2026

AZ ESŐ - CSINÁLÓ

Módszer az eső kiváltására

Ennek az eljárásnak az alkalmazása után még a világ legszárazabb régióinak némelyikében is esett az eső



A kép egy mobil gyűrűs fúvókás permetezőegységet mutat közvetlenül egy víztest mellett

Eljárás, technika és háttér
Állapot: 2026

Jonathan Hertig
Projektkísérés, fejlesztés és marketing
Schützenfahrstrasse 18, 3115 Gerzensee
jonathan.hertig@bluewin.ch
+41 79 758 89 42
www.der-regen-macher.ch

Prológus – Miért készítettem ezt a dokumentációt

Mintegy 25–30 évvel ezelőtt láttam a televízióban egy műsort, amely azóta sem hagy nyugodni. Ebben a műsorban egy kutatócsoportot mutattak be, amely egy sivatagos vidéken több, körülbelül hat–kilenc méter magas fémcsövet állított fel. A csövek felső végén nagyon finom permetezőfúvókák voltak. A vizet – valószínűleg tengervizet – a csöveken keresztül felfelé szivattyúzták, és ott finoman elporlasztották. A víz nagy része ennek során már a levegőben elpárolgott. Miután ezt az eljárást egy ideig alkalmazták, a műsorban látni lehetett, hogy az adott régióban eleredt az eső. Ennek a megközelítésnek az egyszerűsége akkoriban nagy benyomást tett rám.

Ez az emlék sok éven át a háttérben maradt. Az elmúlt években azonban számomra új sürgősséget kapott. A növekvő csapadékhiány, valamint a Magyarországon és Európa nagy részén egyre hosszabb aszályos és kánikulai időszakok nagy aggodalommal töltenek el. Ez különösen Magyarországon mutatkozik meg egyértelműen: a magyar meteorológiai szolgálat, a HungaroMet szerint 2026 nyara ott a 126 évvel ezelőtti mérések kezdete óta a legszárazabb volt. A Duna és a Tisza alacsony vízállása megnehezíti a hajózást és az áruszállítást, és olyan tavak, mint a Velencei-tó, kiszáradással fenyegetnek. A mezőgazdaság – mindenekelőtt az Alföldön – a kiszáradt talajok és a súlyos terméskiesések miatt szenved, az erdők és a növényzet egyre nagyobb szárazságstressznek vannak kitéve, és nő az erdőtűzveszély. A következmények így már régóta nemcsak a természetet érintik, hanem ugyanúgy a gazdaságot, az ellátást és a lakosságot is.[1, 2]

Ebből az aggodalomból kiindulva ismét eszembe jutott az akkori televíziós műsor, és célzottan elkezdtem hasonló eljárások után kutatni az interneten. Ennek során bukkantam rá a svájci Hans Hangartnerre és az ő „eljárására eső előidézésére”. Meglepetésemre utalásokat találtam arra, hogy Hangartner módszerét sok éven át, a világ különböző, nagyon száraz régióiban igen sikeresen alkalmazta. Különösen az 1988-as, az indiai Gudzsarát államban végzett kísérlete keltette fel a figyelmemet, ahol évekig tartó aszály után az ott-tartózkodása alatt ismét heves esőzések kezdődtek.[3, 5, 6]

Ez a felfedezés volt számomra a tulajdonképpeni indíték arra, hogy összegyűjtsem a rendelkezésre álló információkat, és elkészítsem a jelen „Az Esőcsináló” című dokumentációt. Célom az, hogy az eljárást érthetően bemutassam, dokumentáljam Hans Hangartner munkáit és terepkísérleteit, összesítsem a történeti forrásokat és a csapadékadatokat, és egyúttal megmutassam, hogyan lehetne felépíteni egy mai mobil kísérleti berendezést.

Számomra mindennek a középpontjában egy egyszerű, de fontos kérdés áll: ha egy ilyen eljárást a világ néhány legszárazabb régiójában alkalmaztak, és utána ismételten eleredt az eső, miért ne kellene a mai éghajlati viszonyok között Magyarországon is megvizsgálni és alkalmazni? Az akkori kísérletek óta mind az éghajlat, mind a műszaki és meteorológiai lehetőségek jelentősen megváltoztak. Véleményem szerint ezért nem kellene túl sokáig elidőznünk azon az elméleti kérdésen, hogy az eljárás lehetséges-e vagy sem. A döntő az lenne, hogy a kísérletet a mai körülmények között, tudományos kísérettel elindítsuk, és megfigyeljük, mi történik valójában. Csak egy gyakorlati terepkísérlet mutathatja meg, milyen hatás bontakozik ki valós körülmények között. Ha kiderülne, hogy az eljárás működik, haszna a mezőgazdaság, az erdők, a folyók és a vízellátás, és nem utolsósorban a globális felmelegedés elleni küzdelem szempontjából is nagy jelentőségű lehetne. Ki ne ismerné a lehűlés kifejezetten jótékony hatását, amikor egy hosszabb kánikulai vagy aszályos időszak után végre tartós eső kezdődik: a környezeti hőmérséklet rendkívül rövid idő alatt jelentősen csökken, és nem utolsósorban az előzőleg erősen felhevült talaj is érezhetően lehűl. Jól el tudnám képzelni, hogy éppen ez az „esőcsinálási” eljárás hozzájárulhatna ahhoz, hogy célzottan kiváltott esőzésekkel ne csak a kánikulai és aszályos időszakokat előzzük meg, hanem a fokozódó globális felmelegedésnek is ellenhassunk.

Tartalom

Becsült olvasási idő a prológustól az összegzésig és kitekintésig: kb. 17 perc

Prológus – Miért készítettem ezt a dokumentációt 2
1. Bevezetés – Éghajlati változások Magyarországon és Európában 4
2. Az eljárás eredete – Hans Hangartner 6
3. Terepkísérletek és a gudzsaráti kísérlet, India (1988) 7
4. Kérés a politika, a tudomány, a gazdaság és a szövetségek felé – Kísérleti projekt javaslata 9
5. A permetezőfúvókás egység különböző építési változatai 10
6. Összegzés és kitekintés 14
7. Az „esőcsinálás” eljárása – alapelv 15
8. Meteorológiai háttér 19
9. Források és hivatkozások 20

1. Bevezetés – Éghajlati változások Magyarországon és Európában

Magyarországon és Európa nagy részén néhány éve az éghajlat érezhető eltolódása tapasztalható. Az aszályos időszakok gyakrabban fordulnak elő, tovább tartanak, és kifejezett hőség kíséri őket. Az olyan évek, mint 2022, 2025 és mindenekelőtt 2026, megmutatták, milyen erősen hathat a tartós szárazság a tájra, a gazdaságra és a lakosságra.[2, 30]

A HungaroMet szerint 2026 nyara a 126 évvel ezelőtti mérések kezdete óta a legszárazabb és egyúttal a második legmelegebb volt; országosan a szokásos nyári csapadéknak csupán 36 százaléka hullott le.[2] Az ország nagy részén a természetnek és a mezőgazdaságnak ma 200–300 milliméter víz hiányzik a sokéves átlaghoz képest, egyes területeken pedig több mint 300 milliméter.[20] Az Alföldön így egy teljes évi csapadékmennyiség több mint fele hiányzik. Az aszály a talajvízig is lehatol, amely sok helyen jóval az ideálisnak tekintett szint alatt van; a kutak kiszáradnak.[2, 30]

Ez a fejlődés különösen a nagy vizeken válik láthatóvá. A Duna Budapestnél rekord alacsony vízállást ért el, homokpadok és a meder egyes részei szárazra kerültek, és a hajózás egyre nehezebbé vált.[19] A Tisza is egyre kevesebb vizet szállít, és a Velencei-tó – az ország harmadik legnagyobb tava – kiszáradással fenyeget.[19, 24] Mivel ezeken a vízi utakon szállítják a nyersanyagok, üzemanyagok és áruk jelentős részét, az alacsony vízállás szállítási fennakadásokhoz és magasabb árakhoz vezet.

A mezőgazdaság is közvetlenül érintett: 2026 nyarán az ország területének csaknem 89 százalékát sújtotta legalább mérsékelt mezőgazdasági aszály – a legerősebben az Alföldet, ahol a magyar nyári kultúrák nagy részét termesztik.[21] Már 2025-ben 550 000 hektárt értek aszálykárok, és a biztosítók ezért csaknem 40 milliárd forint (kb. 113 millió euró) kártérítést fizettek ki.[24] Különösen drámai a helyzet a Duna és a Tisza közötti Homokhátságon: a tudományos tanulmányok a régiót félszáraznak (szemiaridnak) minősítik – ezt a besorolást egyébként inkább Afrika egyes részeiről vagy az ausztrál Outbackről ismerjük.[25, 26] Ezenkívül a tartós szárazság növeli az erdőtűzveszélyt: a kiszáradt talajok és az elszáradt növényzet táptalajt jelentenek a gyorsan terjedő tüzeknek.

