

Cikkismertetés: A magas hőmérséklet egészséghatásainak csökkentése, a személyes hűtési stratégiáktól a zöld városokig

Article review: Reducing the health impacts of high temperatures, from personal cooling strategies to green cities

Ismertető:	Vitrai József
Ismertetett cikk:	Jay, O., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R. S., Ma, W., Malik, A., Morris, N. B., Nybo, L., Seneviratne, S. I., Vanos, J., & Ebi, K. L. (2021). Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities. <i>The Lancet</i> , 398(10301), 709–724. doi: 10.1016/s0140-6736(21)01209-5
Kulcsszavak:	magas hőmérséklet; egészséghatás; megelőzés
Keywords:	high temperature; health impact; prevention

Beküldve: 2021. 09. 20., doi: [10.24365/ef.v62i4.7243](https://doi.org/10.24365/ef.v62i4.7243)

ÖSSZEFOGLALÓ

A szélsőséges időjárás már most is komoly hatással van az emberi egészségre, amit az előrejelzés, a szegénység és a krónikus betegségek tovább súlyosbítanak. Mivel a nap mint nap tapasztalt éghajlatváltozás következtében a jövőben még melegebb időjárással leszünk kénytelenek megküzdeni, egyre fontosabbá válik a leghatékonyabb megelőzési lehetőségeket és válaszintézkedéseket megismerni, különösen az alacsony erőforrásokkal rendelkező területeken. A szerzők rámutatnak arra, hogy a légkondicionálásra való hagyatkozás fenntarthatatlan és a hőséggel szemben leginkább kiszolgáltatott közösségek hátrányát növeli tovább. Bemutatják továbbá, hogy a hőkörnyezet átfogó megértése a táj, a város, az épület és az egyén szintjén is számos fenntartható lehetőséget kínál a hűvösebb körülmények kialakítására. Összefoglalják az egyes hűtési stratégiák előnyeit és korlátait, valamint a beavatkozás irányait jelölik ki olyan szinterekre, mint például az idősotthonok, a lepusztult városrészek, a munkahelyek, a tömegrendezvények, a menekülttáborok és a sportlétesítmények. Ezek beépítése a jól kommunikált hővédelmi cselekvési tervekbe, valamint szigorú felügyelete és nyomon követése, alapvető fontosságú a jelenlegi és jövőbeli szélsőséges hőhullámok káros egészséghatásainak csökkentése érdekében.

HÁTTÉR

Jól ismertek az emberi hőstressz negatív egészséghatásai (Vitrai, 2021a), valamint az éghajlatváltozással előre jelzett halálozási kockázatok, amelyek a szélsőséges hőmérsékletnek való fokozott kitettséggel járnak (Vitrai, 2021b). A szélsőséges hőmérséklettel való megküzdés különösen nagy kihívást jelent az alacsonyabb társadalmi státuszú, illetve a hátrányos helyzetű egyének számára, akik nem engedhetik meg maguknak a légkondicionálást vagy korlátozottan jutnak tiszta ivóvízhez. A forró időjárás negatív hatásai kiterjedhetnek a munkahelyi egészségre és termelékenységre, a lakosság egészségére, valamint a fizikai aktivitásra és a sportolásra is. Az urbanizáció, az épített környezet jellemzői és a népesség növekedésével kapcsolatos egyéb tényezők gyakran fokozzák az egészséget veszélyeztető, szélsőséges hőségnek való kitettséget. A hőség már most is hosszabb ideig tart és egyre intenzívebbé válik, vagyis a jelenleg ritkának számító extrém meleg időjárás is gyakrabban fordul majd elő. Az elkövetkező évtizedekben elkerülhetetlen globális és helyi hőmérséklet emelkedése miatt, még soha nem volt ennyire fontos a hatékony megelőzési és válaszintézkedések azonosítása. Ez a dokumentum azt mutatja be, hogy az emberi hipertermia (hőguta) és más, a hőséggel kapcsolatos egészségügyi problémák kockázata hogyan csökkenthető a táj,

a városok, az épületek és az egyén szintjén elérhető és fenntartható beavatkozások bevezetésével.

