

A vízellátottság mint tájtulajdonság megítélése különböző földértékelési rendszerekben¹

LÓCZY DÉNES²

Bevezetés

A víz, elsősorban a talajban tárolt, a természetes növényzet vagy a gazdasági növények által felvehető nedvességkészlet jelentősége a növények számára a következőképpen foglalható össze (VARGA-HASZONITS Z. 1987):

- a fotoszintézis során a szerves anyag képződéséhez szükséges nitrogént szolgáltatja,
- a talajban található tápanyagok vízben oldott állapotban jutnak a növényekbe,
- a víz a növények testének fontos alkotóeleme,
- a növények hőszabályozását segíti, hogy a napsugárzás energiája jelentős részben párologtatásra fordítódik.

A negyedik pont tanúsítja, hogy a hő-, a sugárzás- és a vízellátottság között milyen szoros kapcsolat van.

Nem feledkezhetünk meg azonban arról, hogy mindebben korántsem merül ki a víznek az a szerepe, amelyet a *táj* működésében betölt. A felszíni nedvesség és a levegő páratartalma befolyásolja a mikroklimát, a felszínpusztulás és a talajképződés (a vázrészek mállása, a szerves anyag bomlása) módját, ütemét, a talaj szerkezetét és még számtalan egyéb ökológiai tényezőt, folyamatot.

A vízellátottság ökológiai szempontú értékelésének igen gazdag nemzetközi irodalma van, különösen a német tájökológiai iskolában (az egykori NDK-ban művelt irányzatok eredményeinek összefoglalását l. BASTIAN, O.–SCHREIBER, K.-F. 1999).

A vízellátottság tehát *alapvető* jelentőségű *tulajdonsága* a természetes és a mezőgazdasági tájnak egyaránt. Értéke tág határok között ingadozhat és időben is igen gyorsan változhat, ezért a táj egyik legváltozékonyabb jellemzője. A földértékelés rendszerébe éppen emiatt nem könnyű beépíteni. A különböző megközelítésű vizsgálatok – már eltérő szemléletükből adódóan is – más és más módon tesznek kísérletet a vízellátottság megragadására.

Bátran állíthatjuk, hogy a vízellátottság minősítésének tökéletesedése végigkíséri a földértékelési módszerek fejlődését. Mivel pedig a legtöbb rendszernek lényegi eleme, fokmérője lehet az egész rendszer színvonalának.

Az alábbiakban elsősorban arról lesz szó, milyen szerepet juttatnak ennek a tájtulajdonságnak a mezőgazdasági (szántóföldi) hasznosítású tájak értékelésére kialakított különböző rendszerek, és milyen fajta módszereket vesznek ehhez igénybe.

¹ A tanulmány a szerző vezetésével folyó OTKA kutatás (T 30 859 sz. téma) alapján készült. A támogatásért a szerző köszönetét fejezi ki az OTKA illetékes bizottságának.

² Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

A két fő megközelítési mód jellemzői

A természeti környezet értékelésére született módszereket gyakran két fő csoportba sorolják (McRAE, S. G.–BURNHAM, C. P. 1981), amelyek eltérő szemléletet tükröznek:

– az ún. „*kategória-rendszerek*” néhány döntő jelentőségű *küszöbértékkel* kifejezett *korlátozó tényezők* alapján már eleve létrehoznak alkalmassági osztályokat (BEEK, K. J.–BENNEMA, J. 1972), majd többlépcsős „szűréssel” állapítják meg, hogy melyik terület egység hová tartozik,

– az ún. „*paraméter-rendszerek*” *analitikusabb* megközelítést képviselnek: mérhető, mennyiségi paraméterekből „építik fel” azokat a komplex környezeti állapotokat, amelyek azután valamilyen *mértékben* megfelelnek a szóban forgó földhasználat követelményeinek, ez a mérték lesz az alkalmassági rangsor alapja.

Nagy általánosságban igaz, hogy a kategória-rendszerek az 1960-as és 1970-es években kitűnően megfeleltek a termőképességi (land capability) térképezés céljára, a paraméter-rendszerek pedig inkább az 1980-as és 1990-es években terjedtek el, amikor már megteremtődtek a számítógéppel segített, földrajzi információs rendszerbe illesztett felmérések feltételei. Nézzük tehát meg – hozzávetőlegesen időrendi sorrendben –, miként jelent meg a vízellátottság előbb a kategória-, majd a paraméter-rendszerekben!

A vízellátottság mint az ökológiai alkalmasságot korlátozó tényező

A „klasszikus” kategória-rendszerekben a vízellátottság még nem tölt be kulcsszerepet. A *Németországban* 1934-ben elrendelt „*birodalmi talajbecslés*” (Reichsbodenschätzung – BASTIAN, O.–SCHREIBER, K.-F. 1999) igen részletes, 1:2730 ma.-ban kezdődött, de még nélkülözte a tudományos alapokat. Kevés mennyiségi kritériumot magába foglaló, igazi minősítés volt. (Hazánkban KREYBIG L. felmérése korszerűbbnek tekinthető.) A rendszer vázát, amely külön kezeli a szántóföldeket és a rét-legelő művelési ágat, a szemcseösszetétel szerinti „talajfajták” (Bodenart) alkotják. A vízellátottság a szántók esetében külön ismérvként meg sem jelenik, a „zöldterületek” (Grünland) minősítésében viszont a vízviszonyok ötféle állapotát rangsorolják: ebben az 1. fokozat az optimális nedvességtartalmat (édesfüves réteket, legelőket), az 5. a legnedvesebb és a legszárazabb termőhelyeket jelöli.

Kevésbé tekinthető elavultnak az *Amerikai Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumában* kidolgozott *termőképességi osztályozás* (USDA LCC eljárás – KLINGEBIEL, A. A.–MONTGOMERY, P. H. 1961). Ez a következő fő korlátozó tényezőket különbözteti meg:

- fokozott lefolyás és erózióveszély (jele: *e*),
- belvízveszély (*w*),
- a gyökérszónában tapasztalható talajminőségi korlátozás (*s*) és
- éghajlati korlátozás (*c*).

Az amerikai osztályozás tulajdonképpen csak a vízkészlet „pozitív szélsőségét”, a belvíz megjelenését tartja veszélyesnek, az aszályt az éghajlati korlátozás körébe

utalja. A talajból történő vízfelvétel ilyen „elhanyagolása” különösen annak a ténynek a tudatában feltűnő, hogy az LCC megvalósításához a döntő „lökést” az 1930-as évek aszályai nyomában fellépő defláció, termőföldromlás adta meg. A magyarázat feltehetően abban rejlik, hogy a rendszer kidolgozói igyekeztek a korlátozó tényezők körét a legtartósabb (sőt a megfogalmazás szerint az „állandó”) faktorokra leszűkíteni, a vízellátottságot pedig inkább változó tényezők befolyásolják.

A háttér-adatbázisként használt, részletesebb, 13 korlátozást tartalmazó listán azonban már több, a vízellátottságot közvetlenül, ill. közvetve meghatározó, tartósabb tényező (a talaj textúrája, vízáteresztése, vízkapacitása és a lefolyó csapadékhányad) is szerepel. A talaj csekély víztartó képességét megemlítik a III. és a IV. osztály részletes szöveges leírásában, de ez nem differenciálja lényegesebben az osztályba sorolást (KLINGEBIEL, A. A.–MONTGOMERY, P. H. 1961). (A szöveges jellemzés nem csupán a vízgazdálkodás leírásának sajátossága, az egész LCC-ben ez uralkodik.)

Mivel ez az *általános célú* rendszer bizonyos domborzati és az éghajlati tényezőket is figyelembe vesz, már meghaladta a korábbi, elsősorban a talajtérképek interpretációján alapuló (pl. THORP, J.–SMITH, G. D. 1949) osztályozásokat, és a *komplex agropedológiai megközelítés* legszebb példájaként szokás emlegetni (VERHEYE, W. V. 1990). Mások (YOUNG, A. 1973) azt méltatják, hogy sikerült elkerülni a túl merev kategorizálás csapdáját (pl. a vízellátottság egyértelmű összekapcsolását az egyes talajtextúra-osztályokkal). Ez indokolja, miért maradt az USDA LCC olyan sokáig (szinte napjainkig) használatban.

