

Vízközpontú gondolatok a dél-afrikai régió élelmezési biztonságáról

Bogárdi János József 

Nemzeti Köszolgálati Egyetem, Víz- és Környezetpolitikai Tanszék, Budapest, Magyarország
Levelező szerző, e-mail: bogardi.janos@uni-nke.hu

Beérkezett: 2025. április 30.; elfogadva: 2025. június 4.

Összefoglalás

Ez a tanulmány a dél-afrikai élelmiszer-biztonságot vizsgálja, a vízre mint kritikus és gyakran korlátozó erőforrásra fókuszálva. Egy elméleti „extrém vízfogyasztási forgatókönyvet” használva megbecsüli, hogy hány ember táplálása lenne lehetséges, ha az összes megújuló vízforrást maximálisan öntözésre használnák. Az eredmények szerint az öntözés még ideális körülmények között sem elégséges a jövőbeli élelmiszerigények kielégítésére, mivel a víz inkább korlátozó tényező. Az elemzés hangsúlyozza, hogy az öntözés kiterjesztése jelentős infrastruktúra-beruházásokat igényelne, ami pénzügyi és technikai kihívásokat jelent. Ezenkívül szociálpolitikai problémák is súlyosbítják a helyzetet, például a gazdálkodók képzettségének hiánya, az ineffektív vízhasználat és a földtulajdonlási egyenlőtlenségek.

Kulcsszavak: élelmiszer-biztonság, Dél-Afrika, vízgazdálkodás, öntözés, klímaváltozás

Water-centric reflections on food security in the South African region

János József Bogárdi

National University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Water and Environmental Policy,
Budapest, Hungary

Summary

This study reassesses food security in Southern Africa by focusing on water as a critical and often limiting resource. It explores a theoretical “extreme water use scenario” to estimate how many people could be fed if the renewable water resources up to their ecologically allowable limit were utilized for irrigation. The findings reveal that even under ideal conditions, irrigation alone cannot meet future food demands of the growing population, highlighting water as a constraint rather than a viable solution. The analysis underscores that significant expansion of irrigation would require massive investments in infrastructure – such as reservoirs, canals, and pumping systems – which pose substantial financial and technical challenges. These physical limitations are further compounded by socio-political issues, including inadequate farmer training, inefficient water use, and land ownership issues, such as “land grabbing.”

Ultimately, the study advocates for a realistic, integrated approach to food security that combines improved water management, better farming practices, reduced post-harvest losses, and policy reforms. It argues that only a multi-faceted strategy, grounded in regional realities, can address the complex challenges ahead. The paper evaluates how fully utilizing Southern Africa’s renewable water resources for irrigation could impact the region’s food security. The study estimates irrigable land, water availability, and caloric yield per water unit, assuming a 40% irrigation efficiency, and draws on data from FAO, IWMI, WWF, and UN-DESA, while highlighting inconsistencies in regional statistics.

Grounded in hydrological and demographic projections, the study is also informed by the author’s extensive field experience, particularly during a research residency at the Stellenbosch Institute for Advanced Study (STIAS). The paper provides a realistic framework for evaluating the limits of irrigation in meeting future nutritional needs. The study concludes that even in an ideal scenario, where over 30% of Southern Africa’s renewable water is used for irrigation, only 16–26% of the projected 2054 population could be fed. Although the water resources would allow up to 5.75 million hectares to be irrigated in the region, doing so would require massive infrastructure – over 100 km³ of additional reservoir capacity – and a significant improvement in water-use efficiency, currently only at 40%. The study suggests that most people will still rely on rainfed agriculture and food imports, and socio-political barriers like land

grabbing and limited support for farmers will further restrict the region's ability to meet future food needs through irrigation. The study concludes that water availability is a hard biophysical limit that cannot be overcome by infrastructure alone, emphasizing the need for a multifaceted strategy to address the region's food security challenges.

Keywords: food security, Southern Africa, water management, irrigation, climate change

Bevezető: egy kontinens válaszára

Legkésőbb 2015, az Európát érintő migrációs krízis óta mindenki számára érthetővé kellett válnia, hogy a világon sok helyütt, elsősorban az északi félteke száraz övezetében és a szubszaharai Afrikában valami alapvetően „nincsen rendben”. Induljunk ki abból a jogos feltételezésből, hogy nyomós ok nélkül senki nem hagyja el a hazáját és a kultúráját. A 2022 óta dúló orosz–ukrán háború veszélybe sodorta a gabonaexportot, amelytől számtalan afrikai ország élelmezési biztonsága függ. Nem véletlen, hogy mindezek ellenére a gabonaexport a harcban álló országokból – még ha csökkentett szinten is drágábban is – mégis működik.

Ez a 2025-ös év elejének valósága – alig negyedszázaddal az ezredforduló euforikus jövendölései után, miszerint a 21. század Afrika évszázada lesz. Ez a narratíva – minden nyilvánvaló krízis és ellenkező trend ellenére (Juma et al. 2013; Simane et al. 2025; Elliott 2025) – napjainkban is jelen van. Hodder és Migwalla 2023-ban a jövő élelmiszer-exportőreként látta Afrikát, az afrikai lakosság több mint 20 százalékát érintő táplálkozási deficitnek dacára (Hodder–Migwalla 2023).

Bish rámutatott arra a döntő tényezőre, hogy Afrikában a lakosság növekedésének üteme – ellentétben az ázsiai és dél-amerikai országokkal – nem mutat hasonló, erősen csökkenő tendenciát (Bish 2016). A kontinens lakossága, amely 1980 körül paritásban volt Európa lakosságával, ma már annak háromszorosa. Afrika lakossága a század végére 3 milliárd fölé is felszökhet. Akkortájt minden, a világon születendő öt gyerekből négy afrikai lesz (1. táblázat). Nem alaptalan az az aggodalom, miszerint az élelmezésbiztonság érdekében tett lépések nem tudnak megfelelni a népességnövekedési kihívásoknak.

Vannak-e a fentebb vázolt társadalmi folyamatoknak és a nem-fenntarthatóságnak olyan okai is, amelyeket nem a társadalmi szférában, a bölcs politikai vezetés vagy a széles körű képzettség hiányában, netán a hatvan-hetven évvel ezelőtt lezárult gyarmati függőség utóhatásaiban kell keresnünk? Természetesen sem a kérdés, sem a lehetséges válasz nem egy mindent bemutató képre vonatkozik. Ha megállapításainkat Afrikára vonatkoztatjuk, akkor egy több mint ötven országnak otthont adó, több klímazónát magában foglaló kontinenst, több mint 30 millió km²-t jellemzünk egyetlen számmal, egy trenddel, egy kijelentéssel. Szükségszerűen csupán egy vázlatról lehet szó, nem pedig részletes analízisről.