Egyre nagyobb nyomás alá kerül az áramellátás is. A Duna alacsony vízállása miatt időnként le kellett állítani a Paksi Atomerőművet, amely hűtővizét a Dunából veszi, és a magyar villamosenergia-termelés jelentős részét biztosítja.[18] Mivel gyakorlatilag egész Európa ugyanezekkel a problémákkal küzd, a hosszan tartó aszályos és kánikulai időszakokban szűkössé válhat az áram.[18]

A gazdaság mellett a lakosság is a figyelem középpontjába kerül. 2026 augusztusa volt a valaha mért legmelegebb hónap Magyarországon.[2] Különösen veszélyeztetettek az idősek és a már meglévő egészségügyi problémákkal élők: tartós hőség esetén számukra jelentősen nő az egészségügyi szövődmények kockázata, mindenekelőtt akkor, ha a test és a lakótér éjszaka már nem hűl le kellőképpen.

Figyelemre méltó megállapítás: az időjárási frontok eső nélkül vonulnak át

Egy részlet feltűnően jól illik az itt bemutatott eljáráshoz: a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) egy 2024-es tanulmánya kimutatta, hogy a régió feletti szokatlanul száraz, talajközeli légrétegek megakadályozták, hogy az érkező időjárási frontok csapadékot hozzanak. A frontok ehelyett eső nélkül vonultak át, és erős szeleket okoztak, amelyek a felső talajréteget még tovább szárították.[26]

A probléma Magyarországon tehát nem csupán a hiányzó eső, hanem az a nedvesség, amely ugyan megérkezik, de nem hullik le esőként. Éppen ezen a ponton kapcsolódik be az Esőcsináló-eljárás: célzottan nedvességgel dúsítja és lehűti a száraz, talajközeli légréteget – és ezzel megteremti a feltételeket ahhoz, hogy az átvonuló időjárási frontok ismét leadhassák csapadékukat.

Ennek fényében egyre fontosabbá válik a kérdés, hogy a csapadékképződést az aszályos időszakokban célzottan támogatni lehetne-e, és ha igen, hogyan. Vagy akár elképzelhető lenne, hogy ilyen száraz időszakokban célzottan csapadékot, illetve esőt „állítsunk elő”? A jelen dokumentáció egy olyan eljárást mutat be, amely évtizedek óta létezik, de eddig soha nem próbálták ki és alkalmazták rendszeresen és tudományos kísérettel:

Az úgynevezett „esőcsinálás” mobil permetezőfúvókás egységgel.

Leegyszerűsítve az alapul szolgáló elv a következőképpen írható le: a felmelegedett szárazföld felett nedves levegő emelkedik fel, és a magasban felhőkké kondenzálódik; a most már szárazabb levegő visszaáramlik a vízfelülethez, és ott ismét nedvességet vesz fel. Röviden: a célzott esőkiváltás során vizet – például egy tóból vagy folyóból – párologtatnak el, hogy a leírt körforgást beindítsák és egyre jobban felerősítsék. **Ez a folyamat egy nagy, erős motorként képzelhető el: a célzott esőkiváltás eljárása az a kulcs, amely beindítja.**

2. Az eljárás eredete – Hans Hangartner

Az itt bemutatott eljárás a svájci Hans Hangartnerhez nyúlik vissza, aki 1921-ben született egy Erdélybe kivándorolt svájci fejőmester fiaként. Tizenkét évesen érkezett családjával Svájcba, ahol a család időnként nagy szegénységben élt. Hangartner a gépipari ágazatban dolgozott, élete során azonban mindvégig autodidakta ezermester volt, a természeti jelenségek iránti kifejezett érdeklődéssel.[4, 5]

Saját elmondása szerint behatóan foglalkozott a termikkel, a párolgás fizikájával, az időjárási térképekkel, valamint a szél- és tengeráramlásokkal. Saját állítása szerint döntő ösztönzést 1977-ben a jéggyártás hűtésfizikájából származó ismeretek adtak, amelyek elvezették későbbi eljárásának alapgondolatához.[4, 5]

1989. június 1-jén Hangartner a Svájci Szövetségi Szellemi Tulajdon Intézeténél bejelentette a CH 679 262 A5 számú szabadalmat „Eljárás és berendezés eső előidézésére” címmel. A szabadalmat 1992. január 31-én adták meg. Leírja mind az eljárást – a meleg, száraz levegőbe permetezett tengervíz elpárologtatását a csapadékképződés serkentésére –, mind a hozzá tartozó, könnyen szállítható berendezést.[3]

Hangartner nem érte be a puszta szabadalmi bejelentéssel, hanem évtizedeken át a gyakorlatban is kipróbálta eljárását – mégpedig a világ néhány legszárazabb pontján. Bevetései többek között Marokkóba, Mauritániába, Izraelbe, Tunéziába, Togóba, Namíbiába, a nyugat-afrikai Száhel-övezetbe, valamint Indiába vezették. A lakosság nagy örömére ezt követően minden alkalommal valóban eleredt az eső. A helyi szakemberek ezeket a csapadékeseményeket kivétel nélkül megerősítették – hogy ok-okozati összefüggésben álltak-e az esőcsináló kísérlettel, azt tudományosan ugyan nem lehetett véglegesen tisztázni. Egy azonban biztos:

Esett az eső, és a kísérlet és a csapadék közötti időbeli összefüggés feltűnő és figyelemre méltó maradt.[4, 5]

Nem tudom, hogy a szakemberek eljárása hatékonyságával kapcsolatos, újra és újra felmerülő kételyei vették-e rá Hans Hangartnert 1988 júniusában, hogy ismét az indiai Gudzsarát államba merészkedjen – egy olyan régióba, ahol 1985 és 1988 között bizonyítottan súlyos aszály uralkodott –, hogy ott ismét bebizonyítsa, hogy módszere valóban képes esőt előidézni. A Tages-Anzeiger tudósítója, aki a helyszínen kísérte a kísérletet, 1988. július 27-én négy év óta az első igazi esőről számolt be.[5, 6, 7, 8]

És mégis, egész életében elmaradt a megérdemelt elismerés. Az alapprobléma ugyanis ugyanaz maradt: az esőt nem lehet laboratóriumban reprodukálni, és soha nem sikerült hézagmentes tudományos bizonyítékot szolgáltatni arra, hogy a csapadék ok-okozatilag a permetezési kísérletre vezethető vissza. A meteorológusok, tudósok és hatóságok újra és újra megkérdőjelezték a sikereket – nem rosszindulatból, hanem következetesen: a véletlent sohasem lehet kizárni.

Ami megmarad, az egy rendkívüli svájci feltaláló képe, aki szerény eszközökkel és rendíthetetlen hittel éppen olyan területeken alkalmazta eljárását, ahol mások már régen feladták – egy olyan emberé, aki mindenhová, ahová csak ment, esőt hozott –, és akinek mégsem sikerült soha meggyőznie a világot arról, hogy mindez nem a véletlen műve.

3. Terepkísérletek és a gudzsaráti kísérlet, India (1988)

Különös figyelmet érdemel egy terepkísérlet, amelyet Hangartner 1988 júliusának elején végzett Jamnagarban, az indiai Gudzsarát államban. Jamnagar a Saurashtra körzetben, egy félszigeten fekszik, és akkoriban már négy éve tartó aszály sújtotta, amely súlyosan érintette az amúgy is szegény és gazdaságilag elmaradott államot (mintegy 178 000 négyzetkilométer – ez nagyjából Magyarország területének kétszerese –, akkoriban mintegy 40 millió lakos). A bevetést a „Tages-Anzeiger” akkori Kína- és Ázsia-tudósítója, H. B. kísérte; a tudósító a helyszínen volt, és feleségével együtt újságírói eszközökkel dokumentálta a terepkísérletet.[6, 7, 8]

A bevetés a Tata indiai ipari konszern révén jött létre, amely meghívta Hangartnert Gudzsarátba. A kísérletre Jamnagarban került sor; a közelben a Tata Chemicals nagy gyártóüzemet működtetett. Az ottani mérnökök és vegyészek Hangartner berendezésének felállítását eleinte leplezetlen szkepszissel követték.[6]

„A lakosság túláradó örömmel ünnepli a négy év óta első igazi esőt.”[6]
Tages-Anzeiger, 1988. július 27.