Természetföldrajzi okokkal kevésbé magyarázható, hogy az amerikai módszer kanadai továbbfejlesztése, a *Kanadai Földkataszter* (Canada Land Inventory, CLI 1965) már jóval nagyobb jelentőséget tulajdonít a vízellátottságnak. A gyenge vízbefogadó és -tartó képesség eleinte ugyan csupán a számos talajminőségi korlátozás között szerepelt, de az Alberta tartományra kidolgozott újabb változatban (CLI 1977) a talajkorlátozások (s jelű) alosztályát tovább bontották. Az újonnan létrehozott alosztályok között hatodik a sorban a „*nedvesség (hiány okozta) korlátozás*” (jele: m). Az útmutató szerint olyan talajok tartoznak ide, amelyeket mechanikai tulajdonságaik (elsősorban alacsony vízkapacitásuk) hajlamossá tesznek a kiszáradásra.

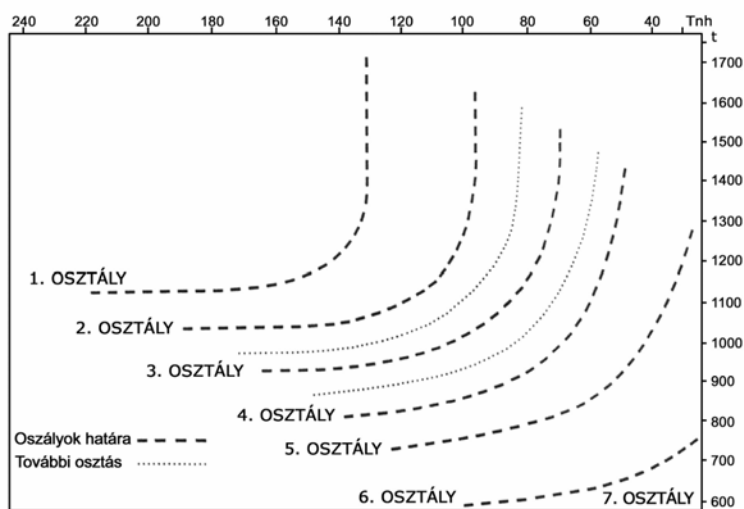
A módszer szubjektivitását csökkentendő, később az Egyesült Államokban is változásokat vezettek be. A Texas és Oklahoma államok területére érvényes változat (BARTELLI, L. J. 1978 – idézi: McRAE, S. G.–BURNHAM, C. P. 1981) pl. a *talaj nedvesség- és hőháztartását* (az USDA rendszerében megállapított) talajtípusokhoz kötve értékeli. Magyarázatként megjegyzik, hogy ez a hozzárendeléses módszer csak az említett két szövetségi államra érvényes.

Nagy-Britanniában először az LCC egy alaposan leegyszerűsített, ötfokozatos változatát vették át. Az eredményeket 1:63 360 ma. („egy hüvelyk az egy mérföldhöz”) térképeken ábrázolták. Anglia és Wales *mezőgazdasági földosztályozása* (ALC–MAFF, 1966) azonban hamarosan alkalmatlannak bizonyult arra, hogy megakadályozza az értékes termőterületek más célra történő kisajátítását, mivel nem volt összhangban a város- és vidékfejlesztési törvénnyel (DAVIDSON, D. A. 1992). A módosított földértékelő rendszer (MAFF, 1988) megalkotói átdolgozták a korlátozásokat, közöttük a *talajaszályosságot* is (THOMASSON, A. J. 1979). Ennek megbecslése a talaj (növé-

nyenként eltérő mennyiségű) *nedvességkészlete* és az *éghajlati nedvességhiány* összevetésével történik (1. lejjebb, a hierarchikus paraméterekre bontásnál).

Szintén az USDA LCC adaptálásából született meg az a rendszer, amely végül *Skóciában* emelkedett a hivatalos földértékelés rangjára (LCA–BIBBY, J. S. et al. 1982). Ebben a vízellátottságot a *maximális potenciális talajnedvesség-hiány* és a *hőösszeg* egyenlegével jellemzik. Az előbbi (PENMAN nyomán) az alacsonyfüves gyepek (tehát kitűnő vízraktározó képességű növényzet) alatt a csapadék és a párolgás közötti legnagyobb lehetséges különbség, az utóbbi a 0 °C feletti napi középhőmérsékletek összegének az alsó kvartilisa (tehát a valószínűségi eloszlásban a $p = 1/4$ értékhez tartozó adat). Kiszámításának megkönnyítésére egyszerű *nomogramot* szerkesztettek (1. ábra), amelyen valamennyi meteorológiai állomás feltüntethető egy-egy ponttal. (A nomogramokat a skóciai Macaulay Talajtani Intézet egyéb környezeti tulajdonságok meghatározására és más földértékelési módszereiben is elsősorban alkalmazta.)

Az angol-walesi ALC és a skót LCA ugyan egyaránt az amerikai LCC-n alapultak, de több szempontból meghaladták azt. Olyan kísérletek, amelyekben az eredetileg minőségi kategóriákat *mennyiségi* jellemzőkkel igyekeztek pontosítani. Megfigyelhető tehát, hogy a kategória- és a paraméter-rendszerek a határ egyre inkább elmosódik. Többen eleve helytelenítik a „paraméter-rendszer” kifejezés használatát, hiszen a kategória-rendszerek is felhasználnak bizonyos paramétereket. ROSSITER, D. G. (1994) a termőföld-index (land index) megnevezést javasolja a paraméter helyett. Az alapján kategorizáló földértékelések mennyiségi oldalát erősítő próbálkozások közül a legsikeresebb a *FAO földértékelési javaslata* volt.



1. ábra. A termőképességi osztályok grafikus meghatározása (forrás: BIBBY, J.S. et al. 1982). – Tnh = maximális potenciális talajnedvesség-hiány (mm), T = tenyészidei hőösszeg (°C)

A visual identification of land capability classes (source: BIBBY, J.S. et al. 1982). – Tnh = maximum potential soil moisture deficit (mm), T = accumulated temperature (°C) for the growing season

A FAO rendszere: mezőgazdasági földértékelés a fejlődő országok számára

A mezőgazdasági táj az ember által létrehozott és fenntartott kultúrtáj, amelynek működését a természeti viszonyokon kívül társadalmi-gazdasági tényezők is erősen befolyásolják. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) ezért olyan kétszakaszos földértékelési rendszert javasol (FAO, 1976), amelyben az ökológiai alkalmasság felmérését egy második szakasz, a technológiai, közgazdasági és részben szociológiai elemzés követi. (Hasonló volt egyébként az 1980-as és 1990-es években Magyarországon folytatott, ún. „100 pontos” termőhelyértékelés alapelve is.) A FAO „keretterve” (framework) – eredeti céljának megfelelően – elsősorban a „harmadik világ” országaiban terjedt el, ugyanakkor az Egyesült Államokban nagyrészt ismeretlen maradt (ROSSITER, D. G. 1994).

A szakértőkben ekkorra tudatosult, hogy a földértékelés tulajdonképpen egyensúly-probléma, hiszen lényege a „kereslet” és a „kínálat” oldal összevetése. A FAO irányelvei (FAO, 1983) szerint a növénytermesztés vagy bármely másfajta földhasználat sikerességét megszabó feltételek (land utilisation requirements, LUR) a *környezet* bizonyos *összetett tulajdonságaitól* függenek. (A feltételek nagy részét – talán nem teljesen pontosan – a növények ökológiai igényeinek is szokás nevezni.)

Az összetett tulajdonságok alkotják a „kínálati” oldalt. Szó szerint lefordíthatatlan angol megnevezésük (land qualities, a továbbiakban: LQ) arra utal, hogy olyan minőségi jellemzőkről van szó, amelyek nem írhatók le számértékekkel (LÓCZY D. 1989a). Ezeket a minőségi jellemzőket fel kell tehát „bontani” *egyszerű*, rájuk „illő” (diagnosztikus) *környezeti tulajdonságokra* (a FAO nevezéktana szerint: land characteristics – a továbbiakban: LC), amelyek már számszerűsíthető paraméterek. A vízellátottságot a FAO és számos más rendszer az egyik legfontosabb komplex tulajdonságnak tekinti. „Felbontása” – megfelelő szakismeretek birtokában – egyszerűnek tűnik, de számos buktatót rejt magában, hiszen

- minőségi kategóriák mennyiségi határait (küszöbértékeit) kell megállapítani,
- a vízkészlet erősen függ az időjárástól, tehát változókéony,
- ugyanakkor növény- és talajspecifikus is.