1. táblázat | Afrika várható népesedése a 21. században

1980	477 millió ember – Európával paritásban
2016	1200 millió ember (évi növekedés: 30 millió)
2050	2400 millió ember (évi növekedés: 42 millió; több, mint a teljes világszaporulat 50 százaléka) – Európa lakosságának öt-hatszorosa
2100	3200 millió ember (minden öt újszülöttről több, mint négy Afrikában születik)

Forrás: Bish 2016

Afrika élelmezési biztonsága már több stratégiai tanulmány tárgya volt (Haddad 1997; Juma et al. 2013). Ez utóbbi összefoglalta a kihívásokat, amelyek mind az igény, mind a készletek oldalán sokasodtak. A tanulmány legdrágább adata, hogy a 2013-ban megállapított trendek alapján 2050-re a kontinens az élelmiszerigénynek csupán 13 százalékát lenne képes megtermelni. A média-visszhang ellenére (Toulmin 2013) ez a szám nem váltotta ki az elvárt reakciókat. De Haas és szerzőtársai utalnak az 1980-as évek óta Afrikában is javuló élelmiszer-biztonsági helyzetre (De Haas et al. 2025), anélkül, hogy megemlítenék a Montpellier Panel által jelzett, 2007 óta tartó trendváltozást. A témával foglalkozó szakirodalomban található ellentmondások és alapvetően eltérő előrejelzések megerősítik a feltevést, miszerint a felhasznált adatbázisok egymástól nagymértékben eltérőek lehetnek.

Melyek azok a tényezők – mint például a termőtalajok minősége, a klíma változása vagy az ivóvíz, az öntözővíz és az infrastruktúra hiánya –, amelyek a gazdasági, földtulajdoni és egyéb társadalmi okok mellett felelősek lennének napjaink afrikai változásaiért vagy éppen a pozitív irányú változások hiányáért? Ezek közül a kritikusnak nevezhető készletek közül a víz áll az első helyen.

Míg Afrika területe a Föld szárazföldjeinek 20 százaléka, addig a kontinens évente megújuló vízkészlete 4000 km³ (UNECA et al. 2003), a szárazföldről az óceánok felé mért globális felszíni és felszín alatti, összesen 40 000 km³ lefolyásnak (Trenberth et al. 2007) csupán 10 százaléka. Ha figyelembe vesszük az Egyenlítő körüli, vízben gazdag területeket, ahol a Kongó folyam több mint 1300 km³ évi hozamával a kontinens vízkészletének egyharmadát adja (Dai–Trenberth 2002), akkor nyilvánvaló, hogy akár észak, akár dél felé haladunk, a földrész egyre szárazabb lesz.

Simane és szerzőtársai cikke az élelmezésbiztonságot befolyásoló tényezők közül nem tér ki kimondottan Afrika vízgazdálkodási problémáira (Simane et al. 2025). Az öntözés egy lehetséges stratégia a klímaváltozás nega-

tív hatásainak kompenzálására, amennyiben a termőföldeken kívül a megfelelő mennyiségű és minőségű víz is rendelkezésre áll. Ehhez – a vízkészlet elérhetősége mellett – a sikeres beruházásokon kívül a földművesek öntözési tudáspotenciáljára is szükség van.

Az Afrikára vonatkozó statisztikai adatok gyakran tévesek. A földrajzi régiók lehatárolása is kérdéses. A kontinens déli régiója általában kilenc országot jelent: Botswana, Dél-afrikai Köztársaság, Eswatini (az egykori Sváziföld), Lesotho, Malawi, Mozambik, Namíbia, Zambia és Zimbabwe (Sikora et al. 2019). De ismert az Angolával kiegészített tízországos lehatárolás is (Simane et al. 2025). Szintén félreértésekre adhat okot Dél-Afrika mint régió és Dél-Afrika mint a Dél-afrikai Köztársaság vagy akár a Dél-afrikai Fejlesztési Közösség (SADC) gyakori összekeverése.

Elrettentő példaként álljon itt a dél-afrikai régió lakosságszámának ellentmondásos becslése. Jómagam 2017-re – tévesen – 303 millió lakossal számoltam, mint a kilenc legdélibb afrikai állam összlakossága (Bogárdi 2022). Simane és szerzőtársai cikkében az előbbi kilenc ország és Angola összesített lakosságszámaként 2025-re mindössze 72 millió szerepel (Simane et al. 2025; 5. táblázat). Az ENSZ népesedési előrejelzési riportja a tíz ország lakosságát 2024-re 203 millióban határozta meg (United Nations 2024). Az ENSZ-ügynökség megbízhatónak ítélt előrejelzése 2054-re 348 millió lakos. Ez harminc év alatt 71 százalékos növekedést jelent, ami – a dél-afrikai régióban – elmarad az Afrikára vonatkozó lélekszám megduplázódásától 2050-ig (Bish 2016).

Az élelmiszer-biztonság vizsgálata a vízkészletek szempontjából

Az itt összefoglalt gondolatok az írásos forrásmunkák mellett olyan személyes tapasztalatokra támaszkodnak, amelyeket az 1980-as évektől kezdődően közel négy évtized alatt szereztem, szakmai látogatásaim során számos afrikai ország rurális valóságával és vízgazdálkodásával szembesülve. 2014-ben a dél-afrikai Stellenboschban működő Stellenbosch Institute for Advanced Study (STIAS) töltött kutatási időszakban kezdtem intenzíven foglalkozni a fentebb megfogalmazott kérdésekkel a dél-afrikai régió vonatkozásában.

Vízkészletek szempontjából tagadhatatlanul a Szahara alatti Afrika legszárazabb régiójáról van szó. Ugyanakkor a Dél-afrikai Köztársaság a vízgazdálkodás területén számottevő tapasztalattal és kifejezetten fejlett vízgazdálkodási infrastruktúrával rendelkezik, amelynek regionális használatát megkönnyítheti a SADC együttműködési kerete. A STIAS-nál töltött ösztöndíjas kutatásaim során számtalan eszmecserére került sor, amelyek mélyrehatóan befolyásolták a véleményemet. Ezek az információk olyan szellemi szintézist alakítottak ki, amelyre nemigen alkalmazható a tudományos publikációkban szokásos utalások rendszere. Talán a legmegfelelőbb ezzel kapcsol-

latban a STIAS tudományos missziójára és szlogenjére utalni: „The creative space for the mind”.

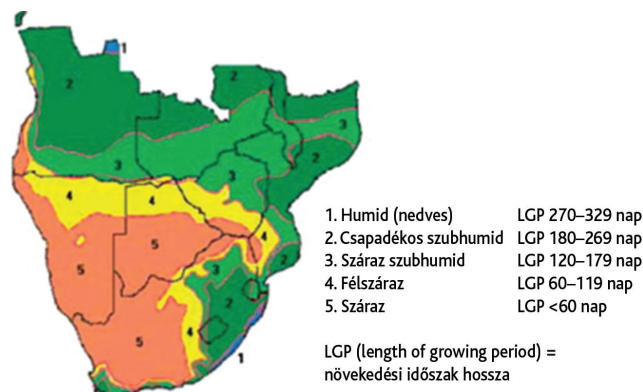
Néhány évvel az egykori gondolatmenet kialakítása és lehangoló eredményei után (Vlek et al. 2019) nem csupán a korábbi lakossági túlbecslés miatt szükséges a téma újbóli vizsgálata, hiszen Afrika élelmezési biztonsága nemcsak humanitárius szempontból, de biztonsági kérdésként is az emberiség jövőjének egyik legfőbb és nem kellően feltárt kihívása.