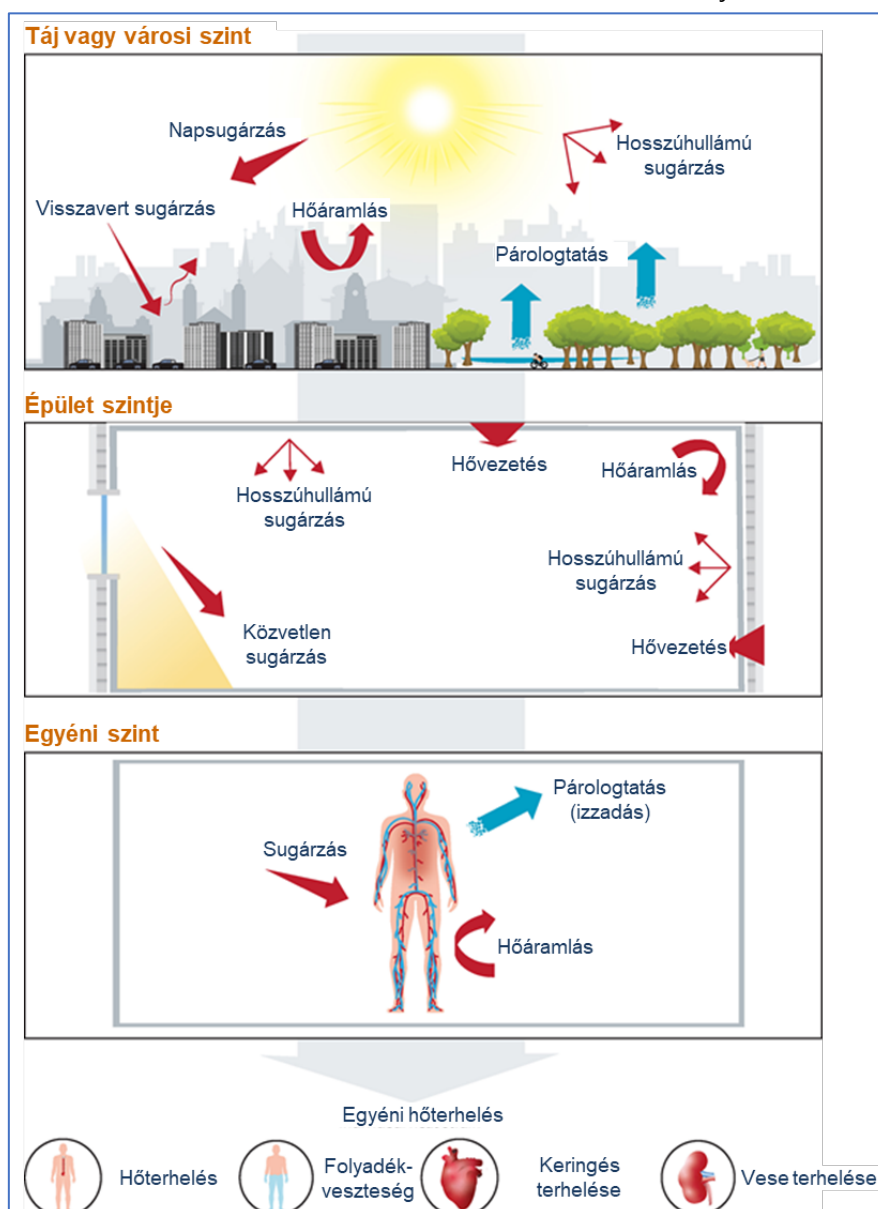
A HŐHATÁS FIZIKAI ALAPJAI

Hőszkád

Az egyéni szintű hőstressz olyan kölcsönhatásban lévő rendszerek sorozatából ered, amelyek egy felülről lefelé irányuló hőszkádot („hő-lépcsősort”) hoznak létre, melynek során a táj és a városok szintjén jelentkező többlet-hőterhelés átkerül az épületek, majd az egyén

szintjére. [1. ábra] A globális éghajlatváltozásból eredő magasabb környezeti hőmérsékletet tovább fokozza a gyors városfejlesztés, amely a minimális növényzettel körülvett, alacsony költségű, rossz hőtani tulajdonságokkal rendelkező anyagokból épített, nagy lakosságú házcsoportokat helyezi előtérbe. Ezek a tényezők együttesen képesek súlyosbítani azt a hőstresszt, amelyet az embernek a meleg időjárás során élettanilag mind a beltérben, mind a szabadban kezelnie kell. A bel- és kültéri hőkönyezet jellemzői megváltoztathatók annak érdekében, hogy csökkentsük a hőszkád egyik szintjéről a másikkra átjutó hőmennyiséget.

1. ábra: Hőátadási útvonalak a hőszkád minden szintjén



Forrás: saját szerkesztés az eredeti alapján

A hőkaszkád minden szintjén állandóak a hőcserét szabályozó alapelvek. A forróbb felületről a hűvösebb környezetbe (pl. bőrről a levegőbe) történő áramlásos hőátadás, a légsebesség növekedésével felgyorsul. A nedvesség elpárolgása egy felületről, például a bőrről származó izzadság vagy a levelekről párolgó víz, szintén fokozódik a növekvő légsebességgel, viszont a magas környezeti páratartalom mérsékli ezeket. A sugárzó hőforrások (pl. a Nap), elektromágneses hullámok formájában hőenergiát juttatnak a rendszerbe, amelyet a tárgyak, például az épületek és a fák felületi elnyelő és visszaverő képessége módosíthat. A hő a melegebb környezetből a hűvösebb környezetbe szilárd anyagokon keresztül vezetési útján kerül át (pl. tetőkön, falakon és padlókon), olyan sebességgel, amelyet a vezető szilárd anyag szigetelő tulajdonságai és vastagsága változtat.

FENNTARTHATÓ HŰTÉSI BEAVATKOZÁSOK A TÁJ, A VÁROSOK, AZ ÉPÜLETEK ÉS AZ EGYÉN SZINTJÉN

A fenntartható hűtési beavatkozások a táj, a városok, az épületek [1. táblázat] és az egyén szintjén [2. táblázat] alkalmazhatóak a hőátadási minták megváltoztatására, a hőkaszkád megszakítására és végső soron az emberi testben a hőfelhalmozódás minimalizálására a szélsőséges hőség és a forró időjárás idején.

