

ITN és IRS a malária vektorkontrollban

Honnan indult • mi a 2026-os state of the art • merre tart • aktuális termékek Afrikában • mit jelent mindez Európában

Vezetői összefoglaló

A malária elleni vektorkontroll két alapintervenciója az ITN (insecticide-treated net; rovarölő szerrel kezelt szúnyogháló) és az IRS (indoor residual spraying; beltéri tartós felületkezelés). Mindkettő az emberre táplálkozó, majd beltérben pihenő Anopheles-populáció élettartamát és emberrel való kontaktusát csökkenti. A 2000-es évek sikere nagyrészt a piretroidokra épült; a széles körű piretroidrezisztencia miatt a mai stratégia több hatásmód kombinációjára és rotációjára épül.

2026-ban az ITN technológiai élvonala a piretroid + klórfenapir, valamint bizonyos helyzetekben a piretroid + PBO és piretroid + piriproxifen háló. IRS-ben a klasszikus piretroidok mellett a clothianidin, broflanilid és klórfenapir jellegű eltérő hatásmódok váltak kulcsfontosságúvá. A cél már nem pusztán az azonnali mortalitás, hanem a rezisztens vektorok populációs szintű kontrollja.

Európában ugyanezeket az eszközöket nem lehet automatikusan afrikai módon átültetni. Az EU/EEA-ban a malária döntően importált betegség, miközben kompetens Anopheles fajok továbbra is jelen vannak. Ezért az európai logika elsősorban surveillance, gyors esetfelismerés, góckutatás és célzott vektorkontroll; tömeges ITN/IRS csak speciális, epidemiológiailag indokolt helyzetben lenne racionális.

Fontos: ez a dokumentum közegészségügyi és technológiai áttekintés, nem helyettesít nemzeti biocid-engedélyt, termékcímkét, kockázatértékelést vagy hatósági vektorkontroll-protokollt.

1. Mi az ITN és mi az IRS?

ITN: olyan szúnyogháló, amelynek szálába vagy felületére inszekticidet építettek/fixáltak. A modern, tartós hálókat gyakran LLIN-ként (long-lasting insecticidal net) említik. Két hatás egyszerre érvényesül: fizikai gát az alvó ember körül, valamint toxikus/irritáló kontaktushatás a hálóra szálló szúnyogon.

IRS: a lakóépület belső, tipikus pihenőfelületeire tartós hatású inszekticidet visznek fel. A cél nem a levegő „ködösítése”, hanem egy hónapokig aktív maradó felületi depozit létrehozása. Az endofil Anopheles nőtény vér szívás előtt vagy után a kezelt falon/tetőn pihen, felveszi a hatóanyagot, és csökken a túlélése.

Ezért az IRS formulációs logikája alapvetően más, mint az ULV-é. IRS-re WP, WG, SC, CS és más reziduális formulációk is teljesen életszerűek; a korábbi kérdésedben említett WG tehát hidegkődnek általában nem jó, IRS-re viszont kifejezetten tipikus lehet. Példa: SumiShield 50WG clothianidin-alapú WHO-prekvalifikált IRS termék.

Miért működik populációs szinten?

- Az Anopheles nőténynek több vér szívási ciklust kell túlélnie, mire egy felvett Plasmodium fertőzés fertőző sporozoita-stádiumba jut.
- Ha a beavatkozás akár mérsékelten is csökkenti a napi túlélést, aránytalanul nagyot eshet a fertőzőképes, idősebb nőtények aránya.
- Magas közösségi lefedettségénél az ITN/IRS nemcsak az egyént, hanem a környezetében élőket is védi a vektorpopuláció visszaszorításával.

2. Honnan jött ki a mai rendszer?

IRS történeti gyökere: a 20. századi maláriafelszámolási programokban a tartós beltéri permetezés - történetileg különösen DDT-vel - megmutatta, hogy az endofil vektorok élettartama drasztikusan rövidíthető. A módszer epidemiológiai ereje abból adódott, hogy a teljes települési lakásállomány nagy részét egyszerre kezelték.

ITN fejlődése: a háló fizikai védelme régóta ismert, de a piretroidok tették lehetővé a nagy léptékű inszekticides hálóprogramokat: gyors hatás, alacsony emlős-toxicitás és textilen használható tulajdonságok. A kezdeti, újrakezelést igénylő hálókat fokozatosan felváltották a gyárilag kezelt, tartós LLIN-ek.

A töréspont: a piretroidok rendkívül széles használata erős szelekciós nyomást hozott létre. Az *Anopheles*-populációkban target-site (pl. kdr) és metabolikus rezisztenciamechanizmusok terjedtek. Ez vezetett a PBO-s hálókhoz, majd a valódi két-inszekticides hálókhoz és az eltérő hatásmódú IRS-hatóanyagokhoz.