Az afrikai élelmezésbiztonság kérdése jól vizsgálható a kontinens déli részén. A fent említett sajátosságok mellett a régió magában foglalja egy számottevő vízkészletekkel rendelkező folyam, a Zambézi jóformán teljes vízgyűjtő medencéjét. Ebben a heterogén és a klímaváltozás által különösen veszélyeztetett régióban (Schulze 2014) modellszerűen vizsgálható, hogy a régió vízkészlete eleget-e a jelenben és a jövőben egy az élelmezésbiztonságot garantáló mezőgazdaság fenntartására.

Kiindulási helyzetkép

Ennek az „extrém vízhasználati jövőképnek” nevezett gondolatmenetnek az a célja, hogy meghúzza az elméleti felső határát annak, amit a dél-afrikai régió élelmezésbiztonsága tekintetében elérhetnénk, ha a régió vízkészleteit a lehető legnagyobb mértékben az öntözéses mezőgazdaság szolgálatába állítanánk. A megfontolás középpontjában a kilenc említett országból álló, vízhiánynak minősülő dél-afrikai régió áll. Miközben ezek az országok Afrika területének több mint 15 százalékát foglalják el, a kontinens évente megújuló vízkészletének kevesebb mint 7 százaléka, 274 km³/év jut erre a régióra (UNECA et al. 2003; Thamae 1997).

A kilenc ország összesített területe 4693 millió km². A statisztikai adatok alapján napjainkban 165,7 millió ember lakja (United Nations 2024). Jelenleg a régióban becslések szerint a lakosság 9 százaléka szenved az élelmezéshiány valamelyik formájától. Ez az afrikai kontinentális átlagnak kevesebb, mint fele (Simane et al. 2025; 3. táblázat). Az egy főre jutó átlagos napi kalóriaellátás



1. ábra Afrika déli részének éghajlati zónái

Forrás: Vlek et al. 2019

a régióban körülbelül 2200 kcal. Ez az egészséges kalóriaellátási szint a jövőben is tartandó. A népesedési előrejelzések szerint 2054-re a vizsgált térség lakossága eléri a 267,9 millió főt, ami közel 62 százalékos növekedést jelent (*United Nations 2024*). A régiót és a jellemző agroklimatikus feltételeket az 1. ábra mutatja be. A klímaváltozás regionális kihatásait már korábbi tanulmányok is (lásd *Schulze 2014*) a globális átlagnál jóval súlyosabbnak ítélték.

Ez a bizonytalan és földrajzilag egyenlőtlen klimatikus helyzet, illetve az ezzel járó vízhelyzet az éghajlatváltozás, a talajdegradáció és a növekvő népesség miatti víz-igény emelkedése nyomán valószínűleg tovább romlik majd (*Kusangaya et al. 2014*). Az itt felvázolt „extrém vízhasználati jövőkép” nem számol ezekkel a nagymértékű, de bizonytalan vízhozamváltozásokkal. Ez azt jelenti, hogy az „extrém vízhasználati jövőkép” egy optimista vízhelyzetből indul ki.

Az öntözés szerepe az élelmezési biztonságban

A mezőgazdasági termelés világszerte 90 százalékban az úgynevezett „zöld vízen” alapul (*Falkenmark–Rockström 2006; Rost et al. 2008*). Ez a csapadékvíz közvetlen vagy a termőtalaj vadózus zónájából való felvételét jelenti a növények által. Ezzel szemben az öntözéses mezőgazdaság a csapadékból származó vizet úgynevezett „kék vízzel”, a vízfolyásokból, tavakból, tározókból vagy éppen a felszín alatti vízkészletből vett vízzel helyettesíti vagy egészíti ki, amennyiben erre a vegetációs időszakban szükség lenne.

Veldwisch és szerzőitársai Afrika vonatkozásában a termőterület 3–6 százalékát jelölik öntözött területként (*Veldwisch et al. 2025*). Viszont a becslések szerint itt kerül betakarításra a termények 25 százaléka. Figyelemre méltó a szakirodalomban említett „informális” öntözés (*Veldwisch et al. 2025*): a kisgazdák saját kezdeményezéssel a hivatalosnak nevezhető öntözőterületek többszörösén gyakorolják az öntözés, illetve a csapadékalapú mezőgazdaság kiegészítésének valamilyen vízhasználati formáját. Ez az informális öntözés egyrészt hozzájárulhat ahhoz, hogy az éhínség mégsem olyan mértékű Afrikában, mint amire a hivatalos adatok alapján számíthatnánk, viszont az alapvetően illegálisan felhasznált víz hiányzik csökkenő lefolyás formájában. Ennek az „informális” vízgazdálkodásnak a létét magam is tapasztaltam 1984-ben Zambiában a Kariba völgyzáró gát tározójából illegálisan kiszivattyúzott vízzel öntözött gyümölcsös-kertek esetében.

A dél-afrikai régió legfejlettebb mezőgazdaságában, a Dél-afrikai Köztársaságban a termőterület 10 százaléka van az öntözésnek megfelelően infrastrukturálisan előkészítve és öntözőberendezésekkel felszerelve. Ezen a 10 százaléknyi termőterületen az öntözéses mezőgazdaság termeli meg az ország mezőgazdasági terményeinek 30 százalékát (*WWF 2013*).

Az öntözéses mezőgazdaság helyzete Afrika déli részén

Napjaink Afrikával foglalkozó kiadványai arra utalnak, hogy egyrészt Afrikában található a világ még nem kihasznált termőföldtartalékának 60 százaléka, másrészt a kontinensen a kultivált termőföld mindössze 5 százaléka lesz öntözve (*Hodder–Migwalla 2023*). A kontinens jelenkori élelmezési hiányosságai, illetve a klímaváltozás hatására várható változások a csapadék jövőbeli mennyiségi, idő- és térségközi eloszlásában arra engednek következtetni, hogy a várhatóan egyre szárazabb és melegebb dél-afrikai régióban – a szokásosan felsorolt, de ritkán részletezett lépések, mint „climate smart agriculture”, „innovation”, „water stress tolerant seeds”, mobil technológiák stb. használata mellett (*Simane et al. 2025*) – figyelmünket az öntözéses növénytermesztés fejlesztésére kell fordítani.