A paraméterekre bontás lehetséges módjai

A vízellátottság paraméterekre bontásának és a paraméterek között fennálló kölcsönhatások meghatározásának többféle *módja* lehet:

1. *Egyszerű „listázás”*: lehetőség szerint valamennyi releváns tényező felsorolása, fontossági sorrendben.

2. *Hierarchikus bontás*: többlépcsős elemzés, amelyben a vízellátottságot befolyásoló tényezők különböző szinteken jelennek meg. Helyzetükkel többé-kevésbé megindokolható az a „súly” is, amelyet az értékelés rendszerében kapnak.

3. *Automatikus osztályozás* szimulációs modellel: az adatbázis számos releváns paramétert tartalmaz, ezek kölcsönhatásait egyenletek, függvények írják le. Az adatbá-

zis feldolgozásával számítógépes program sorolja alkalmassági fokozatokba a paraméterértékek intervallumait.

4. *Szakértői rendszeren* alapuló elemzés: az értékelés nem csupán az adatbázis feldolgozásán, hanem felkért szakértők okfejtésmódjából és ismereteiből generált, majd ellenőrzött törvényszerűségeken („új tudáson”) nyugszik, amelyeket folyamatos konzultációk során, interaktív módon pontosítanak (FISCHER, P. F. 1989).

A kezdetek: a paraméterek felsorolása

A paraméter-rendszerek egyik legkorábbi előfutára volt a *Kaliforniából* származó *STORIE-féle index* (STORIE, R. E. 1933, ismerteti: McRAE, S. G.–BURNHAM, C. P. 1981), amely 3, majd 4 csoportba sorolva, %-értékekkel jellemzi egy-egy terület termőképességét. A talajszelvény fizikai jellegét, a felszíni talajszövetet és a felszín lejtését tekinti főfaktoroknak. A helyi viszonyokra tekintettel alkalmanként olyan, másodlagos (mennyiségileg általában ki nem fejezett) tényezőket is számításba vesz, mint a lefolyásviszonyok, a szikesség, a tápanyagellátottság, a talaj savanyúsága, az erózióveszély vagy a felszint tagoló mikrodomborzat. Mivel a lefolyásviszonyok is inkább az elnedvesedés kockázatát érzékeltetik, mint a talaj nedvességkészletét, a vízellátottság (az éghajlattal együtt) ebben a rendszerben meglehetősen a háttérbe szorul.

Ha viszonylag kevés adat áll rendelkezésre, ma is egyszerű megoldást kell választani az értékeléshez. Így történt ez a FAO *agroökológiai övezetek* (agro-ecological zones, AEZ – FAO 1978) koncepciójának kidolgozásakor. Ez a kis (1:5 000 000 ma. talajtérképen alapuló), áttekintő jellegű, paraméter-rendszerű felmérés elsősorban szubtrópusi, trópusi vidékek, legelőször Afrika termékenységének megállapítását célozta. A következőkből indultak ki:

– Mivel a tenyészidőszak határait a vizsgált területeken száraz periódusok jelölik ki, feltételezték, hogy ez akkor kezdődik, amikor a csapadék mennyisége először meghaladja a potenciális evapotranszpirációt. (Az elöntés itt nem szerepel mint a növények fejlődését korlátozó tényező.)

– A tenyészidőszak akkor ér véget, amikor a halmozódó talajnedvesség-hiány elér egy bizonyos küszöbértéket, amelyet a tapasztalatok alapján 100 mm-ben állapítottak meg. (Egyébként emellett egy hőmérsékleti korlátot is megjelöltek: Afrikában a természetett növények fejlődésének súlyos akadálya, ha a napi középhőmérséklet 6,5 °C alá süllyed.)

Az *agroklimatológiai* feltételeket természetesen már „valóban” talajtani paraméterekkel (termőréteg-vastagság, talajszövet, talajvíztükör mélysége) is ki kellett egészíteni, hiszen a talajnedvesség-hiány csak ezek ismeretében állapítható meg. Mivel a legtöbb vidéken csak a FAO 1:5 000 000 ma. talajtérképe állt rendelkezésre, a *talajtulajdonságok* a fontossági sorrendben az agroklimatológiaiak mögé kerültek (1. táblázat).

Nagyjából ezt a sorrendet követte azután maga az értékelés is: a természetett növények igényeit először a hőösszeggel, majd a tenyészidőszak hosszával vetették össze, végül pedig a talajtulajdonságok bevonásával következett a biomassa-produkció és a várható termésátlagok becslése az amerikai CRIES modell segítségével (DAVIDSON, D. A. 1992). A termelési költségek bekalkulálásával alakították ki a 11 vizsgált növényre az alkalmassági osztályokat, majd az utolsó fázisban az agroökológiai övezeteket.

A termésbecslő modell alkalmazása révén az AEZ ugyan sokkal korszerűbbnek tekinthető, mint pl. a STORIE-index, de a vízellátottság minősítését csak igen általánosan, a nagyrégiók szintjén képes megoldani. A fejlődés irányát azok a vizsgálatok jelzik, amelyek segítségével a listázott paraméterek közötti kapcsolatok fajtája, erőssége matematikai formában (pl. főkomponens-analízissel) kimutatható.

1. táblázat. A földértéket befolyásoló tényezők listája a FAO agroökológiai körzetesítési projektjében*

Tényezőcsoport	Paraméter
Agroklimatológiai feltételek:	a tenyészidőszak hossza a tenyészidőszak hőösszege tenyészidei csapadékmennyiség potenciális evapotranszpiráció napi középhőmérséklet
Talajfeltételek:	termőréteg-vastagság a talaj szövete a talajvíztükör mélysége

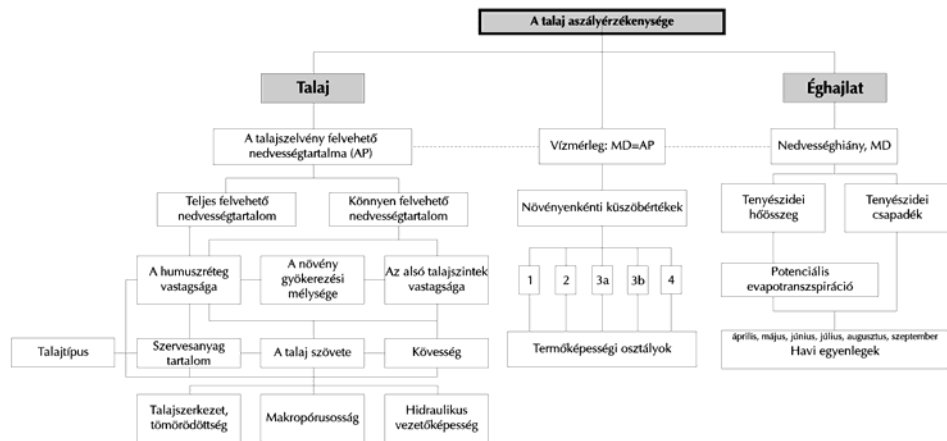
*(DAVIDSON, D. A. 1992 szöveges ismertetése alapján készítette LÓCZY D.)

Természetesen sokkal nagyobb méretarányban, részletes talajfelvételezéssel, domborzati elemzéssel alátámasztva, de hasonló, különböző paramétereket „korrekciós” értékszámokként alkalmazó rendszerrel Magyarországon is találkozunk (GÓCZÁN L. 1980). GÓCZÁN L. hangsúlyozza a vízhasznosulás döntő szerepét a növénytermesztés szempontjából végzett értékelésben. A termőhely-értékszám egyik elemeként olyan vízhasznosulási értékszám meghatározási módszerét vázolja fel, amely a lejtőkategórián, a hasznos vízkapacitáson és a csapadékinzintázás függvényében számolt vízáteresztési tényezőn alapul, de a – más rendszerekben elkülönítetten kezelt – időszakos vízborítást és a rétegvízhatást is bekapcsolja az értékszámába.

Többfokozatú, hierarchikus paraméterekre bontás

A már említett brit rendszerben (MAFF ALC) a két fő vízellátottsági tényező, a talaj nedvességkészlete és az éghajlati nedvességhiány önmagukban még nem paraméterek, hiszen egyetlen mennyiséggel nem jellemezhetők. A szerzők hierarchikus bontással tárják fel, milyen hatások összessége alkotja ezeket a tényezőket (2. ábra). Első pillantásra hasonló megoldásnak tűnik a talajtényezők közötti kapcsolat feltárása és ennek alapján komplex paraméterek kialakítása Komárom–Esztergom megye mezőgazdasági minősítésében (LÓCZY D. 1989c) (3. ábra).