A mai paradigma

A modern rendszer nem „melyik szer öl a legjobban?” kérdésként kezeli a problémát, hanem rezisztenciamenedzsment + helyi vektorökológia + lefedettség + tartósság + költséghatékonyság optimalizálásaként. A WHO jelenleg az ITN-t vagy IRS-t tekinti a nagy léptékű malária-vektorkontroll alapjának; a választást helyi rezisztencia, vektorviselkedés, megvalósíthatóság és költség alapján kell meghozni.

3. ITN - 2026-os state of the art

A hálók technológiai osztályai ma már hatásmód szerint értelmezendők:

- Piretroid-only: permetrin, deltametrin, alfa-cipermetrin stb. Továbbra is fontos alaptechnológia, de erős piretroidrezisztencia mellett önmagában gyengülhet a teljesítménye.
- Piretroid + PBO: a piperonil-butoxid szinergista; bizonyos metabolikus piretroidrezisztenciát részben vissza tud fordítani. Nem önálló inszekticid.
- Piretroid + klórfenapir: két eltérő hatásmód. A klórfenapir pro-inszekticid jellegű, a mitokondriális energiatermelést zavarja; lassabb mortalitás mellett rezisztens vektorokon is értékes.
- Piretroid + piriproxifen: a piriproxifen juvenilhormon-analóg; a reprodukciót és fejlődést célozza, így a háló populációs hatása nem kizárólag az akut ölésből ered.

WHO 2023-tól a piretroidrezisztens területeken a piretroid+klórfenapir ITN-t a piretroid-only háló helyett ajánlja; a piretroid+PBO-hoz képest is alkalmazható, bár a döntés költség- és helyzetfüggő. A piretroid+piriproxifen a piretroid-only alternatívája lehet, de a WHO értékelése szerint költséghatékonysági korlátai vannak.

Aktuális példák

Termék / típus	Hatóanyag(ok)	Szerep
Interceptor G2	alfa-cipermetrin + klórfenapir	két hatásmódú ITN; piretroidrezisztens területekre
PRONet Duo	bifentrin + klórfenapir	WHO-prekvalifikált dual-AI ITN (2025)
Synera DuoForte	alfa-cipermetrin + klórfenapir	WHO-prekvalifikált dual-AI ITN (2026)
Olyset Plus	permetrin + PBO	metabolikus piretroidrezisztencia ellen szinergista megközelítés
PermaNet 3.0	deltametrin + PBO	PBO-s LLIN

4. IRS - 2026-os state of the art

IRS-nél a kulcsszó a reziduális hatás: a felületnek a helyi transzmissziós szezon jelentős részén biológiailag aktívnak kell maradnia. A hatás tartósságát a hatóanyag mellett a fal anyaga, porozitása, pH-ja, nedvesség, tisztítás és formuláció is meghatározza.

Fontos hatásmódok és példák

Hatásmód / AI	Példa	Megjegyzés
Piretroidok - deltametrin, lambda-cihalotrin	K-Othrine PolyZone; ICON IRS termékek	gyors hatás; rezisztencia sok régióban korlátozó
Neonikotinoid - clothianidin	SumiShield 50WG; clothianidin-kombinációk	eltér a piretroid targettől; fontos rotációs eszköz
Meta-diamid - broflanilid	VECTRON T500 (50% WP)	GABA-receptorhoz kapcsolódó új hatásmód; WHO-prekvalifikált IRS
Pirrol - klórfenapir	Sylando 240 SC	mitokondriális oxidatív foszforilációt bontja; WHO-prekvalifikált 2024
Új IRS hatásmódok	pl. isocycloseram	WHO 2025-ös IRS evidenciabázisában már megjelent

IRS és ITN együtt?

Nem automatikusan „minél több, annál jobb”. A co-deployment értékét a két intervenció hatásmódja, a helyi rezisztencia és az epidemiológiai hozzáadott érték határozza meg. Ha ugyanarra a rezisztenciával terhelt piretroid-hatásmódra épül mindkettő, a plusz költség nem feltétlenül ad arányos többlethatást. A stratégiai előny inkább akkor várható, ha eltérő hatásmódok és jól definiált célpopulációk találkoznak.

5. Afrika: hogyan alkalmazzák a gyakorlatban?

A WHO African Region 2024-ben a globális maláriaesetek mintegy 94%-át és a halálozások 95%-át adta. Emiatt itt az ITN/IRS nem kiegészítő rovarirtási szolgáltatás, hanem népegészségügyi infrastruktúra.