2003-ban a nemzetközi statisztikai adatok szerint 20 640 km² öntözésre előkészített mezőgazdasági terület volt a dél-afrikai térségben. Ez azt jelenti, hogy az elmúlt két évtizedben nem történt számottevő öntözésfejlesztés a régióban. Ez a szám azonban nem árulja el, hogy az említett több mint 20 ezer km²-en valóban folyt-e öntözés, és ennek a területnek mekkora részét kellene rehabilitálni, mielőtt (újra) szoba jöhetnének a mezőgazdasági termelés öntözéses növelése érdekében. Arról sincs adat, hogy az öntözés esetleges mellőzése az előkészített földeken vízhiányra vagy egyéb okokra utal-e.

Az imént említett, regionálisan öntözhető területek csaknem 73 százaléka (1,497 millió hektár) a Dél-afrikai Köztársaságban található. IWMI- és FAO-adatok a dél-afrikai öntözött területeket ugyanezen a szinten említik 2015-ben és 2016-ban. Távérzékelésen alapuló jelentések arra utalnak, hogy a ténylegesen öntözött terület kisebb, mint az öntözésre felszerelt terület. Ennek többféle oka lehet, amelyek közül a vízhiány bizonyára nem a legjelentéktelenebb tényező. A meglehetősen szórványos adatfellelhetőséggel szemben Backeberg cikke arra utal, hogy a 2014/2015-ös öntözési szezonban a Dél-afrikai Köztársaságban távérzékeléssel szerzett adatok alapján 1,334 millió hektáron folyt ténylegesen öntözés (*Backeberg 2018*). A felhasznált vízmennyiség (evapotranspiráció) a vegetációs periódusban hektáronként 7659 m³ volt. Ez a szám inkább a csapadékalapú mezőgazdaság támogatására, mintsem kizárólag öntözővízen alapuló termelésre utal.

A WWF szerint a Dél-afrikai Köztársaságban a hidrológiai körforgásból emberi használatra kivételre kerülő víz (12,5 km³/év) 63 százalékát öntözésre használják fel (*WWF 2013*). Feltételezve, hogy ezt a vízmennyiséget (7875 km³/év) a teljes 1,497 millió hektár öntözhető terület öntözésére használják, ez 5257 m³/ha éves vízhasználatot jelent. Világszerte alkalmazható az az ökol-szabály, hogy a folyókból, tavakból, tározókból, talajvíztartókból és vizes élőhelyekről elvont víz legalább 50

százaléka nem jut el az öntözendő növényekhez. Bár ezeknek a veszteségeknek a többsége visszatér a hidrológiai körforgásba, az öntözött növénytermesztéssel kapcsolatban veszteségnek számítanak.

Valószínű, hogy a Dél-afrikai Köztársaságban, ahol a mezőgazdaság és az öntözés jelentős része nem kisgazdaságok keretében, hanem jól szervezett, piacra termelő farmokon zajlik, az összesített veszteségek alacsonyabbak a „globális átlagnál”. Ugyanakkor a jóval 6000 m³/ha alatti átlagos éves mezőgazdasági öntözővíz-fogyasztás vagy nagymértékű kiegészítő öntözésre, vagy csak egy termés/évre utal. Magasabb értékű kultiválás esetén az adott klímához viszonyítva relatíve alacsony hektáronkénti vízhasználat utalhat csepegtető öntözési technológiára is.

Az elmúlt két-három évtizedben a magas beruházási és üzemköltségek kritikus felülvizsgálata és a korábbi öntözési fejlesztések gyakori kudarcai miatt az öntözésfejlesztés világszerte, Afrikában pedig különösen lelassult. Az éghajlat változékonyságának és változásának minden veszélye mellett azonban sem a mezőgazdaság, sem a vízzel kapcsolatos egyéb gazdasági tevékenységek nem tarthatók fenn vagy fejleszthetők jelentős és térben jól elosztott víztározó kapacitások biztosítása nélkül.

Az öntözéses mezőgazdaság fejlődési lehetőségei Afrika déli részén

A dél-afrikai térségben a jelenlegi öntözőrendszerek esetleges rehabilitációja mellett egy nagyszabású, újonnan indítandó öntözésfejlesztéshez a legalkalmasabb terület a Zambézi medencéje. A Zambézi teljes éves átlagos vízszállítása a folyam torkolatánál körülbelül 117 km³, ami a dél-afrikai régió teljes éves megújuló („kék”) vízkészletének 43 százaléka. Ezt a kilenc országra vonatkozó regionális, évente megújuló vízkészletet az African Water Vision 274 km³ értékkel adja meg (UNECA *et al.* 2003). A FAO és a World Bank becslései szerint a Zambézi-medencében 3,160 millió hektár öntözhető földterület található, ebből 700 ezer hektár Angolában, vagyis az itt vizsgált kilenc ország területén kívül (FAO 1997; *The World Bank* 2010).

A már kiépült legkedvezőbb tározóhelyek mellett az újabb beruházások kockázatosabbak lennének. Geológiai okokból a dél-afrikai régióban a felszín alatti vízre mint jelentékeny öntözési készletre támaszkodni nem reális lehetőség (Pavelic *et al.* 2013; Villholth 2013).

A Dél-afrikai Köztársaságra érvényes évenkénti hektáronkénti öntözéses vízhasználati mennyiségekkel szemben a FAO által használt tervezési értékek – az öntözendő növény vízigényének függvényében – évente 5000 és 25 000 m³/ha között változnak (FAO 2003). A Zambézi vízgyűjtőjében (Angola nélkül) a potenciális öntözhető földterület, 2,46 millió hektár öntözéséhez szükséges becsült teljes vízigény 36,9 km³/év lenne (körülbelül 15 000 m³/ha évi „közepes” öntözési vízigény figyelembevételével). Ez a teljes Zambézi-medence évente meg-

újuló felszíni vízfolyásának 31,5 százaléka. Ennek az öntözési potenciálnak a becsült vízfogyasztási értékek szerinti fejlesztése azonban ütközne a Zambézin működő vízerőművek jelenlegi vízigényével. Főként a Zambia és Zimbabwe közti Kariba és a mozambiki Cahora Bassa völgyzáró gátaknál létesített vízerőműveknél hiányozna a megszokott vízhozam, ha az öntözési vízkivételi művek a tározók fölötti szakaszon települnének. Az említett tározók vízfogyasztást nem igénylő vízenergia-termelése után az alvízi szakaszon mindenesetre elérhetővé lehetne tenni az öntözésfejlesztéshez szükséges vizet anélkül, hogy az fokozná az energiatermelés és a mezőgazdaság közötti konfliktust. Szerencsére a Zambézi-medence öntözési potenciáljának több mint 50 százaléka (1,7 millió ha) Mozambikban található, túlnyomórészt a Cahora Bassa tározó alatti folyószakaszon (NEPAD 2013).

Afrika déli részén a víz határozza meg az öntözésfejlesztés lehetőségeit?