AJÁNLOTT FENNTARTHATÓ HŰTÉSI STRATÉGIÁK A HŐSÉGNEK KITETT SZÍNTEREKRE

A felvázolt, fenntartható hűtési beavatkozások kombinációi, a különböző szintereken történő megvalósításával hatékonyan képesek csökkenteni a hőség okozta egészségveszteségeket.

Időotthonok

- A beltéri hőmérséklet csökkentése érdekében, prioritást kell élveznie a tetőn elhelyezett locsolóberendezések, a közös helyiségeket védő kültéri napernyők, a hővisszaverő ablaküvegek felszerelésének, a párologtató hűtők alkalmazásának és a megfelelő természetes szellőzés biztosításának.

- Jégtörülközők (összetört jeget tartalmazó törülközők) alkalmazása, a ruházat általi fedettség csökkentése és vízzel átitatott pamutpóló viselése hatékony testhűtést biztosít.
- A ventilátorokat csak 38 °C feletti léghőmérsékletnél szabad párhuzamosan a bőr vizes hűtésével használni, mivel az előrehaladott korban az izzadság mennyisége csökken.

Lepusztult városrészek

- A lepusztult városrészek építőanyagainak, például a hullámlemezrel fedett házaknak a jobb szigetelésű falakkal és tetőkkel való helyettesítése csökkenti a megterhelően meleg nappali belső hőmérsékletet.
- Az iváshoz nem elég tiszta vizet (pl. esővíz), szivaccsal (nem permetezéssel) a bőrre lehet kenni a hűtés érdekében, mivel a víz párolgása csökkenti az izzadást, és végső soron tompíthatja a szomjúságot.
- Egyéb egyéni szintű hőkezelési beavatkozások alkalmazhatók a nap legmelegebb időszakában, például a hidegvizes lábmerítés, a bevizesített póló viselése, az árnyék keresése jól szellőző helyeken, a nagyobb intenzitású tevékenységek hűvösebb órákban történő elvégzése és a test ruházat általi fedettségének csökkentése.

Munkahelyek

- Az elektromos ventilátorok javíthatják a kézi munkavégzést a melegben, de akadályozzák a légmozgásra érzékeny feladatok elvégzését, és a szálló port vagy gázokat tartalmazó munkahelyeken szem- vagy légzési problémákat okozhatnak. A felhasználó által vezérelt, beépített, alacsony energiaigényű ventilátorokkal ellátott székek kifejlesztése biztonságosabb alternatívát jelenthet.
- A plusz szüneteket viszonylag hűvös helyeken kell tartani, ahol ivóvízhez és hűsítő borogatáshoz lehet jutni. Beltéri, jól szellőző helyiségek használhatók, míg kültéren ideiglenes pihenőállomásokat lehet kialakítani hordozható napernyőkkel és árnyékoló sátrakkal. A munkaidő úgy módosítható, hogy elkerüljék a legmelegebb órákat,

- illetve a déli, úgynevezett sziesztaidót hűvösebb környezetben lehet tartani a hőterhelés csökkentése érdekében.
- A vizelet színén és mennyiségén keresztül történő hidratáció-ellenőrzés alkalmazható, mivel ez egyszerű és hatékony.
 - Azokban az iparágakban, ahol a tiszta vízhez való hozzáférés szűkös (pl. mezőgazdaság), a dolgozók számára vízhordási eszközöket kell biztosítani (pl. víztasakot tartalmazó hátizsákok), rendszeresen vizet kell vinni a dolgozóknak, vagy a munkaterület körül vízraktárakat és tiszta mosdóhelyiségeket kell kialakítani.
 - A nagyon hideg víz és a jeges italok csak kis mértékű és átmeneti hűsítő hatást fejtenek ki a munka során, és kevésbé izletesek, ami kevesebb fogyasztást eredményez. A víz hőmérsékletét a munkavállalók számára ideálisan 10 °C körül kell tartani.
 - Ahol nincs szükség egész testre kiterjedő védelemre (pl. vegyi anyagok ellen), a ruházatban szellőzőfoltok használhatók a kevésbé védett területeken, mint például az ágyék, a hónalj, a könyök belső része és a térdhajlat. A szabadban dolgozóknak hosszú, laza, könnyű, légáteresztő ruházatot kell viselniük, világos színű vagy fényvisszaverő anyagokkal.
 - A teljesen zárt védőruházatot igénylő munkákhoz fázisváltó anyagok vagy sűrített hideg levegővel működő hűtőrendszerek használhatóak, de ezek drágák és nagyobb környezeti terheléssel járnak.

Iskolák

- Játsszótereken fákkal és napvitorlával történő árnyékolás javítja a gyermekek hőkomfortját és csökkenti a felszíni hőmérsékletet. A megfelelő tájtervezés révén a megfelelő széláramlás támogatja az izzadás párolgását, továbbá a fűből és fákból történő párologtatást.
- Az osztálytermekben a test hűtése a sugárzás csökkentésével és a légáramlás ventilátorokkal történő javításával érhető el; aktív folyadékpótlási intézkedések (pl. vizespalackok elhelyezése az asztalokon egész nap); a vízpermetező palackok hatékonyak lehetnek, de nem praktikusak.

- Az iskolai egyenruha öltözködési szabályainak rugalmasságát (pl. nyakkendő levétele, ingek kinyitása) lehetővé kell tenni.

