti, hogy a programozási feladat jellemzői vagy azok egy része nem állandó szám, hanem egy változó, az úgynevezett paraméter függvénye. A paramétert „végigfuttatjuk” különböző értékeken és vizsgáljuk, hogy hogyan változik a program a paraméter függvényében.* Könnyítést jelent, hogy általában az adott paramétert csak egy meghatározott intervallumban kell változtatni, valamint, hogy ezen intervallumon belül nem mindig szükséges a paraméter összes lehetséges értékeire a vizsgálatot elvégezni.

Általában az alábbi paraméteres programozási feladattípusok jöhetnek számításba [16].

a) Programozási modell, ha a célfüggvény egy paraméter függvénye:

$$c = \sum_{j=1}^n (c_j + \lambda c'_j) x_j \rightarrow \text{extrém!} \quad 6.1.$$

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

$$(i = 1, 2, \dots, m)$$

$$x_j \geq 0$$

b) A mérlegfeltételek jobb oldala egy paraméter függvénye:

$$c = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extrém!}$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i + \lambda b'_i \quad 6.2.$$

$$(i = 1, 2, \dots, m)$$

$$x_j \geq 0$$

c) A mérlegfeltételek bal oldali együtthatói (matrix komponensei) függnek egy paramétértől:

* Ilyen feladatot láttunk a II. rész 3. fejezetében is.

$$c = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{extrém!}$$

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} + \lambda a'_{ij}) x_j \gtrless b_i \quad 6.3.$$

$$(i = 1, 2, \dots, m)$$

$$x_j \geq 0,$$

ahol λ egy paraméter.

A paraméter változtatása során kapott programsorozat elemzése bizonytalan adatok esetén megmutatja, hogy az adatok különböző értéke esetén milyen terv lenne optimális.

Mind a számítássorozat, mind a paraméteres programozás módszere az érzékenységi vizsgálatok körébe tartozik és azt mutatja, hogy a kiinduló modellben eszközölt változtatásokra az optimális program milyen érzékenyen reagál.

Az érzékenységi vizsgálatok jelentőségét igen jól érzékelteti Kornaí megállapítása: „... az érzékenységi vizsgálatok egyik legfontosabb eredménye, hogy megmutatják a különböző szempontból optimális programok közös elemeit, stabil pontjait. Kiemelik azokat a tevékenységeket, amelyek különböző feltevések, különböző kiinduló adatok, számszerű jellemzők mellett is szerepelnek az optimális (vagy optimálisához közel eső) programban, s megmutatják azokat a tevékenységeket is, amelyek egyik optimális programban sem szerepelnek. Ez már eleve megkönnyíti a gazdasági vezetésnek a döntést; aránylag nyugodtan választhatja a különböző programokban egyaránt optimálisnak bizonyuló tevékenységeket, s elvetheti a különböző programok szerint is előnyteleneket, természetesen még ilyenkor is nyitva marad a „labilis”, az egyik programban optimális, a másikban viszont nem szereplő tevékenységek megítélése. De az érzékenységi vizsgálat ilyenkor is támpontot ad a további elemzéshez azzal, hogy konkrétan megjelöli: mire érzékeny az optimális program; milyen feltevéstől vagy adattól függ a tevékenység kedvező vagy kedvezőtlen volta” [9, 126—127. old.].

Az érzékenységi vizsgálatok tehát a takarmánytermelés megtervezése során mindenesetre alkalmasak arra, hogy megállapítsuk a különböző körülmények között is „optimális” vagy semmilyen

körülmények között sem „optimális” takarmánynövényeket, illetve azt, hogy a „labilis” növények milyen körülmények között optimálisak, azaz hogy a különböző körülményekre ezek milyen érzékenyen reagálnak.

Bizonytalan adatok esetén eljárhatunk úgy is, hogy a számításokban felhasznált adatokat, vagy azok egy részét valószínűségi változókként fogjuk fel, s a döntésalátámasztására valószínűségszámítási módszereket használunk. Itt ez egy lehetséges eljárás a biztonsági programozás speciális eseteiben [9,137. old.].

A módszer alapja az, hogy a bizonytalan adatok várható értékét bizonyos valószínűséggel és pontossággal meg tudjuk becsülni. A becslést végezhetjük reprezentatív statisztikai módszerekkel, felhasználhatjuk a korrelációs és regressziós analízist vagy a trend analízist.