Ahogy a fenti cikk leírja, Hangartner megérkezése után mintegy két héttel, 1988. július 14-én valóban eleredt az eső. Erre a bevetésre a svájci ismét csak a szokásos, mintegy 150–180 kilogramm tömegű mobil felszerelését vitte magával – amely egy kompresszorból, nagynyomású csövekből és tömlőkből állt –, amellyel minden alkalommal több száz négyzetkilométeres terület befolyásolására törekedett. A kiszáradt folyómedrek rövid időn belül megteltek vízzel, így a partokon rögtönzötten felállított kunyhókat sietve ki kellett üríteni. Miközben az eleinte szkeptikus Tata-szakemberek láthatóan meglepődtek, Jamnagar lakossága felszabadultan ünnepelte a megérkező esőt: a fiatalok hagyták magukat bőrig ázni, a gyerekek ugráltak, az asszonyok pedig a keletkezett pocsolyákból merítettek vizet a főzéshez. Hangartner maga kijelentette, hogy egész életében nem tapasztalt még ehhez foghatót. A tartósan heves esőzések végül még arra is rákényszerítették, hogy Svájcba tartó visszarepülését két nappal elhalassza.[6]



Egy sátor, egy „permetezőállvány” és egy kompresszoros szivattyú – és röviddel ezután először esik az eső Gudzsarátban, Nyugat-Indiában.[6]



Hans Hangartner történeti permetezőberendezése az 1988. júliusi indiai bevetés során. Az egyszerű szerkezet több, magasan elhelyezett permetezőcsőből állt, és a víz finom porlasztására szolgált.[4]

Az indiai meteorológiai hatóság hivatalos csapadékstatisztikái is egyértelmű képet mutatnak az érintett régiókról:[7, 8]

Régió	1987. 01. 01.–12. 31.	1988. 01. 01.–06. 30.	A kísérlet után: 1988. 07. 01.–12. 31.
Saurashtra és Kutch	92,5 mm	14,9 mm	773,2 mm
Gudzsarát állam	405 mm	75,6 mm	1094,3 mm

Forrás: India Meteorological Department, imdpune.gov.in (Subdivisional Rainfall Data).[7, 8]

Figyelemre méltó az időbeli összefüggés: 1988 június végéig mindkét régióban továbbra is rendkívüli csapadékhiány és szárazság uralkodott, míg közvetlenül a kísérlet után, az év második felében egy jelentősen csapadékosabb időszak következett. Tudományosan kétséget kizáró bizonyítékot arra, hogy ez a fordulat valóban a permetezési kísérletre vezethető vissza, természetszerűleg csak nehezen lehet szolgáltatni – egy teljesen kontrollált összehasonlító vizsgálat azt feltételezné, hogy ugyanazt az időjárási helyzetet egyszer permetezéssel, egyszer anélkül megismételjük, ami gyakorlatilag lehetetlen. A statisztikai adatok mindenesetre erős jelzései az eljárás hatásának, annál is inkább, mivel az esőzések négy év tartós szárazság után valóban megérkeztek. A permetezési eljárás hatékonysága mellett szóló talán legerősebb érv azonban egy feltűnő minta marad:

Mindenütt, ahol Hangartner alkalmazta eljárását – a világ néhány legszárazabb régiójában –, leesett az eső![4, 5]

Miközben a berendezés 14 napos üzemeltetéséhez mindössze mintegy **42 m³ vizet** használtak fel, Saurashtra és Kutch területén 1988 második felében 773,2 mm csapadék hullott. Ha ebből levonjuk az előző 3,5 év 202,5 mm-es átlagos éves csapadékát, 570,7 mm többletcsapadék marad. Mintegy 109 000 km² területen ez nagyjából **62,2 milliárd m³** vízmennyiségnek felel meg.[23] Összehasonlításképpen: ez mintegy harmincszor annyi víz, mint amennyit a Balaton tárol.

4. Kérés a politika, a tudomány, a gazdaság és a szövetségek felé – Kísérleti projekt javaslata

A bevezetőben leírt éghajlati fejlődés fényében szeretném az eljárást megvizsgálásra az Önök figyelmébe ajánlani. A beadvány kiindulópontja az a megfigyelés, hogy az aszályos és kánikulai időszakok Magyarországon és Európában egyre gyakoribbak és hosszabbak, valamint az ebből levezetett kérdés, hogy egy viszonylag egyszerű, műszakilag áttekinthető eljárással célzottan elősegíthető-e a csapadékképződés.

A javaslat abban áll, hogy a magyar kormány – adott esetben a vármegyékkel, a gazdasággal, a tudománnyal és a szövetségekkel közösen – indítson el egy tudományosan kísért kísérleti projektet, például a jelenleg kidolgozás alatt álló, vízgazdálkodásról szóló 12 pontos cselekvési terv építőelemeként.[29] Ennek középpontjában ne egy évekig tartó elméleti előzetes vizsgálat álljon, hanem az a gyakorlatias kérdés, hogy valós körülmények között valóban kiváltható-e vagy legalábbis elősegíthető-e a csapadék.

Egy valós körülmények között végzett, tudományosan kísért kísérlet lenne a következetes következő lépés ahhoz, hogy az Esőcsináló-eljárás magyarországi potenciálját a gyakorlatban megvizsgáljuk. Éppen egy kifejezett aszályos és kánikulai időszak alatt lehetne átfogóan rögzíteni és dokumentálni a meteorológiai feltételeket, a permetezési üzem lefolyását, valamint a levegő páratartalmának, a légáramlásoknak, a felhőképződésnek és a csapadéknak a lehetséges változásait.

Ennek során a tudományos kíséretnek támogatnia és értékelnie kellene a gyakorlati kísérletet – azt azonban nem szabadna szükségtelenül késleltetnie hosszadalmas előtanulmányokkal, elméleti elvi vitákkal vagy túlzott adminisztratív akadályokkal. Egy műszakilag viszonylag egyszerű és áttekinthető eljárás esetében lehetségesnek kellene lennie, hogy a szükséges biztonsági és keretfeltételeket gyorsan tisztázzuk, majd ezt követően egy jól dokumentált terepkísérletet hajtsunk végre. A döntő kérdések közül sokra végső soron úgyis csak valós körülmények között lehet választ adni. A cél ezért ez kellene, hogy legyen: gondos előkészítés, tudományos kíséret – de mindenekelőtt kipróbálás.

Egy ilyen kísérleti projekthez szükséges lehetséges mobil kísérleti egység a javaslat szerint a következő elemekből állhatna:

- egy utánfutóból permetezőfúvókás egységgel és előszerelt vízszivattyúval, kompresszorral és adott esetben ventilátorral
- egy második utánfutóból áramfejlesztővel a szivattyúberendezés és a ventilátor energiaellátásához
- a szükséges vízvezetékekből, permetezőfúvókákból, valamint a kísérlet tudományos kíséretéhez szükséges esetleges mérő- és vezérlőberendezésekből

Egy ilyen berendezés mintegy 150 000–230 000 euróba (kb. 55–84 millió forintba) kerülne, és a végső kiépítésben várhatóan 2–3 berendezés elegendő lenne ahhoz, hogy Magyarországon célzottan esőt váltsunk ki. Ahogy a dokumentációban említettük, ezzel az eljárással nemcsak a csapadékhiány ellen lehetne fellépni, hanem az állandóan emelkedő helyi hőmérsékletet is csökkenteni lehetne. Ha figyelembe vesszük, hogy Magyarország évente mintegy 3 milliárd eurót (kb. 1100 milliárd forintot) költ környezet- és klímavédelemre, vízgazdálkodásra és vízellátásra, egy ilyen kísérleti berendezés elenyészően csekély kiadás lenne. Meggyőződésem azonban, hogy hatása nagy lenne.[31]

Legyen bátorságunk félretenni az esetleges előítéleteket, a megcsontosodott gondolkodási mintákat és az elhamarkodott kételyeket, és nyitottan fogadni az új megoldási megközelítéseket. Éppen a szárazság, a hőség, a vízhiány és a globális felmelegedés jelentette növekvő kihívások fényében technológia- és megoldásnyitottan kellene cselekednünk. Az Esőcsináló-eljárás megmutatja, hogy valószínűleg már egy viszonylag egyszerű, költséghatékony és környezetkímélő technológiával is nagy dolgokat lehet elérni. Ezért nem az kellene, hogy döntő legyen, hogy egy ötlet első látásra szokatlannak tűnik-e, hanem az, hogy valós körülmények között működik-e, és konkrét hasznot hoz-e. Az a bátorság, hogy ezt elfogulatlanul megvizsgáljuk és a gyakorlatban kipróbáljuk, sokkal jelentősebbnek bizonyulhat, mint amit ma talán még sejteni tudunk.