Tömegrendezvények

- A vallási és közösségi vezetők oktatására van szükség ahhoz, hogy ezeken az eseményeken jobban betartsák a védekező magatartásformákat.
- Forró időben minden tömeges összefövetlen prioritásként kell kezelni az elegendő ivóvízhez és az árnyékos hűsölési helyekhez való hozzáférést.
- Megfelelően hozzáférhetővé kell tenni a hőség megelőzésére vonatkozó információkat (beleértve a hőség tüneteit, a megelőzésre és a kezelésre vonatkozó iránymutatásokat).
- Kültéren ködpárásító ventilátorok használhatóak.
- A tömegrendezvényeken szükséges egészségügyi személyzet létszámának előrejelzéséhez pontozási rendszerek lehetnek hasznosak.

Menekültábrók

- Levegőáteresztő sátrak.
- Tájékoztatás a higiénikus víz- és ételkészítési gyakorlatról az élelmiszerrel és vízzel terjedő betegségek megelőzése érdekében.
- Női egészségügyi dolgozóknak kell rendelkezésre állniuk a női menekültek ellátására.
- Ha nem iható, de egyébként biztonságos víz áll rendelkezésre, a bőr vizes hűtésével csökkenthető az izzadás, ezáltal lassítható a kiszáradás.

Sportlétesítmények

- Olyan játékelületeket lehet használni, amelyek minimalizálják a hővisszatartást és a kibocsátott sugárzást, míg a játéktereket úgy lehet megépíteni és tájolni, hogy elegendő természetes szellőzést tegyenek lehetővé, valamint könnyen hozzáférhető, árnyékot adó hűsölési helyeket tartalmazzanak.
- Az (edzés előtti) előhűtés hideg vízzel, zúzott jéggel vagy merítéssel csökkentheti a testhőmérsékletet. A testhőmérséklet azon-

ban az edzés megkezdésekor gyorsan emelkedik, így az előhűtés előnyei csak átmeneti jellegűek.

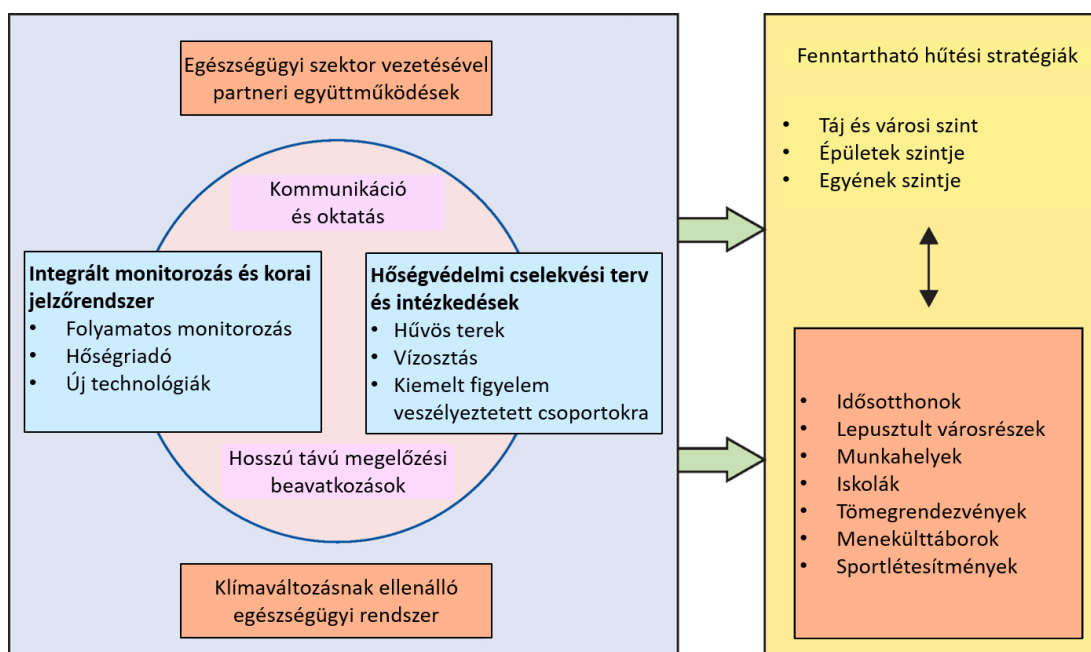
- Az előhűtés és edzés közötti hűtés jégmellényekkel, hideg vízivással és hűtőcsomagok alkalmazásával, különösen a nyakon, javíthatja az edzésteljesítményt.
- Rövid, de gyakori szünetekkel járó sportoknál (pl. tenisz) a jégtörölközők alkalmazása csökkenti a fiziológiai hőterhelést.
- Olyan sportágak esetében, ahol a játék szinte folyamatos, hosszabb félidei szünettel elválasztva (pl. labdarúgás), a bőr vagy a ruházat nedvesítése, illetve a ködpárásító ventilátorok csökkenthetik a fiziológiai hőterhelést. A félidei szünetek meghosszabbítása, még akkor is, ha a résztvevők a hőségben maradnak, sokkal hatékonyabban csökkenti a testhőmérsékletet, mint a rövidebb (1–3 perces), játéknegyedek közti szünetek beiktatása.
- Egy 70 kg-os, közepesen edzett, maximális teljesítőképessége 50%-ával 35 °C-on dolgozó személynek 1–1,5 órát kell edzenie ahhoz, hogy elérjen egy dehidratációs küszöböt, de az ekkor korlátozás nélkül elfogyasztott víz az izzadságvesztés maximum 50%-át pótolhatja. Ez az idő körülbelül megduplázódik, ha a víz az edzés ideje alatt mindig könnyen elérhető.