A bizonytalan adatok kezelésében jelentős eredményt érhetünk el a sztochasztikus programozással.

A továbbiakban egy egyszerűbben kezelhető eljárást vázolok röviden arra az esetre, amikor a várható értékre bizonyos intervallumot tudunk megadni objektív becslés vagy szubjektív megítélés alapján. Tegyük fel, hogy valamely időszakban a különböző takarmánynövények egységnyi előállításához szükséges gépi munka mennyiségét, mivel az nagymértékben függ az időjárástól, nem tudjuk biztos adattal jellemezni, csak egy intervallummal, pl. valamely hónapban a *j*-edik növény gépi munka-szükséglete 1 hold termelés esetén 1—3 normál-hold gépi munka. Hasonlóképpen tudjuk jellemezni a többi növények termeléséhez szükséges gépi munkát is. Az adott hónapban elvégezhető gépi munka mennyiségét sem ismerjük pontosan, mert az szintén függ az időjárástól, meghibásodásoktól stb. Ha pesszimistán ítéljük meg a helyzetet, akkor az egyes növények maximális szükségleteivel számolunk, míg az elvégezhető gépi munka tekintetében a minimumot vesszük számításba. Hasonlóképpen eljárhatunk optimista módon is. Előbbi esetben a gépi munka-szükséglet a „legrosszabb esetben” sem lépi túl a rendelkezésünkre álló lehetőséget, de minden a legrosszabbnál jobb esetben kihasználatlan gépi kapacitás marad. Hasonlóképpen értelmezhető a fordított eset is. *Hogy mennyire haladunk a pesszimista vagy optimista szemlélet felé, az nagyrészt annak*

függvénye, hogy mi lesz az elégtelen vagy felesleges gépi munka következménye. Például az elégtelen gépi kapacitás következtében milyen termésnövekedéssel kell számolni. A kérdés úgy vehető fel, hogy mikor jár az üzem jobban, ha felesleges gépkapacitást tart, vagy ha bizonyos gépi munkák nem optimális időben való elvégzése következtében esetenként veszteség következik be. Az ilyen jellegű problémák azonban sokszor a munkák rangsorolásával, a munkagépek kapcsolásával, két műszak alkalmazásával a terv végrehajtása során egyszerűbben megoldhatók és elegendő az intervallum középértékével számolni. Ennélfogva azt mondhatjuk, hogy *a mezőgazdaságban a matematikai programozás alkalmazásakor legkényesebb probléma az átlaghozamok és költségadatok bizonytalansága.* Az optimista vagy pesszimista becslés itt is alkalmazható, s ehhez a szórásanalízis objektív segítséget is ad. Meghatározhatjuk például a különböző növények átlaghozamát oly módon, hogy azt egy bizonyos valószínűséggel feltétlenül elérjük (pesszimista becslés), és így a különféle növényekre azonos valószínűséggel kapjuk meg a termelési szint alsó határát. A probléma ilyen kezelése sokszor elegendő a kérdés megoldására.

E rövid áttekintés részben fel kívánta hívni a figyelmet arra, hogy az adatok bizonytalansága valóban nagy probléma a mezőgazdaságban, részben pedig arra akart rámutatni, hogy vannak módszerek a kérdés gyakorlatilag is használható, eredményt adó megoldására. Kitűnik az elmondottakból az is, hogy *a matematikai programozás sokkal közelebb vezet a tényleges megoldáshoz, mint a tervezés jelenlegi módszere, mivel egyáltalán felveti és figyelembe veszi a bizonytalanság problémáját és törekszik annak egzakt módszerekkel történő megoldására.* A tervezés jelenlegi módszere erre kevésbé képes, legtöbbször még a több tervvariáns elkészítéséig sem jut el.