ITN programlogika

- Tömeges kampányokkal háztartási lefedettséget építenek, majd rutin csatornákon - például várandósgondozás és gyermek-egészségügy - pótolják a hálókát.
- A hálótípus kiválasztását egyre inkább entomológiai rezisztenciaadatok és költséghatékonyság vezérli.
- A dual-AI hálók felfutását a piretroidrezisztencia gyorsította; a New Nets Project és kapcsolódó programok nagy léptékű afrikai evidenciát termeltek.

IRS programlogika

- A kampányt a transzmissziós szezon előtt időzítik, és magas lakás-lefedettségre törekednek.
- A teljes belső pihenőfelület célzott kezelése történik, kalibrált kijuttatással; ez nem ULV és nem térpermet.
- Hatásmód-rotációval próbálják lassítani a rezisztencia kialakulását. A clothianidin, broflanilid és klórfenapir azért értékes, mert eltér a hosszú ideig domináns piretroid-kémiától.

Egy tipikus döntési lánc

1. Hol a teher? → 2. mely Anopheles fajok dominálnak? → 3. mikor és hol csípnek/pihennek? → 4. milyen rezisztencia van? → 5. ITN, IRS vagy kombinált csomag? → 6. mely hatásmód ad valódi többletet? → 7. hogyan tartható fenn a lefedettség és minőség?

6. Mi a következő technológiai hullám?

1. Több hatásmód egy termékben. A dual-AI ITN már nem fejlesztési ígéret, hanem jelenlegi gyakorlat. A jövő kérdése a kombinációk tartóssága, optimális dózisprofilja és rezisztencia-evolúciós hatása.
2. Piretroidon túli kémia. Klórfenapir, broflanilid és új GABA/egyéb targetek azt jelzik, hogy a malária-vektorkontroll kémiai tere lényegesen szélesedik.
3. Spatial emanator / spatial repellent. A WHO 2025-ben új ajánlást adott erre az intervenciók osztályra, és 2025-ben megjelentek az első WHO-prekvalifikált termékek. Ezek nem az ITN/IRS egyszerű helyettesítói, hanem potenciális kiegészítők olyan expozícióra, amelyet a beltéri, alvásidőre optimalizált eszközök kevésbé fednek.
4. Precíziós stratifikáció. A jövő nem egyetlen univerzális termék, hanem térben és időben célzott intervenciók mix: epidemiológia + vektorfaj + rezisztencia + emberi viselkedés + költség.
5. Nem-kémiai és biológiai kiegészítők. Lárvaforrás-kezelés, lakásjavítás, genetikai/biológiai megközelítések és jobb surveillance integrálódhatnak, de a nagy léptékű alappillér továbbra is ITN/IRS marad a legtöbb endémiás helyzetben.

A legfontosabb fejlesztési probléma

Az új hatóanyag önmagában nem oldja meg a rezisztenciát: ha egy új MoA túl gyorsan, rotáció nélkül, nagy szelekciós nyomással terjed el, ugyanaz az evolúciós folyamat indulhat újra. A termékfejlesztés mellett ezért a rezisztencia stewardship lesz meghatározó.

7. Mit jelentene ugyanez Európában?

Az ECDC szerint az EU/EEA-ban a maláriaesetek szinte mind importáltak; helyi, autochton esetek csak ritkán fordulnak elő. Ugyanakkor maláriát potenciálisan közvetítő Anopheles fajok ma is jelen vannak Európában. Az ECDC 2026. áprilisi térképezése az Anopheles maculipennis fajkomplexum széles európai jelenlétét mutatja.

Ezért az afrikai és európai célfüggvény eltér:

Afrikai endémiás helyzet	Európai, többnyire nem endémiás helyzet
folyamatos vagy szezonális közösségi transzmisszió	főként importált humán esetek; ritka lokális továbbadás
tömeges ITN-disztribúció indokolt lehet	általános lakossági ITN-kampány többnyire nem indokolt
nagy területű IRS-kampány lehet alapeszköz	IRS inkább célzott góc-/épületkezelési opció lehet, ha epidemiológia indokolja és engedélyezett
rezisztencia-surveillance folyamatos programigény	vektor-surveillance + behurcolt esetek gyors felismerése a kulcs
intervenció célja a magas alap-transzmisszió letörése	cél a re-establishment megakadályozása és a lokális lánc gyors megszakítása

Európai gyakorlati következtetés

Ha például egy európai térségben importált Plasmodium vivax eset mellett kompetens helyi Anopheles és megfelelő szezonális feltételek vannak, a prioritás az eset gyors diagnózisa/kezelése, epidemiológiai kivizsgálás, entomológiai felmérés és a szükséges célzott vektorkontroll. Nem az lenne az első reflex, hogy egy egész városban afrikai típusú IRS- vagy LLIN-kampány induljon.