HŐSÉGVÉDELMI CSELEKVÉSI TERVEZÉS

A hőségvédelmi cselekvési terveknek, más néven hőség-egészségügyi cselekvési terveknek közös elemei vannak:

- a lakosság korai figyelmeztetése, mely az egészségre gyakorolt hatások értékelését integrálja az időjárás-előrejelzéssel kapcsolatos információkkal;
- a tervben szereplő intézkedésekkel kapcsolatos szerepek és felelősségi körök meghatározása a helyi és az országos szintek között;
- iránymutatás a lakosság és az érdekeltek tájékoztatására;
- a hőségriadók végrehajtása és a hőséggel kapcsolatos szélesebb körű egészségügyi oktatás támogatása;
- közösségi szintű válaszintézkedések a veszélyeztetett lakosságcsoportok védelmére (pl. egészségfejlesztés, hordozható vízálomások és lakossági tájékoztatás);
- a kockázatok csökkentését célzó hosszabb távú megelőző intézkedésekre vonatkozó tanácsadás (pl. városi hősziget csökkentése a várostervezés segítségével), valamint a terv értékelésére vonatkozó intézkedések, amelyek az intézkedések idővel történő ismételt javítását támogatják. [2. ábra]

2. ábra: Közösségi hőségvédelmi cselekvési terv elemei és megelőző intézkedések a hőséggel kapcsolatos egészségkockázatok csökkentésére



Forrás: saját szerkesztés az eredeti alapján

KÖVETKEZTETÉSEK

A társadalomnak olyan módon kell alkalmazkodnia, hogy ne csak túlélhessen, hanem gyarapodhasson is a várhatóan sokkal forróbb jövőben. Ezért a globális közösségnek és a politikai döntéshozóknak túl kell lépniük a rövid távú megoldásokon, amelyek ugyan kényelmesek lehetnek, de nem segítik elő a hosszú távú ellenálló képességet. Például a beltéri, sőt a kültéri lakó- és munkahelyek légkondicionálással történő gépi hűtése csökkenti a hőstresszt, de a légkondicionálás sok ember számára a költségek

miatt elérhetetlen, és a mechanikus hűtés magas villamosenergia-igénye jelentős üvegházhatású gázkibocsátást eredményez.

A körülményektől függetlenül az ajánlott intézkedéseknek a legújabb tudományos bizonyítékokon kell alapulniuk, nem pedig a hűvösebb időszakokban kialakult hagyományos bölcsességeken. A tanulmányban megfogalmazott ajánlások beépítése a hőséggel kapcsolatos cselekvési tervekbe biztosíthatja a jövőbeli szélsőséges hőségek negatív egészséghatásainak hatékony csökkentését.

TANULSÁGOK A HAZAI SZAKEMBEREK SZÁMÁRA

A táj, a települések, az épületek megfelelő átalakításával, illetve egyéni szintű hűtési megoldások alkalmazásával jelentősen csökkenthetők a hőség okozta egészségveszteségek.¹ A hazai népegészségügy elsőrendű feladata ezért felhívni mind a döntéshozókat, mind a lakosság figyelmét ezekre a lehetőségekre, valamint együttműködést kezdeményezni a cikkben megfogalmazott ajánlásoknak megfelelő hővédelmi cselekvési tervek kidolgozásához.

Köszönetnyilvánítás: A cikkismertetés elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja támogatta.

Információk a szerzőről:

Vitrai József, független népegészségügyi szakértő, Egészségfejlesztés folyóirat; MTA-SZTE Egészségfejlesztés Kutatócsoport, Budapest vitrai.jozsef@gmail.com

HIVATKOZÁSOK

Csizmadia, P. (2021). Cikkismertetés: A Lancet Countdown 2020 jelentés összefoglalója az egészség és klímaváltozás összefüggéseiről. *Egészségfejlesztés*, 62(2), 88–91. doi: [10.24365/ef.v62i2.5923](https://doi.org/10.24365/ef.v62i2.5923)

Kovács, Zs. (2021). Szakemberek a klímaválság gyermekekre és fiatalokra gyakorolt hatásáról (szöveghű fordítás). *Egészségfejlesztés*, 62(3), 42–46. doi: [10.24365/ef.v62i3.6688](https://doi.org/10.24365/ef.v62i3.6688)

Vitrai, J. (2021a). Cikkismertetés: A magas hőmérséklet egészségkockázata. *Egészségfejlesztés*, 62(4), 86–91. doi: [10.24365/ef.v62i4.7242](https://doi.org/10.24365/ef.v62i4.7242)

Vitrai, J. (2021b). Cikkismertetés: A kedvezőtlen hőmérséklet halálózásra kifejtett hatása. *Egészségfejlesztés*, 62(4) doi: [10.24365/ef.v62i4.6948](https://doi.org/10.24365/ef.v62i4.6948)