5. A permetezőfúvókás egység különböző építési változatai

Az eljárás gyakorlati megvalósításához különböző mobil építési formák lehetségesek. Előtérben három műszaki alapváltozat áll: egy nagynyomású szivattyúval működő permetezőegység, egy vízszivattyúval és kombinált sűrítettlevegő-befecskendezéssel működő permetezőegység, valamint egy kiegészítő függőleges ventilátorral ellátott kivitel, a hóágyúéhoz hasonló alapelv szerint. Az alábbi építési formák egy későbbi prototípus lehetséges konstrukciós változatait mutatják be.

1. változat – Permetezőfúvókás egység nagynyomású szivattyúval

A vizet egy tóból vagy folyóból szívják fel, megszűrik, és egy nagy teljesítményű, nagynyomású szivattyúval az elosztóhoz és a permetezőcsövekhez juttatják. A szükséges permetezési nyomást teljes egészében a vízszivattyú állítja elő; a fúvókák finom cseppekké porlasztják a vizet. Ez a kivitel kiegészítésképpen egy vagy több felfelé irányított ventilátorral is kombinálható.

Előnyök: egyszerű felépítés; nagy vízátbocsátás; kevesebb alkatrész; kisebb karbantartási igény.

Hátrányok: nagyon finom porlasztáshoz megfelelően nagy víznyomás szükséges; a cseppméret erősen függ a fúvókától és a nyomástól.[13]

2. változat – Permetezőfúvókás egység szivattyúval és sűrítettlevegő-befecskendezéssel (kompresszor)

A vízszivattyú a vizet kétközeges fúvókákhoz, illetve pneumatikus porlasztófúvókákhoz juttatja; a kompresszor külön szolgáltatja a sűrített levegőt. A levegő és a víz csak a fúvókában vagy közvetlenül a fúvókán kívül találkozik. A gyors légáram a vízsugarat lényegesen kisebb cseppekre tépi szét. Bizonyos kétközeges fúvókák esetében például kb. 1–10 bar víznyomás és kb. 1–15 bar légnyomás is elegendő. Rendszertől függően néhány mikrométeres tartományig terjedő cseppek is lehetségesek. Ez a változat is kombinálható egy kiegészítő ventilátorral.

Előnyök: nagyon finom és jól szabályozható porlasztás; kisebb szükséges víznyomás; a cseppméret a víz- és légnyomással befolyásolható.

Hátrányok: kompresszor és külön légvezeték-rendszer szükséges; nagyobb energiaigény; műszakilag bonyolultabb.[14, 15]

3. változat – Permetezőfúvókás egység szivattyúval, sűrítettlevegő-befecskendezéssel (kompresszor) és függőleges ventilátorral

Ez az építési forma a pneumatikus porlasztást egy felfelé irányított légárammal egyesíti, és műszakilag a hóágyú elvére támaszkodik. A hókészítéssel ellentétben azonban a víznek nem szabad megfagynia, hanem a lehető legfinomabban el kell oszlania és el kell párolognia a meleg levegőben. Egy vagy több függőleges ventilátor felfelé szállítja a cseppeket, folyamatosan környezeti levegőt táplál be, és meghosszabbítja a vízköd levegőben való tartózkodási idejét.

Előnyök: nagyon finom porlasztás; intenzív keveredés a környezeti levegővel; hosszabb lebegési és párolgási idő; célzott felfelé szállítás.

Hátrányok: a legnagyobb műszaki és energetikai ráfordítás; többlettömeg; a ventilátor-, kompresszor- és szivattyúteljesítményt össze kell hangolni.[16]

Lehetséges szerkezeti kiviteli formák

Az alábbi példák a permetezőfúvókás egység különböző elrendezéseit és a három műszaki alapváltozat lehetséges kombinációit mutatják be.

Megjegyzés az ábrákhoz: az ábrázolt permetezőfúvókás egységek koncepcióvizualizációk, nem pedig létező berendezésekről készült fényképek. Az ábrázolások MI-támogatott tervvizualizációként készültek a szerző előírásai alapján.[17]



Gyűrűs fúvókás permetezőegység függőleges ventilátorral

Alkalmazás: Szivattyúval, kompresszorral és függőleges ventilátorral.
Szállítás: Az árboc dönthető; a gyűrűs fúvókás egység és a ventilátor a szállításhoz leszerelhető.



Permetezőfúvókás egység kör alakú elrendezéssel

Alkalmazás: Szivattyúval, kompresszorral és függőleges ventilátorral.
Szállítás: A permetezőcsövek felső része és a ventilátor leszerelhető.



Kétsoros permetezőfúvókás egység

Alkalmazás: Nagynyomású szivattyúval vagy szivattyúval és kompresszorral.
Szállítás: A permetezőcsövek felső része leszerelhető.



Gyűrűs fúvókás permetezőegység

Alkalmazás: Nagynyomású szivattyúval vagy szivattyúval és kompresszorral.
Szállítás: Az árboc dönthető; a gyűrűs fúvókás egység felső része leszerelhető.



Egysoros permetezőfúvókás egység

Alkalmazás: Nagynyomású szivattyúval vagy szivattyúval és kompresszorral.
Szállítás: A permetezőcsövek felső része leszerelhető.



Köteges permetezőfúvókás egység

Alkalmazás: Nagynyomású szivattyúval vagy szivattyúval és kompresszorral.
Szállítás: A permetezőcsövek felső része leszerelhető.

6. Összegzés és kitekintés

„Az Esőcsináló” eljárás egy viszonylag egyszerű műszaki és fizikai alapgondolatot egyesít egy rendkívüli lehetséges haszonnal. Az eddigi tapasztalatok és terepkísérletek azt mutatják, hogy véleményem szerint elegendő ok van arra, hogy ezt az eljárást a mai éghajlati viszonyok között újra elővegyük és a gyakorlatban kipróbáljuk.

Éppen a növekvő csapadékhiány, a hosszabb aszályos és kánikulai időszakok, valamint az ezekkel járó, a mezőgazdaságra, az erdőkre, a folyókra, a tavakra, a vízellátásra, a gazdaságra és a lakosságra gyakorolt következmények fényében merül fel a kérdés, hogy megengedheti-e magának Magyarország, hogy egy ilyen lehetőséget kihasználatlanul hagyjon. Ehhez járul a tartós eső közvetlenül érezhető hűtő hatása: hosszabb kánikulai időszakok után a környezeti hőmérséklet rövid időn belül jelentősen csökken, és az előzőleg erősen felhevült talaj is tartósan lehűl. Ha az Esőcsináló-eljárással valóban lehetséges lenne a csapadékot célzottan kiváltani vagy elősegíteni, ezzel valószínűleg nemcsak a szárazság ellen lehetne fellépni, hanem e hűtő hatás révén a fokozódó globális felmelegedésnek is ellen lehetne hatni.

Ezért nem kellene túl sokáig elidőznünk azon az elméleti kérdésen, hogy az eljárás lehetséges-e vagy sem. A döntő az lenne, hogy a kísérletet a mai körülmények között, tudományos kísérettel elindítsuk, és megfigyeljük, mi történik valójában.

Mi lenne, ha az Esőcsináló-eljárás sikeres lenne – amiről meg vagyok győződve –, és ezzel egy napon nemcsak Magyarországon, hanem talán egész Európában is célzottan befolyásolhatnánk vagy „irányíthatnánk” a csapadékot, úgyhogy a csapadékhiány és a hosszan tartó aszályos időszakok egyre inkább ismeretlen fogalommá válnának?