Ha azonban alaposabban szemügyre vesszük az ábrákat, itt is kiviláglik a kategória- (2. ábra) és a paraméter-rendszerek (3. ábra) közötti, elsősorban szemléletbeli különbség. Az előbbi esetben ugyanis a tényezők elemzését, a „felbontást” újabb szintézis követi: egy vízmérleg kiszámolásával közvetlenül a legfelső alatti szinten történik az osztályba sorolás. Ha viszont paraméterértékekkel, ill. azok valamilyen kombinációjával kívánjuk meghatározni az ökológiai alkalmasságot, „mélyebbre kell hatolni”,



2. ábra. A talaj aszályérzékenységet meghatározó tulajdonságok hierarchiája a brit ALC földértékelési rendszerben (a szöveges leírásból [MAFF 1988] készítette LÓCZY D.)

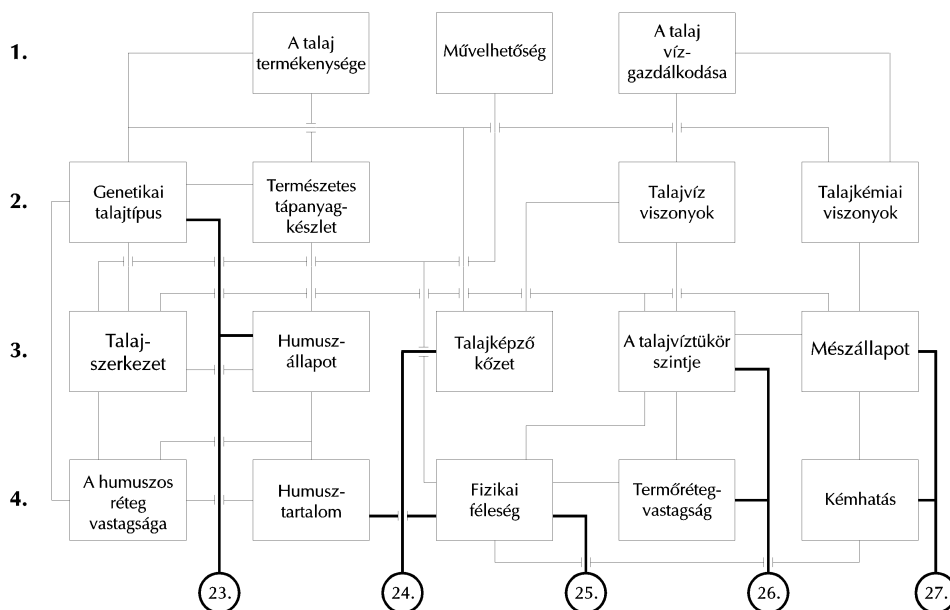
A hierarchical presentation of properties controlling soil droughtiness in the ALC system for England and Wales (by D. LÓCZY, based on description in MAFF 1988)

egészen az *alsó*, legegyszerűbb, a legkönnyebben kvantifikálható tényezőig, s ezekből lehet kialakítani a paraméterek olyan csoportjait, amelyek többé-kevésbé leírják a komplex környezeti tényezőket.

A FAO rendszerét alkalmazó, továbbfejlesztő felmérések a legtisztább formában mutatják be, hogy minden komplex tulajdonság elsődleges, majd további paraméterekre (LC-kre) bontható, majd ezekből – most már mennyiségi alapon – felépíthető az értékelő rendszer. Nagy mértékben támaszkodik a környezeti paraméterek hierarchikus egymásra épülésére (pl. az a rendszert, amelyet Zambiára dolgoztak ki) (CHINENE, V. R. N. 1992) (2. táblázat). A vízellátottság talajnedvességi paramétereken keresztül más komplex tulajdonságokkal (szellőzőtség, művelhetőség) is összekapcsolódik, ami ellensúlyozza a szétaprózottságot és *holisztikus szemléletet* visz a módszerbe (ami egyáltalán nem ellentétes a paraméter-rendszerek szellemével!)

A vízellátottságot értékelő szimulációs modellek

A vízellátottság szimulációjának talán legjobb példája a mezőgazdasági kutatók világviszonylatban is élenjáró központjában, a hollandiai Wageningeni Agráregyetemen kidolgozott modell (QLE – DRIESSEN, P.M. 1986). A FAO rendszerére támaszkodó, kvantitatív földértékelés megalkotója a vízellátottságon kívül, de azzal többé-kevésbé szoros összefonódásban egyébként még a következő, minimális szintű LUR-okat veszi számításba:



3. ábra. A talajtulajdonságok összefüggései és a belőlük kialakított paraméterek kódszámai Komárom-Esztergom megye földértékelésében (LÓCZY D. 1989c, módosítva). – 1–4 = egyre jobban kvantifikálható tulajdonságok szintjei

Relationships between soil properties and the parameters created from them in the land evaluation system for Komárom-Esztergom county (modified after D. LÓCZY 1989c). – 1–4 = levels of increasingly quantifiable properties

- minimális hő- és fényellátottság,
- minimális tápanyagellátottság,
- elviselhető sótartalom, szikesség,
- minimális csírázási feltételek,
- minimális gyökérfejlődési feltételek,
- minimális megművelhetőség,
- minimális öntözhetőség, ill. lecsapolhatóság,
- minimális infrastruktúra.

Oktatási céllal, a mennyiségi alapú földértékelés alapproblémáinak megvilágítására *döntési algoritmust*, azaz többlépcsős kérdés-felelet rendszert készített. A folyamatábraként bemutatott algoritmus fő elemei:

- a *terminálok*, amelyek a számítássor kezdetét és végét jelölik (lekerekített sarkú téglalapok),
- az egyenletekkel kifejezett *műveletek* (jelük: téglalap),
- az „igen-nem” *döntések* (rombuszok),
- valamint természetesen a bemeneti (*input*) adatok és a kimenetként megjelenő eredmények (*output* – a jelen esetben ezek a meghatározott osztályok) parallelogrammokban feltüntetve.

A bemutatott eljárás nagy előnye, hogy a talaj nedvességtartalmának *időbeli változását* is figyelembe veszi. A vízellátottságot a rendelkezésre álló vízkészlet („kínálat”) és a növények vízfogyasztása („kereslet”) közötti pillanatnyi egyensúlyként értelmezi.

2. táblázat. A zambiai FAO-rendszerű földértékelésben figyelembe vett komplex környezeti tulajdonságok (LQ) és részparamétereik (LC) (CHINENE, V. R. N. 1992 nyomán)

LQ	Elsődleges LC	További LC-k		
vízellátottság	vízmérleg (többlet v. hiány)	a növény maximális párologtatása (Etm, mm)	75%-os valószínűségű, mértékadó csapadék (mm)	a talaj vízkapacitása (mm)
tápanyag-ellátottság	felvehető tápanyag (K, P) készlet (me/100 g)	Ca- és Mg-készlet (me/100 g)	kémhatás (pH, CaCl ₂)	–
tápanyag-megkötés	kationkicszerelő képesség (me/100g)	bázistelítettség (%)	szerves széntartalom (%)	–
a gyökérszóna szellőzőttsége, O ₂ -ellátottsága	–	a talaj vízgazdálkodási osztálya	talajszerkezet	–
művelhetőség	lejtés (%)*	nedvességtartalom (%)	konzisztencia száraz állapotban	alapkőzet /kavicsréteg mélysége (cm)
erózió (lejtőleöblítés) veszélye	várható talajvesztés (t/ha/év)	termőrétegvastagság (cm)	kationkicszerelő képesség (me/100 g)	–
előntésveszély	–	relatív magasság (m)	előntés várható gyakorisága (hó)	–

*súlyozott tulajdonság

Alapfeltételezése, hogy a talajfelszín párologása akadálytalanul végbemegy, míg a nedvességtartalom egy kritikus értékre nem csökken. A hervadásponthoz eljutva, már csak evaporáció folyik, mivel a vízellátási stresszre a növény úgy reagál, hogy csökkenti párologtatását, bezárja a sztómányílásait. A nedvességellátottságnak tehát három fontos küszöbértéke van:

- a maximális vízkapacitás,
- a kritikus talajnedvesség,
- a hervadásponthoz tartozó talajnedvesség-készlet.