Az évente megújuló vízkészlet 31–32 százalékának öntözésre való vízkivétele nagyon magas arány, annál is inkább, mert az erősen ingadozó vízhozamokat egyértelműen az egymást követő esős és száraz évszakok határozzák meg. Emellett az aszályos, illetve a vízbő időszakok több évig is eltarthatnak, így akár többéves száraz periódusok is kialakulhatnak – ilyen volt például az 1981 és 1984 közötti időszak (Budhakoontharoen 1986). Kétségtelen, hogy a vízkészletek ilyen szintű öntözési igénybevétele a jól elosztott víztározó, vízkivételi és vízszállítási kapacitások (völgyzáró gátak, tározók, mesterséges tavak, csatornák, zsilipek, átereszek stb.) növelését igényli a régióon belül.

Az öntözés mellett, még annak előtérbe helyezése esetén is figyelembe kell venni az ivóvízellátást, a szanitációt, az ipari vízhasználatot, a hűtővizet és az állattartást. Még ha ezeket a felhasználásokat nagyon hatékonyan tekintjük is (újrahasznosítás, tisztított szennyvíz biztosítása öntözéshez, zárt ipari vízhasználati körforgás stb.), a teljes elvonási arány az évente megújuló vízkészletből minden bizonnyal elérné a 40 százalékot. Általánosan elfogadott nézet, hogy ezen a 40 százalékos vízelvonási határon túl a természetes víztestek ökológiai funkciói károsodnak. Ennek megfelelően kevés tanulmány foglalkozott a 40 százaléknál magasabb vízkivételi hányad vizsgálatával (Vörösmarty *et al.* 2000).

A következő egyszerűsített számításokban az évente megújuló felszíni lefolyás 31,5 százaléka szerepel az öntözésre szánt vízkivétel felső határértékeként. Megjegyzendő, hogy ez is roppant magas vízkivételi százalékot jelent.

Ebben az elképzelt „extrém vízhasználati” forgatókönyvben a Zambézi-medencére feltételeesen elfogadott 31,5 százalékos öntözési vízhasználati határértéket feltételezzük a dél-afrikai régióban elérhető teljes átlagos évi megújuló vízkészlet (274 km³) kihasználhatóságára vonatkozóan is. Ez azt jelenti, hogy a régióon belül 86,31

km³/év víz állna az öntözési mezőgazdaság rendelkezésére. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy az öntözési növénytermesztést egy a csapadéktól függő mezőgazdaságban jártas földműves közösségnek kell átvennie. Éppen ezért a fejlődő országokra jellemző 40 százalékos öntözési hatékonysággal számolhatunk. Vagyis az elméletileg egy hektár öntözésére kivett 15 000 m³-ból csak 6000 m³ éri majd el az öntözendő növényt.

Tegyük hozzá, hogy még az öntözött növények is közvetlenül függnak a csapadéktól, amelyet adott esetben az öntözővíz mellett fel tudnak használni. Ezért leegyszerűsített számításaink nem a teljes termést becsülik fel, hanem az öntözővíz segítségével elvárható termés-hozam-emelkedést.

Mekkora területet lehet öntözni ennyi vízzel?

A dél-afrikai régió becsült teljes öntözési területe az évente átlagosan rendelkezésre álló feltételezett, maximum 86,31 km³ öntözővíz felhasználásával 5,754 millió hektár lehetne. Ebből a területből potenciálisan 2,46 millió hektár lenne a Zambézi-medencében (Angolán kívül). Így az elképzelt öntözésfejlesztés a régió jelenlegi öntözött területének 2,79-szeres növekedését jelentené a 2003-as helyzethez képest.

Jelenleg nem áll rendelkezésünkre a potenciálisan öntözhető földterület regionális kiértékelése. Ezért ebben a szakaszban egyszerűen feltételezzük, hogy a további, mintegy 1,23 millió hektárnyi öntözendő terület a dél-afrikai régióban, de a Zambézi-medencén kívül található. Ez a regionális becslés azt jelenti, hogy nem lehet felmérni, a potenciális földterületek és a potenciális vízforrások térbeli eloszlása valóban megfelel-e a sikeres öntözésfejlesztésnek.

Hány ember élelmezése lenne biztosítható az extrém vízhasználati jövőkép esetében?

Ezt a kérdést kétféleképpen lehet megközelíteni. Általánosságban a növényeknek egy liter vízre van szükségük ahhoz, hogy a betakarított termés részeként 1 kcal energiát szintetizáljanak. Az egyszerű értékelés szerint az évi 86,31 km³ vízben rejlik annak lehetősége, hogy 40 százalékos öntözési hatékonyság mellett 42,99 millió embert tudjon táplálni 2200 kcal napi kalóriabevitel mellett. Megemlítendő, hogy ebben a becslésben az aratás és a betakarítás utáni termésveszteségek nincsenek figyelembe véve.

A körülbelül 43 millió ember a régió jelenlegi lakosságának körülbelül 26 százaléka, de a 2054-re várható lakosságnak már csak körülbelül 16 százaléka lesz.

Egy másik, széles körben javasolt átszámítási tényező szerint az emberek táplálására fejenként és évente 1300 m³ vízre van szükség (Rockström *et al.* 2014). Ez a javasolt átszámítás kedvezőtlenebb képet fest: mivel az éven-

te rendelkezésre álló és az öntözött növényeket elérő vízmennyiség 34,524 km³, így mindössze 26,56 millió ember ellátására lenne elegendő. Bár a víz nélkülözhetetlen, és az is marad az élelmezési biztonság szempontjából, önmagában az öntözés még idealizált, közepesen hatékony, de teljes térfogati potenciállal történő fejlesztés esetén sem lenne képes táplálni a dél-afrikai régió lakosságát. A 2054-re előre jelzett 267,9 milliós lakosság túlnyomó részének, több mint 240 millió embernek a táplálékát továbbra is a csapadékvíztől függő mezőgazdaságnak és/vagy az élelmiszerimportnak kellene biztosítania. Az élelmezési biztonság felé továbbra is a növekvő hozamok – mind a jelenlegi, mind a jövőbeni öntözött és még inkább a közvetlenül csapadékvízzel táplált termőterületeken elért növekvő hozamok –, valamint a betakarítás utáni veszteségek drasztikus csökkentése mentén haladhatunk. Természetesen a jelenleg is meglévő élelmiszerimport további növekedése is várható. Az évente megújuló felszíni vízkészletek itt figyelembe vett 31,5 százalékos arányának további növelése még elképzelhetően nagy térfogatú tározók esetében is nemcsak roppant drága, de nagy valószínűséggel technikailag is megoldhatatlan lenne anélkül, hogy a klímaváltozással vélhetően együtt járó alacsonyabb lefolyást és megnövekedett vízigényt figyelembe vennénk. Az itt felvázolt extrém vízhasználati jövőkép természetesen javulna, ha növelnénk a vízszállítási és -szétosztási hatékonyságot, és nem 40 százalékos szinten vennénk számításba. A vízhatékonyság jelentős növelése nélkül a veszteségmentes vízellátás – akár az elméleti maximumig – sem számít a regionális élelmezési biztonság csodaszerének. (Divatos angol kifejezéssel „more crop per drop”, azaz több termés egységnyi vízből: évente kevesebb, mint 1300 m³ víz felhasználása egy fő élelmezésére és/vagy 1 liternél kevesebb víz 1 kcal értékű élelmiszer termelésére.)