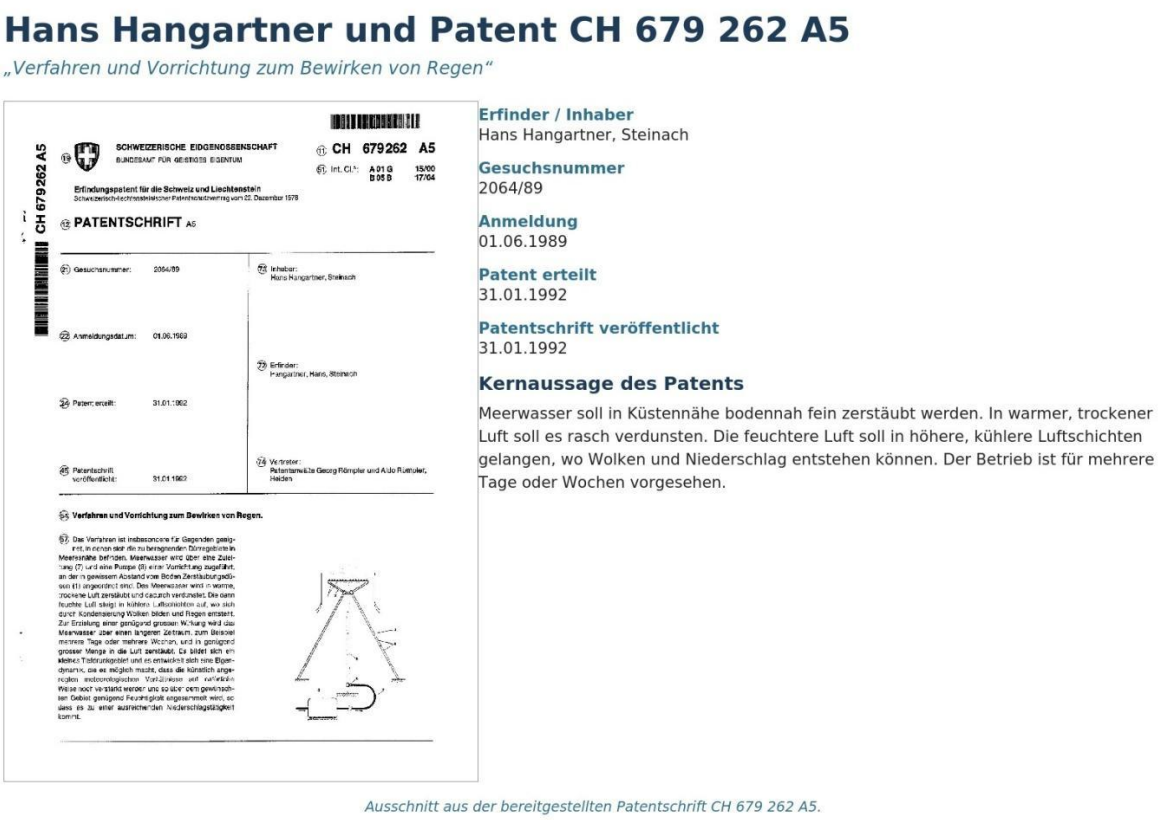
Nem kevésbé jelentős lehetne az alkalmazás azokban a fejlődő országokban, amelyeknek élet- és fejlődési lehetőségeit éppen a hiányzó csapadék és a krónikus vízhiány erősen korlátozza. Egy viszonylag egyszerű technológia, amely ott megbízhatóan lehetővé tehetné az esőt, felbecsülhetetlen jelentőségű lenne a mezőgazdaság, a vízellátás és az élelmezésbiztonság számára.

A jelen dokumentáció ehhez kíván tárgyszerű hozzájárulást nyújtani, és a politika, a tudomány, a gazdaság, a szövetségek és a közigazgatás érdeklődő szereplői számára alapul szolgálni egy elmélyült vizsgálathoz.

Mert végső soron csak egy gyakorlati kísérlet mutathatja meg, mi lehetséges valójában.

„Azt, hogy mi lehetséges, nem pusztán a kételyekből tudjuk meg, hanem abból, hogy van bátorságunk megpróbálni.”[22]

7. Az „esőcsinálás” eljárása – alapelv



Részlet a CH 679 262 A5 számú szabadalmi leírásból (német nyelvű eredeti).[3]

Az eljárás alapja egy rendkívül egyszerű fizikai megfontolás: ha a vizet – ideális esetben patakból, folyóból, tóból vagy tengerből származó vizet – egy csőrendszeren keresztül mintegy öt–kilenc méter magasra szivattyúzzuk, és ott a legfinomabb cseppekké porlasztjuk, a teljes vízfelület igen erősen megnő. Ezáltal rövid idő alatt nagy mennyiségű víz párologhat el. A párolgás hőt von el a környező levegőtől, és egyúttal további nedvességgel dúsítja azt. Éppen a talajközeli légréteg ezen változásának kell kedvező feltételeket teremtenie a légmozgáshoz, a termikhez, a felhőképződéshez és végül az esőhöz.[3, 4]

Az erősen felmelegedett talajközeli levegőt a permetezési folyamat megnedvesíti és helyileg lehűti. A talaj folyamatos felmelegedésével és az ebből adódó hőmérséklet- és sűrűségkülönbségekkel kölcsönhatásban helyi feláramlás alakulhat ki. Ha ezt a folyamatot hosszabb ideig – a rendelkezésre álló dokumentumok szerint több napon át egészen hetekig – folyamatosan fenntartják, a talajnál egy kicsi, de tartós alacsony nyomású terület, illetve fokozódó légkörzés alakul ki.[3, 4]

Ez a helyi rendszer a rendelkezésre álló leírások szerint bizonyos sajátdinamikát fejt ki: a környezetből – különösen egy szomszédos vízfelületről – nedvesebb levegő áramlik utána. A felszálló levegő hűvösebb légrétegekbe jut, ahol a vízgőz kondenzálódhat, és felhők keletkezhetnek. A történeti beszámolók szerint a hatásterület több nap leforgása alatt kiterjed, amíg a száraz szárazföld feletti forró levegő és a tenger vagy egy tó feletti nedvesebb levegő között csere jön létre.[3, 4]

Kondenzációs magvak és felhőcseppek

Ahhoz, hogy a vízgőz a légkörben felhőcseppekké kondenzálódhasson, az úgynevezett kondenzációs magvak fontos szerepet játszanak. Ezek a levegőben lévő igen apró részecskék, amelyeken vízmolekulák rakódhatnak le. Az oldott ásványi anyagokat tartalmazó víz permetezésekor – tengervíz esetében különösen kifejezetten, tó- vagy folyóvíz esetében kisebb mértékben – a részleges vagy teljes párolgás után a legfinomabb só-, illetve ásványi részecskék maradhatnak vissza.[11]

Az ilyen higroszkópos részecskék nedvességet vehetnek fel, és megfelelő feltételek mellett természetes felhőkondenzációs magvakként működhetnek. Egy kialakuló felhőben az ezekből keletkezett kis cseppek tovább növekedhetnek, és más cseppekkel egyesülhetnek. Ahhoz azonban, hogy a felhőcseppekből végül csapadék keletkezzen, ezenfelül az ehhez szükséges meteorológiai feltételeknek is teljesülniük kell.[11]

A Raoult-törvény

„Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess" (Az ember, aki esőt hozott a Száhel-övezetben) című, 1989-es beszámolóban Hangartner esőaktiválásával összefüggésben kifejezetten hivatkoznak François-Marie Raoult grenoble-i professzorra és a róla elnevezett Raoult-törvényre. Az akkori beszámoló ezt a törvényt az oldatok fagyáspontcsökkenésével és forráspont-emelkedésével kapcsolja össze.[4, 9]

A sós víz itt vizsgált hatása szempontjából különösen az oldat gőznyomása érdekes. Leegyszerűsítve a Raoult-törvény azt írja le, hogy az oldott sókat vagy más anyagokat tartalmazó víz – tehát például a tenger- vagy sós víz – valamivel kisebb gőznyomással rendelkezik, mint a csaknem tiszta, illetve desztillált víz. Az édesvíz is általában tartalmaz oldott ásványi anyagokat és sókat, bár többnyire kisebb koncentrációban, mint a tengervíz. Ez az úgynevezett Raoult-hatás a nagyon kicsi sótartalmú cseppek, illetve aeroszolrészecskék esetében is jelentős.[9]

$$p(\text{víz, oldat}) = x(\text{víz}) \times p^{o}(\text{víz})$$

A Köhler-elmélet – kapcsolat a felhőképződéssel

További fizikai értelmezést ad a felhő-mikrofizika Köhler-elmélete. Leírja, milyen feltételek mellett vehetnek fel vizet a kis higroszkópos aeroszolrészecskék, növekedhetnek tovább, és aktiválódhatnak felhőcseppekként. Ennek során az oldott anyagok hatását, ahogyan azt a Raoult-hatás leírja, a nagyon kicsi cseppek görbült felületének hatásával kapcsolja össze.[10, 11]