A pillanatnyilag ténylegesen felvehető vízmennyiség (FTN) számítása ebben a rendszerben az ún. „*transzferfüggvények*” segítségével történik. A legalapvetőbbek ezek közül a teljes felvehető nedvességtartalmat (TTN) és az annak „lemerítésével” fellépő kritikus talajnedvesség-készletet (KTN) határozzák meg:

$$TTN = (TN_{szvk} - TN_{hp}) \cdot GyV,$$

ahol TN_{szvk} a szántóföldi vízkapacitáshoz tartozó nedvességtartalom (cm³/cm³), TN_{hp} a hervadásponthoz mérhető nedvességtartalom (cm³/cm³), GyV a gyökérszóna vastagsága (cm).

$$KTN = (1 - p) \times (TN_{szvk} - TN_{hp}) + TN_{hp}$$

ahol p a „talajnedvesség-lemerítési” tényező ($0 < p < 1$).

A „lemerítést” jellemző p -értékek kiszámításában a növények vízfogyasztását is be kell vonni. A különböző (C3 vagy C4, esetleg vegyes típusú fotoszintézist végző) növények esetében ez a fejlődési szakaszonként megállapított *vízigényükből* becsülhető. A szénhidrátok asszimilációját transzspiráció kíséri, ennek mértéke a levegő relatív páratartamától függ. A gyökerek általi vízfelvétel mértékét ugyanakkor a víz kötésének erőssége és a növény *aszályérzékenysége* szabja meg.

A vizsgált 21 növény erősen különbözik abban, hogy sztómáikat a gyökereik szívóerejének milyen értékénél zárják be. Ebből a szempontból 4 csoportba sorolhatók (DOORENBOOS, J. et al. 1979) (3. táblázat). A p értéke aszályérzékenységi osztályozástól függ.

3. táblázat. A termesztett növények csoportosítása az aszályérzékenység csökkenő sorrendjében és az 5 mm/nap maximális evapotranszspirációhoz tartozó p -érték (DOORENBOOS, J. et al. 1979 szerint)

Csoport	Jellemző növények	p
1	vöröshagyma, bors, burgonya	0,3
2	káposzta, borsó, paradicsom	0,4
3	bab, földimogyoró, napraforgó, görögdinnye, búza	0,5
4	gyapot, kukorica, sáfrány, cirok, szója, cukorrépa, cukornád, dohány	0,6

A tenyészidőszak különböző szakaszainak (csírázás, növekedés, virágzás, érés) végpontjaira az FTN a csapadék (Cs) és a tényleges evapotranszspiráció (ET) egyenlegetől számítható, természetesen a szakaszok időtartamával módosítva:

$$FTN = (TN_t - TN_{hp}) \cdot GyV + Cs \times Dt - ET \cdot Dt,$$

ahol TN_t a tényleges talajnedvesség-tartalom (cm^3/cm^3), Dt időintervallum (nap).

A gyökérfejlődés öve nyílt rendszer, amelynek vízkészletét a beszivárgás és evapotranszspiráció egyensúlya szabja meg. A modell különös gondot fordít a *hatékony gyökerezési mélység* meghatározására, amelyet a növények fejlődésük eltérő szakaszában érnek el. A maximális evapotranszspiráció a is függ a növénytől (a rizs, a cukornád, a zöldség és gyümölcsfélék értékei a legmagasabbak) és fejlődési szakaszaitól, ezért ezekben – az agronómiai irodalomból kölcsönözött – különböző koefficienssekkel számolnak.

A fentebbi egyenletek az alapjai a kettős algoritmusnak (DRIESSEN, P.M. 1986, közli: LÓCZY D. 1989b), amely egyrészt a csapadék és a potenciális evapotranszspiráció arányából meghatározza a víztöbblet, ill. a vízhiány időtartamát, másrészt a a különböző *talajnedvességi* állapotokat *osztályokba* sorolja. Az I. osztály egész évben korlátlan nedvességellátást jelöl, a III. pedig az egész tenyészidőszakra kiterjedő vízhiányt, tehát olyan viszonyokat, ahol feltétlenül szükség van öntözésre. A konkrét vizsgálatokban „szubrutinokkal” további kategóriákra bontandó II. osztályban a két szélsőség közötti átmeneti állapotok jellemzők.

Hogyan értékelhető DRIESSEN, P. M. módszere? Rendkívül erős agrometeorológiai és növényfiziológiai megalapozottságával, matematizáltságával kitűnik a hasonló próbálkozások közül. Alkalmazásához azonban a talaj nedvességállapotát befolyásoló tényezők alapos ismerete, terjedelmes adatbázis szükséges, ez pedig csak olyan

országokban áll rendelkezésre, mint a talajfelvételezésben kiemelkedő eredményeket elért Hollandia. A fejlődő országok számára ezért a szerző külön algoritmust készített, amelyet Kenyában tesztelt. Célja a szárazanyag-tömegben kifejezett biológiai produkció becslése a gyökérszóna vízháztartásából, amely a felülről és az alulról érkező vízutánpótlás mérlegéből alakul ki (részletesebben I. DRIESSEN, P. M. 1986).

A szimulációs modellek igazán akkor válnak földértékelő módszerré, ha területekre is kiterjednek. A pontszerű értékelések extrapolációjának problémáiról már számos értekezés született. A PERFECT-modell (LITTLEBOY, M. et al. 1996) pl. Ausztrália Queensland államában használatos, hagyományos, kategória-rendszerű minősítéssel összehasonlítva nagyobb területi megbízhatóságot mutat fel (a megállapított alkalmassági osztályok és a búza termésátlagai között 78%-os volt a korreláció). Ezt azzal éri el, hogy a talajfelmérések alapadataiból sikeresen generál ún. „proxy” bemeneti adatokat, amelyek a beszivárgást, a vízraktározó képességet, a talajszelvénybeli vízmozgást és a talaj erodálhatóságát jellemzik. A *földrajzi információs rendszerek* napjainkra már szerves részévé váltak a hazai földértékelési projekteknek is (KERTÉSZ Á. 1997).

Szakértői rendszerek a földértékelésben

A matematikai szimuláció hatékonyságát fokozzák azok a *szakértői rendszerek* (MÉRŐ L. 1997), amelyek az 1980-as évektől teret nyertek a földrajzi információs rendszerekben (BURROUGH, P. A. 1986), hamarosan pedig a földértékelés eszköztárában is. Lényegük, hogy egy tudományos probléma megoldásakor a témában érintett, de nem feltétlenül teljesen azonos háttérrel rendelkező, elméleti és gyakorlati szakértők szaktudását valamilyen módon beépítsék a rendszerbe, és hozzáférhetővé tegyék a felhasználók számára is. Ezt a folyamatot a mesterséges intelligencia kutatói *tudástervezésnek* (angolul „knowledge engineering”) nevezik (RAGGETT, J.–BAINS, W. 1994).

A szakértők megadják a feladat megoldásához szükséges alapvető információkat, megbecsülik, hogy a rendszer bizonyos elemei milyen mértékben függenek egymástól, bizonyos események milyen következményekkel járnak. Megállapításaikhoz valószínűségi értékeket rendelnek. A „számítógép” újabb és újabb kérdéseket tesz fel nekik, így bővíti a témáról tárolt, formalizált ismereteket, több ezer (kisebb részben újdonság számba menő, nagyrészt viszont triviális, mindenki által tudott) *szabályt* fogalmaz meg, és ezáltal – optimális esetben – objektívabb alapra helyezi a feladat megoldását. Ez a folyamat következő szakasza, amikor a rendszer mint „*következtető gép*” (inference engine) működik. Ehhez természetesen valamiféle (legalább részleges) ellenőrzés is hozzátartozik, amelyet a „tanuló” adatbázistól független adattömegben kell elvégezni.

Sokak szerint a szakértői rendszerekből továbbra is hiányzik a kreatív emberi gondolkodás képességének döntő eleme, az intuíció (MÉRŐ L. 1997). Lehetséges azonban, hogy erre a földértékelésben kevésbé van szükség, mint pl. a gyógyításban, ezért itt a szakértői rendszerek felhasználására már ma is megérett a helyzet. Nehézségek persze adódnak. A legfontosabb talán a földrajzi környezet alrendszerei közötti igen szoros összefonódásból adódik: kérdéses, hogy mennyire lehet elszigetelten kezelni olyan tulajdonságokat, mint a vízellátottság. A szakértői rendszerek pedig csak nagyfokú önállósággal rendelkező, viszonylag szűk szakterületek problémáinak megoldására alkalmasak. Ennek tudatában BOUMA, J. et al. (1993) megjegyzik, hogy a talaj ned-

vességszolgáltató képessége igen összetett LQ, amely elsősorban a következő, egymástól teljesen eltérő feltételektől függ:

- évről-évre változó időjárási viszonyok,
- bizonyos, alapvető talajtulajdonságok (víztartó képesség, hidraulikus vezetőképesség, a talajvíz szintjének ingadozása stb.),
- a növények tulajdonságai (a gyökérfejlődés vagy a vízfelvétel módja).