Vitrai, J. (2021c). Cikkismertetés: Mi is az „Egy az egészség”? *Egészségfejlesztés*, 62(3), 61–63. doi: [10.24365/ef.v62i3.6543](https://doi.org/10.24365/ef.v62i3.6543)

¹ A klímaváltozásnak az egészségre kifejtett hatásáról lásd még: Kovács (2021), Csizmadia (2021), Vitrai (2021c)

1. táblázat: Fenntartható hűtési beavatkozások a táj, a városok, az épületek és az egyén szintjén a hőszekcióban

	Előnyök	Hátrányok
Táj és városi szint		
Vízfelületek	Ha a nagy hőkapacitású tavak hűvösebbek maradnak a levegőnél, akkor áramlás és párolgás útján hűtik a levegőt. A párolgás és a áramlási hűtési hatások a nagy tófelületeken átáramló szél (azaz a tavi szellő) növekedésével még kifejezettebbek. A mozgó vízzel permetező szökőkutak felgyorsítják a párolgásos hűtést. A víztömegek egyéni szintű hűtési lehetőségeket biztosítanak (pl. lemosás és alámerülés).	A tavak nagy kiterjedésű nyílt területeket igényelnek. Növelheti a helyi páratartalmat, ha a levegő stagnál és a vízkeveredés alacsony. A víz felmelegedésével csökken a hűtőhatás (pl. egész nyáron). Ha az egyéni szintű hűtési stratégiák számára hozzáférhető, a víznek meg kell felelnie a megfelelő higiéniai előírásoknak. Fokozott fulladásveszély.
Fű és növények	A fákkal és más árnyékoló tényezőkkel ellátott nagy füves területek (pl. parkok), a tetőkön található növényzet és a zöld épületek homlokzatai a levelek párolgása és a talajból történő párolgás révén hűtést biztosítanak. A növényzettel borított felületek csökkentik a talaj és a falak felszíni hőmérsékletét, és csökkentik az infravörös (hosszúhullámú) sugárzást, továbbá segítenek a csapadékvíz kezelésében.	A parkok nagy szabad területeket igényelnek, és növelhetik a páratartalmat és a kellemetlen érzést, ha a széláramlás nem megfelelő, vagy nincs árnyékolás. Az épületek növényzetének magas karbantartási igénye. Az épületek növényzetének törmeléke az utca szintjén. Magas vízfelhasználás, az igény az éghajlati övezettől függ (pl. mérsékelt égövi vagy sivatagi régió).
Árnyékolás	A szabadtéri területek (pl. közlekedési megállók, játszótérek és piknikező helyek) és épületek fölött stratégiaileg elhelyezett mesterséges elötetők minimalizálják a sugárzó hőterhelést, miközben fenntartják az áramlást az alatta lévő felületeken. Az épületek árnyékolása stratégiaileg felhasználható a gyalogosok és a nagyforgalmú városi területek (pl. terek és megállók) árnyékolására.	A lombkoronaanyagok magas költségei. Az árnyékolás méretétől, magasságától és irányultságától függő lefedettség. Az árnyékolás megvalósításakor értékelni kell a használatot (pl. napszak és demográfiai adatok), hogy a legmelegebb napszakokban optimális árnyékot lehessen vetni.
Fák	Sugárzási árnyékolás és párolgás biztosítása. A rövidhullámú sugárzás alacsony behatolása csökkenti a hőmérsékletet az árnyékban és a talajszinten. A városi területeken gyakran hiányzó alapvető ökoszisztéma-szolgáltatások biztosítása. Segítenek a csapadékvíz kezelésében.	A párolgás a fák típusától függ. Csökkentheti a függőleges légkeveredést az utcák lombkoronáin belül, ami a szennyezésnek a szokásosnál lassabb hígulásához vezet. A kimenő infravörös sugárzás blokkolásával növelheti az éjszakai levegő és a felszín hőmérsékletét. Drága a megvalósítás és a fenntartás.
Városi szellőzési folyosók	A nagyobb természetes légáramlás az épületek körül és az utcák mentén növeli a felületek áramlási hőveszteségét. Különösen hatékony, ha kék és zöld infrastruktúrával kombinálják.	Nehéz és költséges megvalósítani az épületek és a városrendezési terv kialakítása után. A hűtés hatékonysága az uralkodó széliránytól és sebességtől, valamint a levegő és a felszín hőmérsékleti változásának mértékétől függ, különösen az év meleg hónapjaiban.