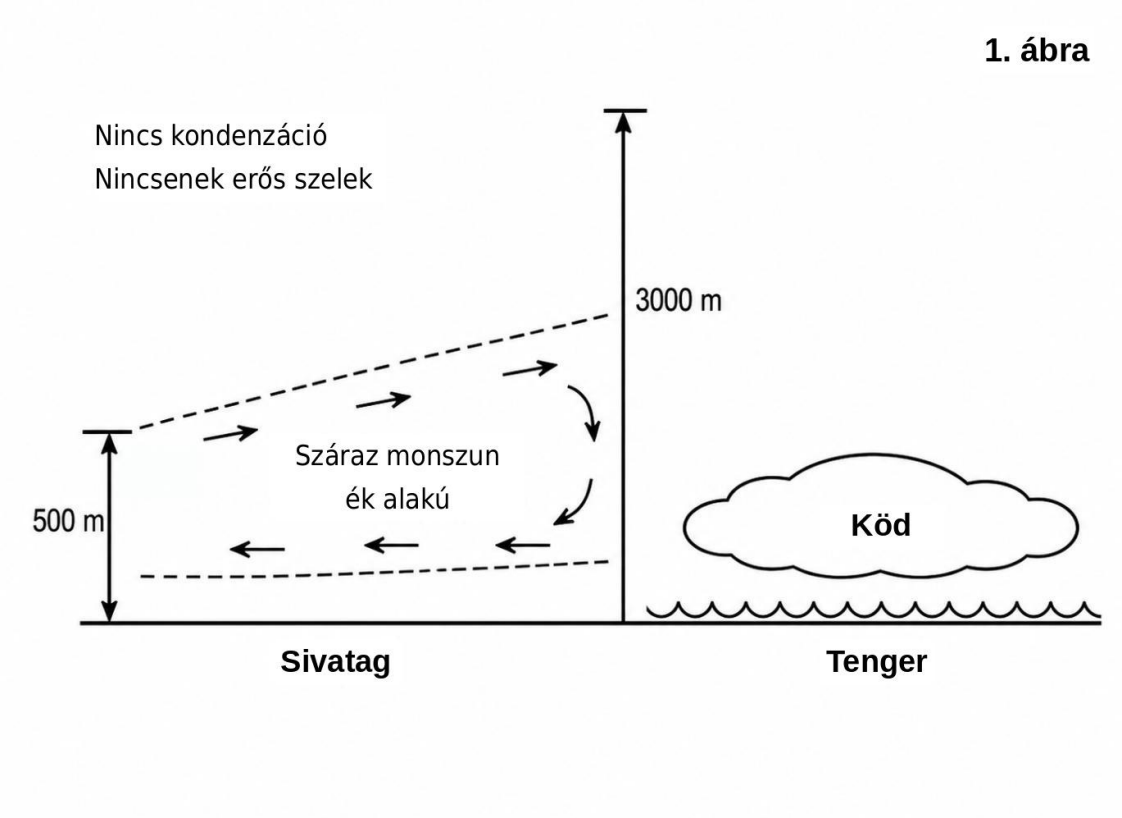
Éppen a tengeri só esetében különösen érdekes ez az összefüggés: a tengerisó-részecskék higroszkópos tulajdonságaik miatt vizet vehetnek fel, és megfelelő páratartalom, illetve túltelítettség esetén felhőkondenzációs magvakként aktiválódhatnak. Ezzel Hangartner tengervízre és a Raoult-törvényre vonatkozó utalása további mikrofizikai magyarázatot kap.[10, 11]

Röviden összefoglalva

Az édesvíz a leírt eljárásban elsősorban a porlasztás, a párolgás, a lehűlés és a nedvességdúsítás révén hat. A tenger- vagy sós víz ezt a hatást ezenfelül higroszkópos sórészecskék bejuttatásával kapcsolja össze, amelyek kondenzációs magvakként működhetnek. Magyarország számára, amely nem rendelkezik tengeri kijárattal, így elsősorban a párolgás, a lehűlés és a nedvességdúsítás révén kifejtett hatás áll előtérben – éppen az a hatás, amely az Alföld feletti száraz, talajközeli légrétegből hiányzik.

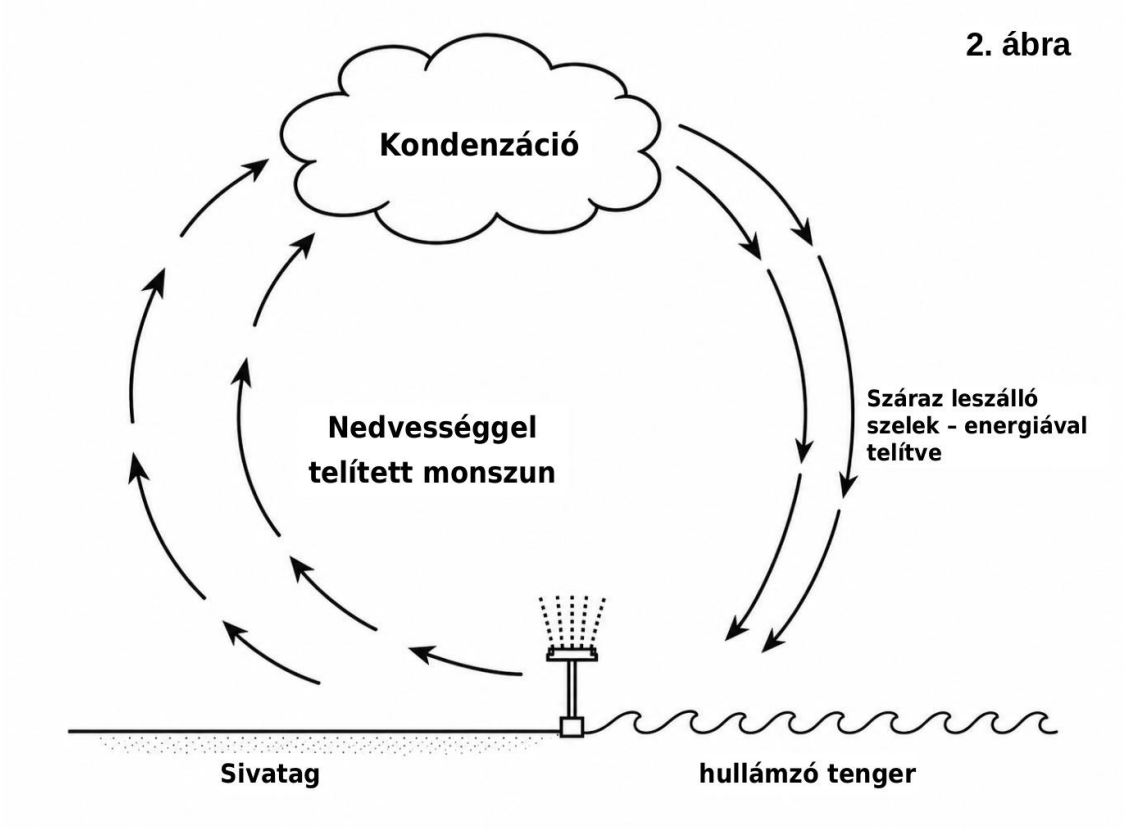
Hangartner hatásmodellje – a két vázlat

A Hangartner által használt két vázlat az általa feltételezett kölcsönhatást szemlélteti a száraz szárazföld, a tenger és a légkör között. A dokumentáció számára újrarajzolták és egyértelműen feliratozták őket, hogy később más nyelvekre is egyszerűen át lehessen ültetni őket.[4]



1. ábra (újrarajzolva): kiinduló helyzet Hangartner szerint – száraz, ék alakú monszun a sivatag felett; a tenger felett ködmező fekszik.

Az 1. ábra a kiinduló helyzetet mutatja: Hangartner ábrázolása szerint a sivatag felett egy száraz, ék alakú monszun csak viszonylag kis magasságban mozog. A tenger felett ezzel szemben ködmező fekszik. A vázlat ezt az állapotot „Nincs kondenzáció” és „Nincsenek erős szelek” felirattal jelöli. A tenger és a szárazföld közötti nedvességcsere ezen az ábrázoláson még gyengén kifejezett.[4]



2. ábra (újrarajzolva): felerősödött körforgás – a nedvességgel telített levegő felemelkedik, beindul a kondenzáció, a száraz leszálló szelek – energiával telítve – visszaáramlanak a vízfelülethez.

A 2. ábra a Hangartner elképzelése szerint aktivált körforgást mutatja. Nedvességgel telített levegő áramlik egy szomszédos vízfelületről – tengerből, tóból vagy folyóból – a melegebb szárazföld irányába, és ott felemelkedik. Nagyobb magasságban beindul a kondenzáció, amelynek során hő szabadul fel. Az ezután szárazabb levegő ismét lesüllyed, és – Hangartner vázlatán „száraz leszálló szelek – energiával telítve” megnevezéssel – visszaáramlik a vízfelület irányába. Ott ismét nedvességet vehet fel. A folyamatos permetezési üzemnek kell ezt a körforgást beindítania és egyre jobban felerősítenie.[4]

Megjegyzés: a két újrarajzolt ábra alapját Hans-Joachim Ehlers „Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess” (Az ember, aki esőt hozott a Szahel-övezetben) című cikkének kézzel rajzolt vázlatai képezik, raum&zeit 43/89, 70. o. Az ábrázolt alapgondolatot az újrarajzolás során megtartották.[4]

Két, egymással összefüggő hatásszint

A vázlatok mindenekelőtt az eljárás nagy léptékű dinamikai szintjét írják le: a légmozgást, a nedvességszállítást, a felemelkedést, a kondenzációt és a visszaáramlást.