Túlzott általánosításnak tartják, hogy a vízellátottságot a legtöbb földértékelő rendszerben csak a talaj textúrájával, átlagos nedvességtartalmával és a gyökérfejlődés mélységével jellemzik. Ha sikerül a problémakör határait jól megvonni, a szimulációs modellekkel kombinált szakértői rendszerek ennél pontosabb eredményt ígérnek.

Lehetőségeik felmérésére egy New York állambeli mintaterületen végeztek vizsgálatot (BOUMA, J. et al. 1993). A lehető legnagyobb mértékben leegyszerűsítették a körülményeket: a három földhasználati típust (LUT) a monokultúrában termesztett kukorica korai, közepes és kései érésű fajtái jelentették, talajokból pedig mindössze három típus (series) fordult elő a kiválasztott gazdaság területén. Tíz szakértőt kértek fel a „tudástervezésben” való közreműködésre: hárman elméleti szakemberek (egyetemi professzorok), hárman talajfelvételezők, ketten talajvédelmi tanácsadók voltak, valamint egy végzett egyetemi hallgató és a egy terepi technikus egészítette ki a csapatot. Feladatuk adták nekik, hogy

- jelöljék meg az ökológiai alkalmasságot leginkább meghatározó LQ-kat,
- a tágabb környezetre is kitekintve, osszák alkalmassági fokozatokba az LQ-kat (ahogyan a FAO-rendszer megköveteli: S1, S2, S3 és N osztályokra),
- keressék meg az LQ-kat a legtökéletesebben leíró LC-ket,
- állapítsák meg az LC-k intervallumait, amelyek az egyes alkalmassági fokozatokba besorolhatók,
- becsüljék meg az LUT-ok alapján az egyes talajtípusokon várható termésátlagot.

Érdeemes megvizsgálni azt a táblázatot, amely a szakértők első tevékenységének eredményét rögzíti (4. táblázat). Az eltérő megfogalmazásokat kiszűrve, figyelemre méltó, hogy a 10 szakember összesen csupán 12 LQ-t választott ki. (Ebben természetesen annak is szerepe van, hogy szakismeretükön kívül a FAO földértékelési rendszere is erősen megszabja gondolkodásukat.)

4. táblázat. A komplex környezeti tulajdonságok kiválasztása egy szakértői rendszerben (BOUMA, J. et al. 1993 nyomán)

Fontosnak tartott LQ	Hányan említették?
A felszín elnedvesedése (ill. rossz talajszellőztetés)	7
Járhatóság	4
Hőellátottság	5
Nedvességellátottság	9
Megművelhetőség	4
A növények meggyökerezése	1
Elöntés vetéskor	1
Elöntés a növény korai fejlődési szakaszában	1
A gyökerek könnyű lehatolása a talajba	1
Erózióveszély	1
Kilúgozás veszélye	1
Fekvés, megközelíthetőség, táblaméret	1

Nem meglepő, hogy a nedvességellátottságot csaknem mindegyik szakértő megemlítette. Szintén figyelemre méltó, hogy a második leggyakoribb LQ a felszín túlzott nedvességtartalma, a vízellátottsággal szorosan összefüggő, de negatív előjelű tulajdonság. Az LQ-k listáján egyébként majdnem ugyanannyi (5) „veszély” (korlátozás) szerepel, mint ahány a növény fejlődését segítő feltétel.

Már az LQ-k kiválasztását is befolyásolta a megkérdezett személy szakmai „háttere”. Még feltűnőbb volt ez a komplex tulajdonságok egyszerű paraméterekre bontásakor (5. táblázat). A szakértők említette LC-ket három csoportba lehetett besorolni:

5. táblázat. A nedvességellátottság diagnosztikus paraméterei a tárgyalt szakértői rendszerben (BOUMA, J. et al. 1993 nyomán)

Komplex tulajdonság	Csoport	Egyszerű tulajdonság
Nedvesség ellátottság	1	Felvehető talajnedvesség a gyökérszónában (jellemzi a gyökérfejlődés mélysége és a talaj textúrája), a legmagasabb talajvízszint mélysége, termőréteg-vastagság, domborzati fekvés (a kiszáradás-veszély szempontjából)
	2	Csapadékmentes napok száma az aszálystressz ideje alatt
	3	A tenyészidőszak azon napjai, amikor $h < -70$ kPa (a növény fejlődési állapotával súlyozva)

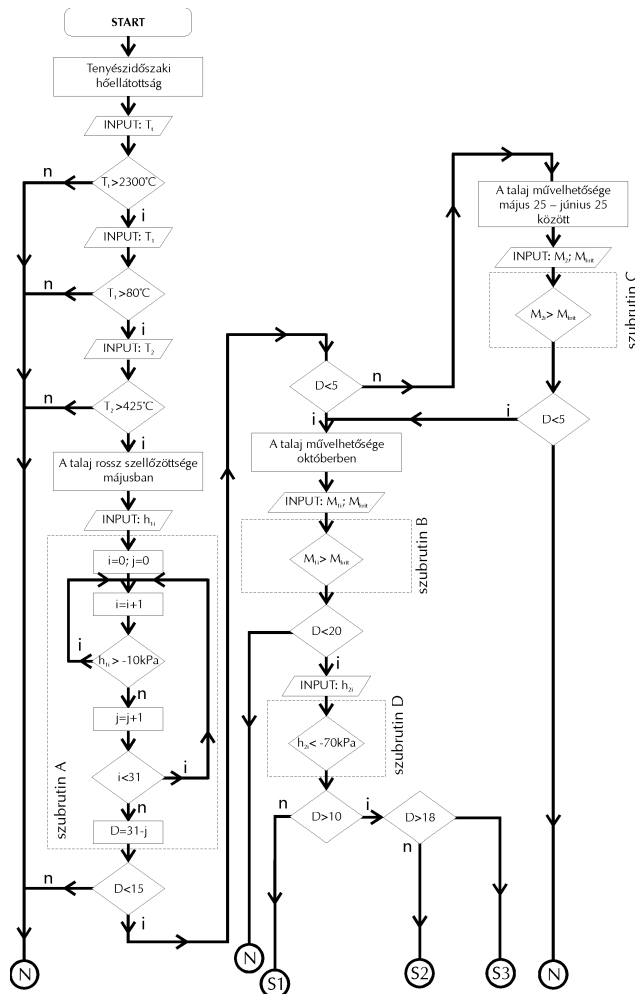
1. a talajfelmérések adatai (pl. a domborzati helyzet, a talaj textúrája, vízháztartási típusa, színe, a pangó vízre utaló glejtfoltok megjelenési mélysége),

2. hosszabb idejű (többéves) terepi megfigyeléssel beszerezhető adatok (pl. a belvízelöntés hossza, az aszálystressz megnyilvánulásának vagy a föld „pihentetésének” az időtartama),

3. szimulációs modellezéssel (WOSTEN, J. H. M.–BOUMA, J. 1985) kapható adatok (pl. hány napig $>5\%$ [térf.] a gyökérszóna levegőtartalma, hány napig haladja meg a talajfelszín nedvességtartalma a plasztikusság alsó határát, mennyi ideig jellemezhető a tenyészidőszakban a növény aszálystressz állapota a $h < -70$ kPa szívóerővel).

A szakértők korábbi tapasztalatai a paraméterekre bontást még inkább befolyásolták. Akik a talajfelvételezésben voltak jártasabbak, az 1. csoportból választottak. Azok számára, akik a gazdaságokkal állandó kapcsolatot tartottak, a 2. pont alatt szereplő mutató tartalmazta a leglényegesebb információt. Az egyetemi oktatók a 3. paraméter mellett voksoltak. Megállapítható, hogy a szimulált adatok töltik be a legjobban az LC-k szerepét, de beszerzésük jóval nehezebb, mint a másik két csoporté. Egyben a szimulációk eredményeit lehetett a legjobban beilleszteni a *döntési fával* történő osztályozásba. A döntési fa tulajdonképpen nem más, mint a fentebb már említett döntési algoritmus divatosabb neve. (A szakértői rendszer működését bemutató 4. ábrát ezért az ismertebb – és pontosabb – formába átszerkesztve közlöm.)