Mire lenne még szükség?

A víz- és az öntözési infrastruktúra jövőbeli fejlesztése – az élelmezési biztonságra gyakorolt lehetséges hatásaira vonatkozó kijózanító következtetés ellenére – természetesen nem kizárt, hiszen az élelmezési helyzet komolysága és várható további romlása (Simane *et al.* 2025) miatt a politikai nyomás túl erős lesz ahhoz, hogy bármelyik, akár csak marginális javulást ígérő alternatívát figyelmen kívül hagyják. Mégpedig annak ellenére, hogy az öntözőrendszerek kiépítése költséges feladat, amit nem lehet elintézni néhány hónap alatt. Arról nem beszélve, hogy az átképzéshez nemcsak átképzendőkre, hanem az ő nyelvüket beszélő átképzőkre is szükség van.

További tározók nélkül egy megbízható öntözési rendszer nem fejleszthető. A Dél-afrikai Köztársaság jelenlegi helyzete szolgál alapul a további szükséges tározókapacitás becsléséhez. Ebben az országban körülbelül 1,5 millió hektárt öntöznek. Az ország több mint ötszáz tározójának összesített tározótérfogata (tározók, tavak stb.) jelenleg mintegy 35 km³ (Wikipedia 2014), így

országos viszonylatban az adott éghajlati és vízjárási adottságok mellett 1 millió hektárnyi terület öntözéséhez hozzávetőlegesen $23,3 \text{ km}^3$ víztározó-térfogat szükséges. Ha ezt a számot a dél-afrikai régió potenciálisan 5,754 millió hektáros öntözött területére vetítjük, a teljes aggregált tározótérfogat-igény 134 km^3 lenne. Ez a becslés öntözött hektáronként azonos tározási igényt jelent az egész régióban. A tározókapacitást „szét kell osztani” a régiókban, hogy ki tudja szolgálni az egymástól távol eső öntözési területeket.

Nehéz felbecsülni, hogy hány km^3 tározókapacitás létezik a régióban, amelyre az öntözés szempontjából számítani lehetne. A régió két legnagyobb tározója, a Kariba és a Cahora Bassa a Zambézin együtt körülbelül 110 km^3 aktívan használható tározótérfogattal rendelkezik, az üzemeltetésük viszont kizárólag energetikai szempontokat követ. A Dél-afrikai Köztársaságban található 35 km^3 tározótérfogat nem csupán az öntözés vízigényét hivatott fedezni.

Tegyük hozzá, hogy a szükséges regionális tározótérfogat megállapítása nem történhet egyszerű lineáris extrapolációval. Az említett 35 km^3 tározótérfogat a Dél-afrikai Köztársaság esetében elegendőnek tűnik az éves megújuló vízkészlet körülbelül 23 százalékos vízhasznosítására, beleértve a mezőgazdaságot is. A Dél-afrikai Köztársaságban a kedvezményezettek által évente felhasznált $12,5 \text{ km}^3$ körülbelül 35 km^3 tározótérfogatot igényel a vízellátás jelenlegi megbízhatósági szintjén, vagyis 2,8-szor többet, mint maga az éves vízkivétel mennyisége (WWF 2013). A félszáraz éghajlat és az ebből eredő nagy évközi vízhozam-változékonyság miatt a vizet adott esetben több éven keresztül is tárolni kell. A tartós regionális aszályok ellensúlyozása nagy tározási térfogatot igényel. Tagadhatatlan, hogy a víz hosszan tartó tározásával a párolgási veszteségek is számottevően nőnek.

Az itt bemutatott extrém vízhasználati jövőképben viszont 31,5 százalékos vízhasználati (vízkivételi) tényezővel számoltunk. Ez a növekedés már eleve nagyobb tározási igénnyel jár, mint amennyi a fejlett Dél-afrikai Köztársaság vízgazdálkodási keretein belül 23 százalékos vízkivételnél szükséges. Ellenérvként megemlíthető, hogy az északabbra fekvő területek, Mozambik, Zimbabwe és Zambia éghajlata kevésbé száraz, mint a kontinens legdélibb része.

Ha a fent említett szorzót használjuk – 2,8-szor akkora tározótérfogat, mint kivett vízmennyiség –, a regionálisan évente kiveendő vízmennyiség, a $86,31 \text{ km}^3$ adott esetben több éven át tartó tárolásához közel 242 km^3 regionális tározótérfogatra lenne szükség. Ez – mint említettük – valószínűleg még mindig alulbecslés, mivel a vízkivétel növelése a megújuló vízkészlet százalékában nemlineáris növekedést jelent a szükséges tározási kapacitás terén. Így a 2,8-nál nagyobb szorzót kellene figyelembe venni a tározási igény becsléséhez. Ilyen közelítések híján, továbbá feltételezve, hogy a Kariba és a Cahora Bassa völgyzáró gátak (összesített „élő” tározó-

térfogatuk körülbelül 110 km^3) és a 35 km^3 összesített tározótérfogat a Dél-afrikai Köztársaságban a jövőben az öntözővízigény figyelembevételével is üzemeltethetők lesznek, a becslések szerint csak az öntözött mezőgazdaság jövőbeli további tározási igénye körülbelül 100 km^3 . Ez a jelenlegi tározókapacitásnak kevesebb, mint kétszerese, de magában foglalja a Zambézin található két nagy tározó üzemeltetésének „átgondolását”, holott az energiatermelés általában sokkal magasabb anyagi nyereséggel jár, mint az öntözővíz által nyert mezőgazdasági terménynövekedés piaci értéke.

Az extrém vízhasználati jövőkép szerint a dél-afrikai régióban szétszórta számtalan új tározót kellene építeni. Völgyzáró gátak építésére alkalmas helyeket találni a potenciális öntözési területek közelében már önmagában is komoly mérnöki kihívás. Ezeknek a létesítményeknek a megvalósítása – bár jelentős beruházási összegekről lenne szó – a politikai akaraton, a környezeti kompromisszumokon, a műszaki megvalósíthatóságon és a beruházási források rendelkezésre állásán múlik.

A fentiekben összefoglalt regionális becslés – a figyelembe vett maximális öntözésfejlesztés és a részben optimista feltételezések ellenére – egyértelműen rámutat, hogy a vízkészletek regionális mennyisége és eloszlása a külső beavatkozás nélküli jövőbeni élelmezési biztonság elérésének egyik legfontosabb korlátozó tényezője, még az éghajlatváltozás várható negatív hatásai nélkül is. Ennek a „kellemetlen igazságnak” a figyelembevétele elengedhetetlen, hogy a jövő kihívásaival szemben realisztikus alternatív válaszokat dolgozzunk ki. A veszélyeztettség tényének tagadása, egyes készletek hasznosításának áthághatatlan határai, a fejlesztések időigénye, beruházási és emberierőforrás-igényei mind figyelembe veendő tényezők Afrika jövőbeli élelmezésbiztonságának értékelésekor.