IRODALOMJEGYZÉK

1. *Bacskaï Z.*—*Krekó B.*: Bevezetés a lineáris programozásba. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1957.
2. *Dr. Baintner K.*: Takarmányadagok gazdaságos összeállítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1963.
3. *Bod P.*: Lineáris programozás több egyidejűleg adott célfüggvény szerint. MTA Matematikai Kutató Intézetének Közleményei, Budapest, VIII. évf. B. sorozat 4. 1963.
4. *Bod. P.*: Bevezetés a gazdasági programozásba. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
5. *Erdei F.*—*Csete L.*—*Márton J.*: A termelési körzetek és a specializáció a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1959.
6. *Jankó J.*: A takarmányozási költségek csökkentésének lehetőségei eszközei a tehenészetben. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1962.
7. *Kaufmann A.*: Az optimális programozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
8. *Kádár B.*—*Tóth J.*: A takarmánytermelés programozása öntözéses gazdaságban. Debreceni Agrártudományi Főiskola Közleményei, 1967. 7. sz.
9. *Kornai J.*: A gazdasági szerkezet matematikai tervezése. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1965.
10. *Kornai J.*—*Lipták T.*: Kétszintű tervezés: játékelméleti modell és iteratív számítási eljárás népgazdasági távlati tervezési feladatok megoldására. MTA Matematikai Kutató Intézetének Közleményei, Budapest, 1962. 7. sz.
11. *Kravcsenko, R. G.*: Lineárni programirováni pri plánováni rozvoje v chovatelshych odvétvich. Zemedelská Ekonomiká, Praha, 1964. 1—2. sz.
12. *Krekó B.*: Lineáris programozás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1966.
13. *Lange O.*: Bevezetés az ökonometriába. Központi Statisztikai Hivatal Könyvtára, Budapest, 1960.
14. *Lange O.*: Optimális döntések. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1966.
15. *Lenin V. I.*: A kapitalizmus fejlődése Oroszországban. Szikra Könyvkiadó, Budapest, 1949.

16. *Schmuntzsch S.*: Hozzászólás a Georgikon Napokon. Agrártudományi Főiskola Kiadványa, Keszthely, 1966.
17. *Tóth J.*: A takarmánynövények vetésterülete optimális arányainak meghatározása. Statisztikai Szemle, Budapest, 1961. 12. sz.
18. *Tóth J.*: A lineáris programozás alkalmazása különböző talajféleségekkel rendelkező üzemben a takarmánynövények optimális vetésszerkezetének meghatározására. Debreceni Mezőgazdasági Akadémia Évkönyve, Debrecen, 1962.
19. *Tóth J.*: Použití lineárního programování při řešení specializace ve výrobě krmiv. Zemedelská Ekonomiká, Praha, 1964. 5. sz.
20. *Tóth J.*: Optimális munkaerősűrűség és termelési szerkezet. Statisztikai Szemle, Budapest, 1966. 11. sz.



A kiadásért felelős: Bernát György, az Akadémiai Kiadó igazgatója
Felelős szerkesztő: Dr. Jolsvay Alajos
Műszaki szerkesztő: Beck Anna
A kézirat a nyomdába érkezett: 1968. X. 16.
Példányszám: 1000 Terjedelem: 8,4 (A/5) ív
68.66454 Akadémiai Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Bernát György

GERGELY ISTVÁN

AZ ÖNTÖZÉS SZEREPE A MEZŐGAZDASÁGI TERMELÉS FEJLESZTÉSÉBEN

(A nagyüzemi gazdálkodás kérdései c. sorozatban)

124 oldal — Fűzve 11,— Ft

A munka a komplex vízgazdálkodás távlati — 1985-ig szóló — fejlesztési tervét vizsgálja.

A szerző megállapítása szerint hazánkban 550—600 m³/sec öntözésre gazdaságosan felhasználható teljes vízhozammal lehet számolni, ami 1,2—1,3 millió ha (mintegy 2—2,2 millió kh) terület öntözhetővé tételét jelenti.

A területi elhelyezést főleg a Tisza II. vízlépcső körzetére célszerű az elkövetkező években koncentrálni. Az öntözéssel elérhető hozamtöbblet — országosan — mintegy évi 3,5 milliárd forint, ami a ráfordított eszközfelhasználás 8—9 éven belüli megtérülését jelenti.

Az elméleti kérdések tisztázása mellett a könyv hasznos gyakorlati tanácsokat is ad a termelés irányának, méretének kialakításához, az öntözési módok megválasztásához, a helyes talajerő-gazdálkodáshoz, valamint az öntözés egyéb feltételeinek megteremtéséhez.



AKADÉMIAI KIADÓ
BUDAPEST