Közlekedési infrastruktúra	Az út- és járműsűrűség csökkentése mérsékli a járművekből származó üvegházhatású gáz- és hőkibocsátást. Az útfelületek hőtároló tulajdonságainak csökkentett koncentrációja csökkenti a hőfelvételt és a hőtárolást.	Csökkenti a városi elérhetőséget és mobilitást a tömegközlekedési, valamint az aktív közlekedési infrastruktúra párhuzamos fejlesztése nélkül.
Aktív közlekedési infrastruktúra	A kerékpározás és a gyaloglás kilométerekre és utasokra vetített költségei alacsonyabbak, mint a személygépkocsin, buszon vagy vonaton történő utazásé. Másodlagos egészségügyi előnyök a betegségek megelőzése és kezelése terén. Csökkenti az utazási időt. Csökkenti a járművek ütközésének sérülési kockázatát.	A közlekedési infrastruktúra párhuzamos megváltoztatása nélkül növeli a szennyezésnek való kitettséget. Növeli a megerőltető hőstressz kockázatát.
Elektromos járműflották	Alacsonyabb hő- és CO ₂ -kibocsátás, mint a hagyományos járművekkel azonos futásteljesítmény mellett.	Magas tökeköltségek. Kiterjedt töltőinfrastruktúrát és természeti erőforrásokat (pl. ásványi anyagokat) igényel az újratölthető akkumulátorok előállításához.
Épületek szintje		
Bevonatok és festékek	A tetők, külső falak és utcák erősen fényvisszaverő bevonatai a beérkező napsugárzást visszaverik, ezáltal csökkentik az épületek és a városszerkezet hőnyereségét. A szuperhűvös bevonatok fokozzák a tetők, külső falak és utcák hosszúhullámú sugárzási hőveszteségét azáltal, hogy a sugárzási kibocsátást a légköri ablaknak nevezett, nagyon specifikus hullámhosszra összpontosítják.	A sűrűn beépített környezetben a falbevonatok miatt, a visszavert napsugárzást a szomszédos épületek vagy az utcai gyalogosok elnyelhetik. A fényvisszaverő bevonatok drágák lehetnek.
Szigetelés	A tetők és falak szigetelésének növelése csökkenti a nettó hővezető hőáramlást a kültérből a beltérbe. A hőszigetelő anyagok utólagosan beépíthetők meglévő épületekbe és beépíthetők új épületekbe.	Magasabb munkaerő- és anyagköltségek. Nem minden épületben lehet utólagos szigetelést alkalmazni (pl. néhány lapostetős építési típus).
Üvegezés	Az utólagos üvegezési rendszerek és fóliák minimalizálják a napfény okozta hőnyereséget és maximalizálják az infravörös sugárzási veszteségeket a külső környezet felé.	Az utólagos üvegezés költséges, potenciálisan hatással lehet az építészeti örökségre, és nagy mennyiségű megtestesült energiát áldoz fel a meglévő nyílászárókban.
Ablakárnyékolás	A külső napellenzők megakadályozhatják a közvetlen napsugárzás bejutását a beltéri környezetbe, különösen az ablakokon keresztül. A kéthéjú homlokzatok csökkentik a falakon és ablakokon keresztüli nettó hőnyereséget.	A külső napellenzők, redőnyök és egyéb ablakburkolatok akadályozhatják a természetes szellőzést. A kéthéjú homlokzatok költségesek és utólagosan nem felszerelhetőek.
Természetes átszellőzés	Az épület homlokzatán lévő, az év legmelegebb hónapjaiban uralkodó szelekhez képest stratégiaileg orientált párosított be- és kivezetések növelhetik az épület hőtömegéből származó áramlási veszteségeket, és fokozhatják az áramlást, valamint a párolgó hőveszteséget közvetlenül az épületben tartózkodóktól.	Meglévő épületek esetében a hatékonyság a tájolástól és az ablakok helyétől függ. A meglévő épületállományba nem könnyű utólagosan beépíteni. Külső zaj az ablakokon keresztül.