A szakértői rendszerek igazi tudományos és közvetlen gyakorlati hasznát akkor hajtják majd, ha a gazdálkodók körében az optimális művelés (precision cropping) olyan kérdéseire (fajtakiválasztás, vetésidő, művelésmód stb.) is megbízható feleletet tudnak adni, amellyel a FAO-rendszer nem képes megbirkózni.



4. ábra. A nedvesség-ellátottság minősítése hosszú tenyészidejű kukorica termesztésére való alkalmaság szerint (New York állam területére, BOUMA, J. et al. 1993 nyomán átszerkesztve). – T_1 = tenyészidőszaki (máj. 1–szept. 30) hőösszeg ($^{\circ}\text{C}$), T_1 = máj. 1–15. közötti hőösszeg ($^{\circ}\text{C}$); T_2 = máj. 15–jún. 25 közötti hőösszeg ($^{\circ}\text{C}$); h_{1i} = a gyökérzet naponta mért szívóereje (kPa) májusban; M_1 = a humuszos réteg nedvességtartalma (mm) októberben; M_2 = ugyanaz máj. 15 – jún. 25 között (mm); M_{krit} = a szellőzöttség és a járhatóság szempontjából kritikus nedvességtartalom (mm); h_{2i} = a gyökérzet naponta mért szívóereje (kPa) októberben. A nedvességellátottsági osztályok: N = alkalmatlan; S1 = kiválóan alkalmas; S2 = mérsékelt alkalmas; S3 = marginálisan alkalmas

An assessment of moisture availability for late variety corn (maize) growing (for the territory of New York State, rearranged after BOUMA, J. et al. 1993). – T_1 = number of cumulative growing degree days (accumulated temperature, $^{\circ}\text{C}$; May 1–Sept. 30); T_1 = the same for May 1–15 ($^{\circ}\text{C}$); T_2 = the same for May 15–June 25 ($^{\circ}\text{C}$); h_{1i} = daily head pressure (kPa) in the rooting zone for May; M_1 = moisture content of topsoil in Oct. (mm); M_2 = the same between May 25 and June 25; M_{krit} = critical moisture content for inadequate aeration and trafficability (mm); h_{2i} = daily head pressure (kPa) in the rooting

A földértékelésre használatos szimulációs modelleknek, szakértői rendszerek még számtalan változata ismert, amelyek a hagyományos módon vagy újabb megközelítésben foglalkoznak a vízellátottság minősítésével (5. táblázat). Részben elméleti, részben gyakorlati (tervezési) céllal hozták őket létre, különböző területegységekre vonatkoznak, és matematikai alapjuk is eltérő. Igen valószínű, hogy az 6. táblázat több ponton már elavult, hiszen folyamatosan látnak napvilágot a modellek javított változatai. (A LESA pl. már csak „tekintélyes” múltja miatt került bele a táblázatba). Ezekben nem csupán egyes jellemzőket „cserélnek ki”, hanem egyre átfogóbbá teszik és szigorúbban írják le a paraméterek kapcsolatrendszerét is.

Napjainkban tájökológiai vizsgálataira nem csak az analízis jellemző. Ugyanilyen erős az a törekvés, hogy a minél teljesebb erőforrás-felmérés érdekében a modelleket átfogó, interdiszciplináris osztályozásokhoz használják fel. A szintézis „végterméke” a nedvességellátottságot is jól tükröző „ökorégiók” kialakítása, amint az Kanadában (BASTEDO, J. D.–THEBERGE, J. B. 1983) és Új-Zélandon (HARDING, J. S.–WINTERBOURN, M. J. 1997) is történt. Az ökorégiókat a jelenlegi és a jövőben várható ökológiai alkalmasság megbecslésének kereteiként is felhasználják (PETTAPIECE, W. W. 1995).

Az integrált modellezésnek – csakúgy, mint egykor a tájbeosztások készítésének – azonban veszélyei is vannak. A kanadai szerzők (BASTEDO, J. D.–THEBERGE, J. B. 1983) bírálják az ökológiai körzetesítés módszereit, mert nem tartják elég objektívnak, pontosan megismételhetőnek azokat az eljárásokat, amelyekkel az ökorégiók (Alberta tartományban pl. 76 van) határait kijelölték.

Az ökoszisztémák elemeinek, kölcsönkapcsolatainak jobb megismerése, dinamikájának mélyebb megértése, pontosabb modellezése, a GIS-ek „intelligenssé” válása, az adatszintek szakértői rendszeren nyugvó integrálása vezethet el oda, hogy az „automatikus” térbeli osztályozás magasabb rendű eredményt hozzon, mint a manuális tájtérkép-szerkesztés. Ennek a fejlődésnek a keretében várható az, hogy a vízellátottság meg lehetőségen szubjektív, elszigetelt fogalomból hamarosan Magyarországon is a földértékelési eljárás szerves részévé válhat.

6. táblázat. Néhány földértékelési programcsomag összehasonlítása

Rövidített név	ALES	LESA	LEAR	CROPWAT	LEDESS
Teljes név	Automated Land Evaluation System	Agricultural Land Evaluation and Site Assessment	Land Evaluation and Area Review System for Agriculture	Crop Water Requirements	Landscape Ecological Decision Support System
A kidolgozás éve	1987	1983	1997	1992	1988
Kidolgozó szervezet	Cornell Egyetem, Ithaca, N.Y.	Talaj- és Víz-védelmi Társaság, Arkeny, Iowa	Ontario Mezőgazdasági, Élelmezési és Vidékfejlesztési Minisztériuma (OMAFRA), Toronto	Egyesült Nemzetek Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO)	Agrártudományi Egyetem, Wageningen, Hollandia

6. táblázat folytatása

Rövidített név	ALES	LESA	LEAR	CROPWAT	LEDESS
Hatóköre	helyi (regionális)	regionális, helyi	regionális (tart.), helyi	globális	regionális
Jellemzése	átfogó földértékelő szakértői rendszer kerete	parametrikus rendszerű, súlyozásos termőképesség-értékelő program	növényenkénti alkalmasság és termőképesség meghatározása termésbecsléssel	a növények (öntöző)vízigényét számító program	ökotópok értékelése szakértői rendszer bevonásával
Alapja	FAO földértékelési rendszer	Kanadai Földkataszter (CLI)		FAO dokumentumok	ökotóptérképezés
Természeti vagy társadalmi tényezők?	természeti és közgazdasági	természeti és társadalmi	természeti és társadalmi	természeti	természeti és társadalmi-gazdasági
Termésbecslés	nincs	?	termékenységi index (PI)	nincs	potenciális biológiai produkció
A vízellátottság helye a rendszerben	jelentőségének megítélése változó lehet	kiemelt	a CLI-nek megfelelő	kiemelt: víz-igény összevetése a csapadékkal	kiemelt: a vízellátottság példáján mutatja be a módszert
Újszerűsége	nagy mértékű rugalmasság, interaktív jelleg, GIS-kapcsolat	átfogó, az USDA talajosztályozásnak megfelelő paraméterkészlet	speciális ökológiai követelmények, ill. a regionális viszonyok figyelembevétele	144 ország éghajlati adatbázisára (CLIMWAT) épül	ökológiai és mezőgazdasági szempontok együttes figyelembevétele
Legfőbb hiányossága	LQ-k felbontását nem indokolja	az értékelés társadalmi szempontjai nem következtesek	matematikai megfogalmazása nem tökéletes	a talajtényezők elhanyagolása	az éghajlat elhanyagolása
Hivatkozás	ROSSITER, D. G.–VAN WAMBEKE, A. R. 1992	WRIGHT, L. E. et al. 1983, WRIGHT, L. E. 1984	OMAFRA, 1997	FAO, 1999	KNOL, W.C. 1990