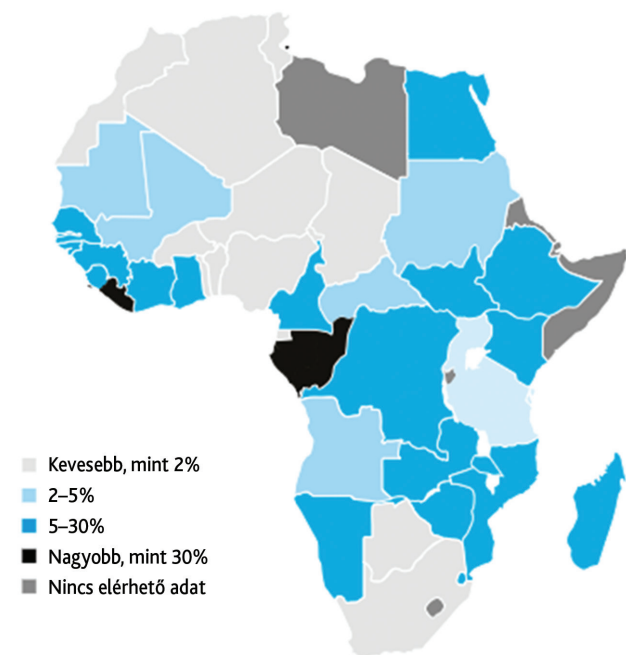
Érdemes összehasonlítani néhány, a klímaváltozás korai hatásait már tükröző termésátlagot. A külföldi betakarítási eredményeket összefoglaló statisztikai adatbázis (USDA 2025) alapján a 2019 és 2024 közötti években elért évi átlagos kukorica-terméseredmények nagy szórást mutatnak a régióon belül. Az említett ötéves átlag – amelybe feltehetően az öntözött kukoricaföldek eredményei is beleszámítanak – a Dél-afrikai Köztársaságban hektáronként 5,31 tonna volt. Ugyanezek a termésátlagok a klíma terén kevésbé száraznak minősülő Mozambik és Zimbabwe esetében 0,99 tonna/ha, illetve 1,29 tonna/ha voltak. Nyilvánvaló, hogy az öntözés „rejtett” hatásán túl a termelők jobb felkészültsége, a műtrágyák és a növényvédő szerek szakszerű alkalmazása is hozzájárulhatott a Dél-afrikai Köztársaságban elért átlagos terményhozam nyomasztó regionális fölényéhez. Összehasonlításképpen az Európai Unió átlagos kukorica-termékhozama ugyanebben a 2019 és 2024 közötti időszakban 7,18 tonna/ha volt.

A dél-afrikai és az európai számok két tényre utalnak. Afrika élelmezési biztonsága elképzelhetetlen regionális vagy akár globális együttműködés nélkül, ami közvetve

arra utal, hogy az európai mezőgazdasági politikának figyelembe kell vennie azt a potenciális, akár emberbaráti-nak is nevezhető igényt, hogy a nagy termelők, az Amerikai Egyesült Államok, Kanada, Oroszország és Ukrajna mellett mind kommersziális, mind humanitárius úton hozzájáruljon Afrika élelmezési biztonságához. A másutt elért, a jelenlegi afrikai termésátlagoknál lényegesen jobb eredmények arra is utalnak, hogy a helyi mezőgazdaságok tudásalapú támogatása, illetve a termelés gazdasági és társadalmi körülményeinek javítása még a klímaváltozás elrettentő perspektívái mellett is lehetővé tennék a termésátlagok szignifikáns javítását és ezáltal az élelmezésbiztonság stabilizálását. Az extrém vízhasználati jövőkép számításainak fényében ugyanakkor túlzás és felelőtlen ígéretes lenne egy olyan kijelentés, amely szerint Afrika ebben az évszázadban pozitívan tudná befolyásolni a világ élelmezési biztonságát. Már az is komoly eredménynek számítana, ha a következő évtizedekben igenlő választ tudnánk adni a kontinentális önellátásra vonatkozó kérdésre.

Ki a föld Afrikában?

Afrika élelmezési biztonságát illetően nem mehetünk el szó nélkül a mellett a gyakorlat mellett, hogy a kontinensen az utóbbi évtizedekben a termőföld egyre nagyobb hányadát hosszú távra bérbe adják (vagy eladják). Ennek mértéke nehezen mérhető fel, mert a termőföld hosszú távú, idegen célokra való átengedése – kevéssé hízelgő nevén „land grabbing” – legtöbbször titkos szerződése-



2. ábra

Hosszú távú, főként külföldiekkel kötött bérleti szerződésekben érintett termőföldek aránya Afrika országaiban

Forrás: United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)

ken alapszik. Az UNCTAD által kiadott Afrika-térképen (2. ábra) számos ország, az itt áttekintett régióból Namíbia, Zambia, Zimbabwe, Mozambik és Malawi tartozik abba a kategóriába, ahol a termőterület idegen érdekek szerinti hasznosítása 5 és 30 százalék között mozog. Egy ilyen tág kategória nem alkalmas arra, hogy megfelelő pontossággal felmérhessük a helyzet súlyosságát. Mindenesetre nehezen számszerűsíthető problémáról van szó, amely bizonyos helyzetekben – a vízkészletek szűkösségén túl – további komoly akadály lehet Afrika élelmezési-önellátásának.