Forrás: saját szerkesztés

2. táblázat: Fenntartható hűtési beavatkozások előnyei és hátrányai a hőhullámok és a forró időjárás idején az egyén szintjén

	Előnyök	Hátrányok
Egyéni szint		
Elektromos ventilátor	<p>Felgyorsíthatja a bőr áramlásos és párologó hővesztését, ami csökkenti a fiziológiai hőterhelést és javítja a hőkomfortot.</p> <p>Akár ötvenszer alacsonyabb villamosenergia-igény, mint a légkondicionálás.</p> <p>Egyszerű eszközök, amelyek megfizethetőbbek és sok hőérzékeny ember számára elérhetőek.</p> <p>A légkondicionálásról, a ventilátorokra való áttérés csökkentheti a villamosenergia-csúcsigényt és az ezzel járó áramkimaradások kockázatát, a forró időjárás idején.</p> <p>Elektromos áramot igényelnek, de akkumulátorral vagy napenergiával működő opciók is rendelkezésre állnak.</p>	<p>Felgyorsítja a test felmelegedését és rontja a fiziológiai hőterhelést, ha >45°C-on használják, leginkább alacsony páratartalom mellett.</p> <p>A ventilátorok hűsítő hatása csökken az életkorral és más, a verejtékezést csökkentő állapotokkal, kivéve, ha bőrnedvesítéssel együtt használják.</p> <p>Az újonnan javasolt egyszerűsített hőmérsékleti küszöbértékek a ventilátorok biztonságos használatához, a páratartalomtól függetlenül 39°C a 18-40 év közötti egészséges felnőttek esetében, 38°C a 65 év feletti egészséges felnőttek esetében, és 37°C az antikolinerg (ún. acetil-kolin hatást gátló) gyógyszereket szedő idősebb felnőttek esetében.</p> <p>A felgyorsult dehidratáció ellensúlyozásához nagy mennyiségű vízfogyasztás szükséges, ami különösen akkor jelenthet kihívást, ha a ventilátorokat éjszakai alvás közben használják.</p>
Bőr vizes hűtése	<p>A víz felhordása a bőrre (pl. szórófejes flakonnal vagy szivaccsal) vagy a nedves ruházat felhúszása növeli a párologó hővesztést további izzadás nélkül.</p> <p>Csökkenti a fiziológiai hőterhelést és a hőérzetet. Legalább 47°C-ig hatásos.</p> <p>Az ivásra alkalmatlan víz, potenciálisan használható szivaccsal történő leöntözésre.</p> <p>Használható áramkimaradás esetén, ha vízellátás rendelkezésre áll.</p>	<p>Nem hatékony, ha a védőfelszerelés vagy egyéb ruházati követelmények korlátozzák a víz párologását közvetlenül a bőrről.</p> <p>A beáztatást rendszeresen meg kell ismételni (pl. kb. 5-10 percenként), hogy a bőr nedves maradjon.</p> <p>Folyamatos vízellátás szükséges.</p>
Láb merítéses hűtése	<p>A lábak bokáig történő hideg vízbe merítése elősegíti a hővezető hővesztést.</p> <p>Csökkenti az izzadást és javítja a hőkomfortot.</p> <p>Alkalmas áramszünetek idején történő használatra, ha a vízellátás rendelkezésre áll.</p>	<p>Nem bizonyítottan csökkenti a fiziológiai hőterhelést.</p> <p>A nagyon hideg víz (<5°C) erős helyi hőérzetet okozhat.</p> <p>Megnövekedett a csúszás és esés kockázata.</p>
Ködpárasító ventilátorok	<p>A nagynyomású vízpermetet kibocsátó elektromos ventilátorok fokozhatják a bőr párologó hővesztését, további izzadás nélkül.</p> <p>Csökkenti a fiziológiai hőterhelést és a hőérzetet.</p> <p>Csökkentheti a levegő hőmérsékletét közvetlenül a személy körül azáltal, hogy elvonja a halmazállapot megváltozásához felhasznált energiát a levegőből, különösen száraz éghajlaton és a forró környező felületekből.</p>	<p>Nem alkalmas a legtöbb beltéri alkalmazáshoz, kivéve, ha a permeterzési mennyiséget csökkentik.</p> <p>Ha a felhasználási terület nem jól szellőzik, a páratartalom növekedése csökkenti a hűtés hatékonyságát.</p> <p>Fokozott csúszás- és esésveszély.</p> <p>Tiszta víz- és áramellátás szükséges.</p> <p>Korlátozott hűtési tartomány (kb. 2-3 méteren belül).</p>
Párolgató hűtők	<p>A levegő nedves membránon való áthaladása csökkenti a levegő hőmérsékletét a halmazállapot megváltozásához felhasznált energia elvonásával.</p> <p>Száraz éghajlaton akár 10-15°C-os léghőmérséklet-csökkenés is lehetséges.</p>	<p>Minimális hűtőhatás nedves éghajlaton.</p> <p>Magas tökeköltségek.</p> <p>Karbantartás nélkül szűnyogok tenyészhelyévé válhat.</p>
Jeges borogatás	<p>A nyakra és a mellkasra helyezett nedves törülközőbe csomagolt zúzott jég, növeli a vezetés útján történő hővesztést. A fejre és az öltre ideiglenesen ráterített nedves, hűtött törülköző szintén növeli a párologó hővesztést.</p> <p>Rövid (1-2 perc), ismételt (kb. 10 percenként) alkalmazásával csökkenthető a fiziológiai hőterhelés és a hőérzet.</p>	<p>Az előkészítés munka- és időigényes.</p> <p>A körülményektől függően kb. 30 percen belül megolvadhat és hatástalanná válhat.</p> <p>Jégellátás szükséges.</p> <p>Alacsony hordozhatóság.</p>
Hideg víz ivása	<p>Belső vezetőképes hőátadást biztosít a forró test és a hűvös lenyelt folyadék között.</p> <p>Meghosszabbíthatja az edzést forró és párás éghajlaton.</p>	<p>A belső hűtési hatást ellensúlyozhatja az izzadás párhuzamos csökkenése.</p> <p>Ha az izzadás megindulása után fogyasztják, elhanyagolható a maghőmérsékletre gyakorolt hatás.</p> <p>Nagyon hideg víz fogyasztása csökkentheti a bevitt folyadék mennyiségét.</p>
Tevékenység csökkentése	<p>Az 5-10 percnél hosszabb fizikai aktivitási szünetek megfelelően csökkentik az anyagcsere hőtermelését ahhoz, hogy csökkentsék a testhőmérsékletet.</p>	<p>A szüneteknek összeegyeztethetőnek kell lenniük a munkahelyi termelékenységi célokkal.</p> <p>Az előnyök korlátozottak, ha más hűsítő viselkedési módok nem engedélyezettek (pl. árnyékolás és ruhák levétele).</p>
Ruházat optimalizálása vagy eltávolítása	<p>A ruházat vagy védőfelszerelés levétele vagy módosítása csökkenti az izzadság párologásának és a bőrfelületen történő konvektív hőcserének való ellenállást.</p> <p>A stratégiailag elhelyezett szellőzőnyílások segíthetik az izzadság elpárolgását.</p>	<p>Veszélyeztetheti a biztonságot, ha a ruházat vagy a felszerelés védelmi funkciót lát el.</p> <p>A ruházatnak könnyen módosíthatónak kell lennie.</p> <p>Gátolhatja a bőr védelmét az ultraibolya sugárzással szemben.</p>

Forrás: saját szerkesztés