- BASTEDO, J. D.–THEBERGE, J. B. 1983. An appraisal of inter-disciplinary resource surveys (Ecological land classification). – *Landscape Planning* 10. pp. 317–334.
- BASTIAN, O.–SCHREIBER, K.-F. 1999. Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. – 2., neubearbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg–Berlin. 564 p.
- BEEK, K. J.–BENNEMA, J. 1972. Land evaluation for agricultural land use planning. An ecological methodology. – Agricultural University, Wageningen. 72 p.
- BIBBY, J. S.–DOUGLAS, H. A.–THOMASSON, A. J.–ROBERTSON, J. S. 1982. Land capability classification for agriculture. – (Monograph of the Soil Survey of Scotland) Macaulay Institute for Soil Research, Aberdeen.
- BOUMA, J.–WAGENET, R. J.–HOOSBEEK, M. R.–HUTSON, J. L. 1993. Using expert systems and simulation modelling for land evaluation at farm level: a case study from New York State. – *Soil Use and Management* 9. 4. pp. 131–139.
- BURROUGH, P. A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. – (Monographs on Soil and Resources Survey No 12). Clarendon Press, Oxford. 194 p.
- CHINENE, V. R. N. 1992. Land evaluation using the FAO Framework: an example from Zambia. – *Soil Use and Management* 8. 3. pp. 130–139.
- CLI 1965. Soil capability classification for agriculture. – Department of the Environment, Ottawa, Ontario. 16 p. (The Canada Land Inventory, Report No 2)
- CLI 1977. Soil capability for agriculture in Alberta. – Alberta Environment, Edmonton, Alberta.
- DAVIDSON, D. A. 1992. The Evaluation of Land Resources. – Longman, Harlow. 198 p.
- DOORENBOOS, J. et al. 1979. Yield Response to Water. – FAO, Rome. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper 33)
- DRIESSEN, P. M. 1986. The Q.L.E. Primer. A first introduction to quantified land evaluation procedure. – Lecture notes for J050–140 „Land Evaluation II”. Agricultural University Wageningen Centre for Food Studies, Wageningen. 111+5 p.
- FAO 1976. A Framework for Land Evaluation. – FAO, Rome. (Soils Bulletin 32)
- FAO 1978. Report of the Agro-ecological Zones Project: Volume I. Methodology and Results for Africa. – FAO, Rome (World Soil Resources Report 48/2)
- FAO 1983. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. – FAO, Rome. (Soils Bulletin 52)
- FAO 1999. CROPWAT Version 7.0 User's Manual. – FAO, Rome. (Irrigation and Drainage Paper No 56)
- FISCHER, P. F. 1989. Expert system applications in geography. – *Area*, 21. 3. pp. 279–287.
- GÓCZÁN L. 1980. Mezőgazdasági területek agroökogeográfiai kutatása, tipizálása és értékelése. – Akadémiai Kiadó, Budapest. 126 p. (Földrajzi Tanulmányok 18)
- HARDING, J. S.–WINTERBOURN, M. J. 1997. An Ecoregion Classification of the South Island, New Zealand. – *Journal of Environmental Management*, 51. pp. 275–287.
- KERTÉSZ Á. 1997. A térinformatika és alkalmazásai. – Holnap Kiadó, Budapest. 240 p.
- KLINGEBIEL, A. A. and MONTGOMERY, P. H. 1961. Land-capability classification. – United States Department of Agriculture, Washington, D.C. 1–21. (Agriculture Handbook No 210)
- KNOL, W. C. 1990. LEDESS 2.0 Technical Manual. – Agricultural University, Wageningen
- LITTLEBOY, M.–SMITH, D. M.–BRYANT, M. J. 1996. simulation modelling to determine suitability of agricultural land. – *Ecological Modelling* 86. pp. 219–225.
- LÓCZY D. 1989a. Tájértékelés, földértékelés vagy mezőgazdasági célú környezetminősítés. – *Földr. Ért.* 38. 3–4. pp. 263–282.
- LÓCZY D. 1989b. Tájökológiai elméletek, módszerek és gyakorlati alkalmazásai. Nemzetközi áttekintés – *Földr. Ért.* 38. 3–4. pp. 379–393.
- LÓCZY D. 1989c. Agroökológiai körzetesítés Komárom-Esztergom megyében a növénytermesztésre való alkalmasság minősítése alapján. – Kandidátusi értekezés. Kézirat. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. 169 p. + mell.

- MAFF 1966. Agricultural Land Classification of England and Wales. – Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London. (Technical Report No. 11)
- MAFF 1988. Agricultural Land Classification of England and Wales. – Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London. 52 p.
- McRAE, S. G.–BURNHAM, C. P. 1981. Land Evaluation. – Clarendon Press, Oxford. 239 p. (Monographs on Soil Survey No 7)
- MÉRŐ L. 1997. Észjárások. A racionális gondolkodás korlátai és a mesterséges intelligencia. – Tericum Kiadó, Budapest. 346 p.
- OMAFRA 1997. A Guide to Land Evaluation and Area Review (LEAR) System for Agriculture. – Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Toronto. 15 p.
- PETTAPIECE, W.W. 1995. Extrapolating site measurements to regional assessments: concepts and principles. – Internal Report. Agriculture and Agri-Food Canada, Alberta Land Resource Unit, Edmonton. 28 p.
- RAGGETT, J.–BAINS, W. 1994. Szakértői rendszerek. Tudástervezés – In: Mesterséges intelligencia A–Z. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 181–185., pp 220–221.
- ROSSITER, D. G. 1994. Land Evaluation. – Lecture Notes 494: Special Topics in Soil, Crop and Atmospheric Sciences: Land evaluation with emphasis on computer applications. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University.
- ROSSITER, D. G.–VAN WAMBEKE, A. R. 1992. ALES: Automated Land Evaluation System, Version 3 User's Manual. – Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA. (SCAS Teaching Series No 2)
- THOMASSON, A. J. 1979. Assessment of soil droughtiness. – In: JARVIS, M. G.–MACKNEY, D. (eds.): Soil Survey Applications. pp. 43–50. (Soil Survey Technical Monograph No. 13)
- THORP, J.–SMITH, G. D. 1949. Higher categories of soil classification: Order, Suborder and Great Soil Groups. – Soil Science 67. pp. 117–126.
- VARGA-HASZONITS Z. 1987. Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 248 p.
- VERHEYE, W. V. 1990. Soil Survey Interpretation, Land Evaluation and Land Resource Management. – Agropedology, Nagpur, India 1. pp. 17–32.
- WOSTEN, J. H. M.–BOUMA, J. 1985. Using simulation to define moisture availability and trafficability for a heavy clay soil in the Netherlands. – Geoderma 25. pp. 187–196.
- WRIGHT, L. E. 1984. Agricultural Land Evaluation and Site Assessment (LESA): A new agricultural land protection tool in the USA. – Soil Survey and Land Evaluation 4. 1. pp. 25–38.
- WRIGHT, L. E.–ZITZMANN, W.–GOOGINS, R. 1983. LESA – Agricultural Land Evaluation and Site Assessment. – Journal of Soil and Water Conservation 38. 2. pp. 82–86.
- YOUNG, A. 1973. Rural land evaluation. – In: DAWSON, J. A. and DOORNKAMP, J. C. (eds.): Evaluating the Human Environment. Edward Arnold, London. pp. 5–33.

ASSESSING WATER AVAILABILITY AS A LANDSCAPE PROPERTY IN VARIOUS LAND EVALUATION SCHEMES

by *D. Lóczy*

S u m m a r y

Today traditional category system land evaluation schemes are increasingly substituted by parameter systems. Parallel to that trend, there are attempts to incorporate water availability as a major characteristic of the (agricultural) landscape into the schemes in a quantitative form. Beginning with the further developed versions of the USDA Land Capability Classification and the Scottish system of land

evaluation to the FAO surveys, a range of solutions have been proposed. However, there is no universally accepted and standard way of assessing water availability. The paper classifies the various approaches into checklists, hierarchical subdivisions and classifications based on simulation modelling and expert systems. (Naturally, the overlaps among them are remarkable in every case.) The advantages and disadvantages of the techniques are evaluated in order to alleviate their application in Hungary.

While the traditional classifications relied on professional experience only, the occurrence of radically different automated approaches opened new vistas in the field of research. The new trends were mostly pioneered by Canadian and Dutch experts. After the FAO Framework for Land Evaluation was published, water availability was the first land quality which was modelled by an evaluation (decision-making) algorithm. The application of mathematical simulation and expert systems is increasingly supplemented by the most advanced way of spatial evaluation, an intelligent GIS.

Translated by the author

MEGRENDELŐLAP

Megrendelem Önöknél a FÖLDRAJZI ÉRTESÍTŐ című szakfolyóiratot 2001 évre példányban. Előfizetési díj 2001-re 2000,-Ft, amely összeget átutalással/posta utalványon fizetem (a nem kívánt szöveg törlendő)

Megrendelő (intézmény) neve:

Címe:

Ügyintéző neve:

Bankszámla száma:

..... 2001. hó nap

.....
aláírás-bélyegző

Megrendelhető vagy megvásárolható:

MTA Földrajztudományi Kutató Intézet Könyvtárában
1388 Budapest Pf.: 64.
1112 Budapest XI. Budaörsi út 45.
Telefon: 309-26-00/1443