A Raoult-törvény és a Köhler-elmélet mikrofizikai szinten egészíti ki ezt a modellt: megmagyarázzák az oldott sók, a higroszkópos aeroszolrészecskék és a felhőcseppek képződése, illetve aktiválódása közötti összefüggést.[9, 10, 11]

Összességében így egy kibővített hatásmodell adódik: a permetezőberendezésnek egyrészt termikusan és dinamikusan kell befolyásolnia a talajközeli levegőt, és támogatnia kell a szárazföld és a víz közötti nagyobb körforgást; másrészt tenger- vagy sós víz használata esetén ezenfelül természetes, sótartalmú kondenzációs magvak is bejuttathatók a légkörbe.

A rendelkezésre álló források szerint a leírt hatás – a permetezés kezdetétől a csapadék megérkezéséig – általában körülbelül három–tizennégy nap után következik be, bár ez a helyi adottságoktól függően erősen változhat.[4, 6]

A Száhel-övezetből származó beszámoló leírja, hogy körülbelül három nap után elegendően nagy körforgás alakult ki, és a negyedik napon eleredt az eső. Az 1988-as indiai bevetés során Hangartner megérkezése után mintegy két héttel, 1988. július 14-én eredt el az eső.[4, 6]

Az Esőcsináló-eljárás annál jobban fejti ki hatását, minél szárazabb a levegő és minél intenzívebb a napsugárzás.

8. Meteorológiai háttér

Az alacsony és magas nyomás viszonya

Az eljárás szempontjából különös jelentősége van az erősen felmelegedett szárazföld és egy szomszédos, hűvösebb vízfelület közötti hőmérséklet- és nyomáskülönbségnek. A meleg szárazföld felett a levegő felemelkedik, míg a tenger, tó vagy folyó feletti levegő viszonylag hűvösebb és sűrűbb marad. Ezáltal olyan légáramlás jöhet létre, amilyet alapvetően a természetes parti szél-cirkulációból (szárazföldi és tengeri szél) is ismerünk.[12]

A bevetési hely jelentősége

A bevetési hely megválasztása ezért központi szerepet játszik. A permetezőegységet lehetőség szerint közvetlenül egy tó, folyó vagy más, kellően nagy vízfelület mellett kellene üzemeltetni. Így nemcsak elegendő víz áll rendelkezésre a permetezési üzemhez, hanem egyúttal egy természetes nedvességforrás is a közvetlen közelben.[4, 5, 12] Magyarországon erre különösen a Balaton mint Közép-Európa legnagyobb tava, a Tisza-tó, valamint a Duna és a Tisza partjai jönnek szóba – vagyis olyan vízfelületek, amelyek közvetlenül határosak az Alföld különösen száraz régióival.

Meteorológiai feltételek

Hogy a permetezőberendezés által elindított folyamat milyen erősen fejlődik ki, az az adott meteorológiai feltételektől függ. Különösen fontosak:

- a levegő hőmérséklete és páratartalma
- a napsugárzás intenzitása
- a szél iránya és erőssége
- a hőmérséklet eloszlása a magasabb légrétegekben
- a légkör stabilitása, illetve labilitása
- a szomszédos vízfelület mérete és hőmérséklete
- a domborzat és a meglévő regionális szélrendszerek[12]

A bevetés időpontjának és helyének megválasztása ezért döntő. A rendelkezésre álló leírások szerint különösen a forró, száraz és napsütéses feltételek kedvezőek az eljárás számára – olyan feltételek, amelyek az elmúlt évek magyar nyarain egyre gyakrabban fordulnak elő. Ehhez járul a bevezetőben leírt megállapítás, hogy éppen a száraz, talajközeli légréteg akadályozza meg az átvonuló frontokból származó csapadékot.[26]

További befolyásoló tényezők

Elképzelhető, hogy további helyi vagy meteorológiai tényezők is befolyásolják az eljárás lefolyását. Éppen egy gyakorlati kísérlet járulhatna hozzá ahhoz, hogy az ilyen összefüggéseket közvetlenül megfigyeljük, és eközben ismereteket szerezzünk a megfelelő helyszínekről, az optimális bevetési időpontról és a különböző időjárási feltételek melletti hatásról.

9. Források és hivatkozások

Az alábbi források képezik a jelen dokumentáció történeti, meteorológiai, tudományos és műszaki adatainak alapját. A számok megfelelnek a szövegben szereplő forráshivatkozásoknak.

Éghajlat, csapadék és aszály Magyarországon

[1] HungaroMet (magyar meteorológiai szolgálat): „Precipitation conditions of Hungary” (Magyarország csapadékviszonyai). Évi csapadékmennyiség 500–800 mm (1991–2020-as normál időszak); a legszárazabb terület a Zagyva, a Tisza és a Hármas-Körös mentén 500–550 mm-rel. https://veszelyjelzes.met.hu/en/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/ (letöltve: 2026. 10. 30.).

[2] Euronews: „Ungarn trocknet aus: Sommer so heiss und trocken wie seit 126 Jahren nicht” (Magyarország kiszárad: 126 éve nem volt ilyen forró és száraz nyár), 2026. 10. 09. (a HungaroMet elemzése alapján). https://de.euronews.com/2026/10/09/ungarn-trocknet-aus-sommer-so-heiss-und-trocken-wie-seit-126-jahren-nicht (letöltve: 2026. 10. 30.).

Történeti, meteorológiai és tudományos források

[3] Hans Hangartner: CH 679 262 A5 számú svájci szabadalom, „Verfahren und Vorrichtung zum Bewirken von Regen” (Eljárás és berendezés eső előidézésére). Bejelentés: 1989. 06. 01.; a szabadalom megadása és a szabadalmi leírás közzététele: 1992. 01. 31. Forrás: rendelkezésre bocsátott szabadalmi leírás / Svájci Szövetségi Szellemi Tulajdon Intézete.

[4] Hans-Joachim Ehlers: „Der Mann, der es in der Sahel-Zone regnen liess” (Az ember, aki esőt hozott a Száhel-övezetben), raum&zeit, 43/89. sz., 68–72. o. Forrás: rendelkezésre bocsátott eredeti cikk. Különösen releváns: 69. o. – körülbelül három nap után a körforgás kellően nagy; a 4. napon elered az eső.

[5] Edith Lier: „Hans Hangartner – Der verkannte Regengott” (Hans Hangartner – a félreismert esőisten), Beobachter, 2005. 07. 08. https://www.beobachter.ch/familie/hans-hangartner-der-verkannte-regengott (letöltve: 2026. 08. 19.).

[6] H. B.: „Ein Schweizer als Regenmacher in Indien” (Egy svájci esőcsinálóként Indiában), Tages-Anzeiger, szerda, 1988. 07. 27., 48. o. Forrás: rendelkezésre bocsátott eredeti cikk. Különösen releváns: 48. o. – az eső 1988. július 14-én ered el, mintegy két héttel Hangartner június végi megérkezése után.

[7] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Saurashtra and Kutch. Történeti havi és éves csapadékadatok. https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html (letöltve: 2026. 08. 19.).

[8] India Meteorological Department (IMD): Subdivisional Rainfall Data – Gujarat Region. Történeti havi és éves csapadékadatok. https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/gujaratregion.html (letöltve: 2026. 08. 19.).

[9] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC): „Raoult’s law”, Compendium of Chemical Terminology (Gold Book), DOI: 10.1351/goldbook.15349. https://doi.org/10.1351/goldbook.15349 (letöltve: 2026. 08. 19.).

[10] Köhler, H.: „The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets”, Transactions of the Faraday Society, 1936, 32. kötet, 1152–1161. o. DOI: 10.1039/TF9363201152.

[11] Kleinheins, J.; Shardt, N.; Lohmann, U.; Marcolli, C.: „The surface tension and cloud condensation nuclei (CCN) activation of sea spray aerosol particles”, Atmospheric Chemistry and Physics, 25, 881–903, 2025. DOI: 10.5194/acp-25-881-2025.

[12] NOAA / National Weather Service: alapismeretek a szárazföldi és tengeri szél cirkulációjáról, a termikusan kialakuló nyomáskülönbségekről, valamint a tengeri szél konvergenciazónáiról (Sea-Breeze-Convergence-Zones). https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/winds/Wx_Terms/Flight_Environment.htm (letöltve: 2026. 08. 19.).