Irodalomjegyzék

- Backeberg, G. (2018) Estimating irrigated area and water use from remote sensing data. Grain SA. <https://www.grainsa.co.za/estimating-irrigated-area-and-water-use-from-remote-sensing-data> [Letöltve: 2025. április 13.]
- Bish, J. J. (2016) Population growth in Africa: Grasping the scale of the challenge. The Guardian, 2016. január 11. <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2016/jan/11/population-growth-in-africa-grasping-the-scale-of-the-challenge> [Letöltve: 2025. április 13.]
- Bogárdi J. (2022) Vízből vagyok, vízzé leszek. Miért forog a víz körforgása körül a világ? Typotex, Budapest.
- Budhakooncharoen, S. (1986) Comparison of Reservoir Operation Strategies. Master's Thesis No. WA-86-3. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Dai, A. & Trenberth, K. E. (2002) Estimates of Freshwater Discharge from Continents: Latitudinal and Seasonal Variations. Journal of Hydrometeorology, Vol. 3. pp. 660–687. [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2002\)003<0660:EOFDFC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2002)003<0660:EOFDFC>2.0.CO;2)
- Elliott, C. (2025) Out of Africa – The future of global food security. New Food. <https://www.newfoodmagazine.com/article/248342/out-of-africa-the-future-of-global-food-security>
- Falkenmark, M. & Rockström, J. (2006) The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 132. pp. 129–132. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2006\)132:3\(129\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129))
- FAO (1997) Irrigation potential in Africa: A basin approach. FAO Land and Water Bulletin No. 4. <https://www.fao.org/4/W4347E/w4347e00.htm>
- FAO (2003) Agriculture, Food and Water: A contribution to the World Water Development Report. FAO Aquastat Report. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/55919c3d-9e92-4085-b64d-05df7b1c91/content/y4683e.htm>
- FAO (2016) Aquastat – FAO's Global Information System on Water and Agriculture. South Africa. <https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/ZAF>
- Haas, M. de, Frankema, E. & Giller, K. E. (2025) Growing towards a food-secure Africa in 2050: Reflections and pathways. In: Haas, M. de & Giller, K. E. (eds.) Pathways to African Food Security: Challenges, Threats and Opportunities towards 2050. Routledge, London. pp. 267–279.
- Haddad, L. J. (1997) Achieving Food Security in Southern Africa: New Challenges, New Opportunities. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Hodder, G. & Migwalla, B. (2023) Africa's agricultural revolution: From self-sufficiency to global food powerhouse. White & Case. <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/africa-focus-summer-2023-africas-agricultural-revolution> [Letöltve: 2025. február 15.]
- IWMI (2015) International Water Management Institute. <https://archive.iwmi.org> [Letöltve: 2025. február 15.]

- Juma, C., Tabo, R., Wilson, K. & Conway, G. (2013) Innovation for Sustainable Intensification in Africa. The Montpellier Panel, Agriculture for Impact, London. https://ag4impact.org/wp-content/uploads/2014/07/MP2013_0047_Report.pdf
- Kusangaya, S., Warburton, M. L., Archer van Garderen, E. & Jewitt, G. P. W. (2014) Impacts of climate change on water resources in Southern Africa: A Review. *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol. 67–69. pp. 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2013.09.014>
- NEPAD (2013) Country Water Resource Profile Mozambique. <https://www.nepad.org/publication/country-water-resource-profile-mozambique>
- Pavelic, P., Villholth, K. G., Shu, Y., Rebelo, L.-M. & Smakhtin, V. (2013) Smallholder groundwater irrigation in Sub-Saharan Africa: Country-level estimates of development potential. *Water International*, Vol. 38. No. 4. pp. 392–407. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2013.819601>
- Rockström, J., Falkenmark, M., Allan, C., Folke, L., Gordon, A., Jägerskog, M. ... Varis, O. (2014) The unfolding water drama in the Anthropocene: Towards a resilience-based perspective on water for global sustainability. *Ecohydrology*, Vol. 7. No. 5. pp. 1249–1261. <https://doi.org/10.1002/eco.1562>
- Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J. & Schaphoff, S. (2008) Agricultural Green and Blue Water Consumption and its Influence on the Global Water System. *Water Resources Research*, Vol. 44. No. 9. <https://doi.org/10.1029/2007WR006331>
- Sikora, R., Terry, E. R., Vlek, P. & Chitja, J. (2019) Transforming agriculture in Southern Africa: Constraints, technologies, policies and processes. Routledge, London.
- Simane, B., Kapwata, T., Naidoo, N., Cissé, G., Wright, C. Y. & Berhane, K. (2025) Ensuring Africa's Food Security by 2050: The Role of Population Growth, Climate-Resilient Strategies and Putative Pathways to Resilience. *Foods*, Vol. 14, No. 2. Article No. 262. <https://doi.org/10.3390/foods14020262>
- Schulze, R. (2014) Oral communications in Stellenbosch Institute of Advanced Study (STIAS)
- Thamane, L. (1997) Institutional Arrangements for the Effective Development of Southern Africa's Water Resources. In: Haddad, L. J. (ed.) *Achieving Food Security in Southern Africa: New Challenges, New Opportunities*. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C. pp. 226–234.
- The World Bank (2010) The Zambezi River Basin: A Multi-Sector Investment Opportunities Analysis. The World Bank Water Resources Management, Africa Region, Vol. 3. State of the Basin. <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/938311468202138918/state-of-the-basin>
- Toulmin, C. (2013) How can Africa solve its food crisis by growing more crops sustainably. Does sustainable intensification mean large-scale, industrial agriculture, or can it build on the traditional methods of many African farmers? *The Guardian*, 18 April, 2013. <https://www.theguardian.com/global-development/poverty-matters/2013/apr/18/africa-food-crisis-growing-crops-sustainably>
- Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A. & Fasullo, J. T. (2007) Estimates of the Global Water Budget and its Annual Cycle Using Observational and Model Data. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 8. No. 4. pp. 758–769. <https://doi.org/10.1175/JHM600.1>
- United Nations (2024) World Population Prospects 2024: Summary of Results. UN DESA/POP/2024/TR/NO. 9. United Nations, New York.
- United Nations Economic Commission for Africa – African Union Commission – African Development Bank (2003) Africa water vision for 2025: Equitable and sustainable use of water for socio-economic development. UNECA. <https://hdl.handle.net/10855/5488>
- USDA (2025) Foreign Agricultural Service. U. S. Department of Agriculture. <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary=default.aspx?id=UP&crop=corn> [Letöltve: 2025. február 12.]
- Veldwisch, G. J., Denison, J., Izzi, G., Kamwamba-Mtethiwa, J., Komakech, H., Mati, B. & Waalewijn, P. (2025) A water angle on Africa's 2050 food security challenge. In: Haas, M. de & Giller, K. E. (eds.) *Pathways to African Food Security: Challenges, Threats and Opportunities towards 2050*. Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9781032649696>
- Villholth, K. G. (2013) Groundwater Irrigation for Smallholders in Sub-Saharan Africa – A Synthesis of Current Knowledge to Guide Sustainable Outcomes. *Routledge Water International*, Vol. 38. No. 4. pp. 369–391. <http://dx.doi.org/10.1080/o2508060.2013.821644>
- Vlek, P. L. G., Tamene, L. & Bogárdi, J. J. (2019) Land rich but water poor: The prospects for agricultural intensification in Southern Africa. In: Sikora, R. A., Terry, E. R., Vlek, P. L. G. & Chitja, J. (eds.) *Transforming agriculture in Southern Africa: Constraints, technologies, policies and processes*. Routledge, London. <https://doi.org/10.4324/9780429401701>
- Vörösmarty, C. J., Green, P. A., Salisbury, J. & Lammers, R. B. (2000) Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, Vol. 289. No. 5477. pp. 284–288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>
- Wikipedia (2014) List of Dams in South Africa. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_dams_in_South_Africa [Letöltve: 2024. október 16.]
- WWF (2013) Agriculture: Facts & Trends South Africa. http://awsas-sets.wwf.org.za/downloads/facts_brochure_mockup_04_b.pdf