Műszaki források a szivattyú-, fúvóka- és ventilátorrendszerekhez

[13] Danfoss: „High-pressure water mist systems”. Ipari nagynyomású vízködrendszerek legfeljebb 100 bar üzemi nyomással és nagy átfolyási teljesítménnyel. https://www.danfoss.com/en/products/hpp/high-pressure-water-mist-systems/high-pressure-water-mist-systems/ (letöltve: 2026. 08. 19.).

[14] Lechler: „KSD nozzle lances” – kétközeges fúvókák külső keveréssel. Jellemző nyomástartomány: folyadék 1–10 bar, porlasztólevegő 1–15 bar. https://www.lechler.com/my-en/products/process-technology/nozzle-lances-and-systems-for-gas-cooling/ksd-nozzle-lances (letöltve: 2026. 08. 19.).

[15] Ikeuchi Europe: „AKIJet – Impinging-type pneumatic spray nozzle”. Pneumatikus finomporlasztás 10 µm-es vagy annál kisebb átlagos cseppátmérővel. https://www.ikeuchi.eu/catalogs/akijet/ (letöltve: 2026. 08. 19.).

[16] TechnoAlpin: műszaki adatok ventilátoros hóágyúkhoz (Fan Guns), többek között TR10/MMS. Víznyomás, kompresszor/nukleátorok és turbina kombinációja; jellemző üzemi víznyomás 8–40 bar. https://www.technoalpin.com/en/snow-guns/fan-guns/tr10/ (letöltve: 2026. 08. 19.).

[17] A mobil permetezőfúvókás egység koncepcióvizualizációi: MI-támogatott tervábrázolások a szerző előírásai alapján, készült 2026-ban. Az ábrák a lehetséges építési formák szemléltetésére szolgálnak, és nem mutatnak létező sorozatgyártású berendezéseket.

Források a magyarországi vizekről, mezőgazdaságról és energiaellátásról

[18] trend.at: „Europa trocknet aus – Kampf gegen die Dürre: Hilfspakete und Notverordnungen” (Európa kiszárad – harc az aszály ellen: segélycsomagok és szükségrendeletek), 2026. Adatok a Paksi Atomerőmű alacsony dunai vízállás miatti időszakos leállításáról. https://www.trend.at/politik/europa-trocknet-aus (letöltve: 2026. 10. 30.).

[19] Euronews: „Ungarns Seen und Flüsse erreichen Rekordtiefstand bei zunehmender Dürre” (Magyarország tavai és folyói rekord alacsony szintet érnek el a fokozódó aszály miatt), 2026. 08. 21. https://de.euronews.com/2026/08/21/ungarns-seen-und-flusse-erreichen-rekordtiefstand-bei-zunehmender-durre (letöltve: 2026. 10. 30.).

[20] Hungary Today / MTI: beszámoló a 200–300 mm-es csapadékhiányról (2026 ősze, a HungaroMet alapján). https://hungarytoday.hu/?p=386064 (letöltve: 2026. 10. 30.).

[21] Daily News Hungary: „Alarmierend: Fast 90 % von Ungarn sind derzeit von mässiger oder schwerer Dürre betroffen” (Riasztó: Magyarország csaknem 90 %-át jelenleg mérsékelt vagy súlyos aszály sújtja), 2026 (a HungaroMet alapján). https://dailynewshungary.com/de/?p=790615 (letöltve: 2026. 10. 30.).

A szerző idézete és saját számítása

[22] Jonathan Hertig: „Azt, hogy mi lehetséges, nem pusztán a kételyekből tudjuk meg, hanem abból, hogy van bátorságunk megpróbálni.” A szerző idézete, 2026.

[23] A szerző saját számítása az esőkísérlet után lehullott, mintegy 62,2 milliárd m³ többletvízmennyiségről, az India Meteorological Department Saurashtra és Kutch területére vonatkozó csapadékadataiból levezetve [7]. A számítás alapjait és levezetését lásd alább.

További források Magyarországról

[24] Euronews: „Dürre am wärmsten See Europas verschärft sich: Trocknet der kleine Bruder des Plattensees in Ungarn aus?” (Súlyosbodik az aszály Európa legmelegebb tavánál: kiszárad a Balaton magyarországi kistestvére?), 2026. 05. 11. Adatok a Velencei-tóról, 550 000 hektárnyi aszálykárról és mintegy 40 milliárd forint biztosítási kifizetésről. https://de.euronews.com/2026/05/11/durre-plattensee-ungarn-klima (letöltve: 2026. 10. 30.).

[25] Kovács, A. D.; Hoyk, E.; Farkas, J. Z.: „Homokhátság – A Semi-Arid Region”, European Countryside, 9(1), 2017, 29–50. o. DOI: 10.1515/euco-2017-0003.

[26] Associated Press: „Hungary’s ‘water guardian’ farmers fight back against desertification” (Magyarország »vízőr« gazdái harcolnak az elsivatagosodás ellen), 2025. december. Benne: az Eötvös Loránd Tudományegyetem (2024) tanulmánya a száraz, talajközeli légrétegekről, amelyek megakadályozták, hogy az érkező időjárási frontok csapadékot hozzanak. https://wtop.com/world/2025/12/hungarys-water-guardian-farmers-fight-back-against-desertification/ (letöltve: 2026. 10. 30.).

[27] Daily News Hungary: „Schreckliche Warnung im ungarischen Parlament: 1/3 von Ungarn wird zur Wüste” (Szörnyű figyelmeztetés a magyar parlamentben: Magyarország 1/3-a sivataggá válik), 2025. Adatok a 2026-os központi költségvetésben vízgazdálkodási feladatokra szánt 54 milliárd forintról. https://dailynewshungary.com/de/?p=773310 (letöltve: 2026. 10. 30.).

[28] Daily News Hungary: „Neue Infrastruktur soll die Wüstenbildung in Ungarns anfälligsten Regionen stoppen” (Új infrastruktúra állítja meg az elsivatagosodást Magyarország legsérülékenyebb régióiban). 67 milliárd forint (166 millió euró) beruházás a Homokhátságon. https://dailynewshungary.com/de/neue-infrastruktur-soll-die-wustenbildung-in-ungarns-anfalligsten-regionen-stoppen/ (letöltve: 2026. 10. 30.).

[29] Daily News Hungary: beszámoló a Velencei-tóról és a minisztérium 12 pontos cselekvési tervéről, 2026. https://dailynewshungary.com/de/?p=790762 (letöltve: 2026. 10. 30.).

[30] Trademagazin: „2025 was another year of drought in Hungary” (2025 ismét az aszály éve volt Magyarországon), 2025. 09. 09. Adatok a süllyedő talajvízről (a sokéves átlag alatt akár 3 m-rel) és a kiszáradó kutakról. https://trademagazin.hu/en/2025-magyarorszagon-ismet-az-aszaly-eve-volt (letöltve: 2026. 10. 30.).

[31] Eurostat: Environmental Protection Expenditure Accounts (env_ac_epneis) – az állam, a gazdaság és a háztartások környezetvédelmi kiadásai Magyarországon (2017-ben mintegy 2,4 milliárd euró); kiegészítve a vízgazdálkodásra és vízellátásra fordított állami forrásokkal [27, 28]. Az évi mintegy 3 milliárd eurós teljes összeg a szerző becslése. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_epneis/default/table (letöltve: 2026. 10. 30.).

A vízfelhasználás és a kiváltott esőmennyiség számításának részletei:[23]

Az alábbi években:

- 1985 297,7 mm éves csapadék
- 1986 303,8 mm éves csapadék
- 1987 92,5 mm éves csapadék
- 1988 14,9 mm félévi csapadék, 1988. január–június

  708,9 mm összes csapadék / 3,5 év = **202,5 mm átlagos csapadék** évente

  (Hangartner július elején kezdte meg az »esőkísérletet«, és 1988. július 14-én eleredt az eső)

  Az 1988. július 1–14. közötti esőkísérlet után 1988 végéig **773,2 mm eső** esett (lásd „Az Esőcsináló” dokumentációt).
- Hangartner a 14 nap alatt naponta kb. 3 m³ vizet használt fel = **összesen 42 m³ víz**
- Saurashtra + Kutch terület Indiában = 109 000 km²
- Csapadékmennyiség: eső 1988 végéig: 773,2 mm, levonva 202,5 mm, = **570,7 mm** átlagos csapadék **× 109 000 km² =** összesen 62 206 300 000 m³ (**62,2 milliárd m³ esőmennyiség**)

  Az India Meteorological Department csapadékadatai Saurashtra és Kutch területére: https://imdpune.gov.in/cmpg/subdivrainfall/saurashtraandkutch.html
  (a link kb. 30 másodperc alatt nyílik meg)