Az EU-ban további kritikus korlát a biocid-jogi megfelelés: egy WHO-prekvalifikált afrikai IRS/ITN termék státusza nem jelenti automatikusan azt, hogy az adott termék az EU-ban vagy egy konkrét tagállamban ugyanarra a felhasználásra forgalmazható és alkalmazható.

8. ITN, IRS és ULV - ne keverjük össze a szerepüket

A három technológia ugyanazt a vektort célozhatja, de teljesen más expozíciós mechanizmussal.

Technológia	Hol van a hatóanyag?	Célkontaktus	Tipikus erősség
ITN	textilszálon / szálban	hálózhoz érő, alvó emberhez közelítő szúnyog	személyes + közösségi védelem, hosszú idő
IRS	belső fal/tető felületén	beltérben pihenő vektor	hónapokig tartó reziduális mortalitás
ULV / space spray	levegőben mozgó finom cseppek	kezelés idején repülő szúnyog	gyors knock-down/populáció csökkentés, rövid időablak

Malária szempontból az ULV nem váltja ki automatikusan az ITN/IRS-t. A WHO a nagy léptékű, rutin malária-vektorkontroll alappilléreiként az ITN-t és IRS-t kezeli. A térpermetezés speciális járványügyi helyzetben lehet hasznos, de az Anopheles viselkedése, az időzítés és a rövid aeroszol-expozíció miatt más logikával működik.

Formulációs tanulság

A WG/WP/SC tehát IRS-ben nem „rossz formuláció”: éppen ellenkezőleg, több korszerű IRS termék ilyen. A kérdés mindig az, hogy a formuláció milyen expozíciós útvonalra készült. Hidegköd/ULV esetén aeroszolképzés és cseppspektrum; IRS-nél faldepozíció, tapadás, újraeloszlás, biohasznosulás és reziduális idő a kulcs.

9. Rövid terméktérkép - mit érdemes figyelni?

Az alábbi lista nem beszerzési vagy alkalmazási utasítás, hanem technológiai tájékoztató térkép. A konkrét alkalmazást mindig a helyi engedély és címke határozza meg.

ITN

- Interceptor G2 - alfa-cipermetrin + klórfenapir.
- PRONet Duo - bifentrin + klórfenapir; WHO-prekvalifikáció 2025.
- Synera DuoForte - alfa-cipermetrin + klórfenapir; WHO-prekvalifikáció 2026.
- Olyset Plus - permetrin + PBO.
- PermaNet 3.0 / más PBO-s hálók - piretroid + PBO.

IRS

- SumiShield 50WG - clothianidin 50%, WG; klasszikus példa arra, hogy WG IRS-re alkalmas.
- VECTRON T500 - broflanilid 500 g/kg, WP.
- Sylando 240 SC - klórfenapir 240 g/L, SC; WHO-prekvalifikáció 2024.
- K-Othrine/ICON IRS családok - piretroid alapú reziduális termékek; helyi rezisztencia döntő.

Újabb periféria

- Spatial emanatorok - 2025-től WHO-prekvalifikált termékosztály is megjelent.
- Space spray - 2025-ben WHO-prekvalifikált broflanilid ULV termék (Optica ULV) is megjelent; ez technológiailag külön kategória az IRS-től.

10. Döntési mátrix

Kérdés	Ha igen...	Következmény
A vektor főként éjjel, beltérben csíp?	ITN expozíció jó	ITN magas prioritás
A vektor vérszívás után beltérben pihen?	IRS kontaktus valószínű	IRS erős opció
Erős piretroidrezisztencia van?	piretroid-only teljesítmény kockázatos	dual-AI/PBO vagy eltérő IRS MoA vizsgálendő
Kültéri/korai esti csípés dominál?	ITN/IRS expozíció csökkenhet	kiegészítő módszerek szükségesek
Rövid szezonz, lokális európai góc?	tömeges afrikai modell túlméretezett lehet	célzott surveillance + fókuszált kontroll
Nincs helyi termékengedély?	WHO PQ önmagában nem elég	alkalmazás nem vezethető le a WHO-listából

Bottom line

Afrikában: az ITN/IRS a transzmisszió tömeges csökkentésének infrastruktúrája. Európában: ugyanaz a biológia érvényes, de más epidemiológiai alaphelyzet miatt a rendszer inkább surveillance-vezérelt, gyors és célzott. Technológiailag: a következő évek fő iránya a több hatásmódú háló, a piretroidon túli IRS-kémia, a rezisztenciakezelés és az intervenciók finomabb térbeli célzása.

Források és szakmai alap

A dokumentum 2026. október 4-én elérhető WHO és ECDC anyagokra épül. A termékstátuszok változhatnak; alkalmazás előtt mindig az aktuális WHO PQ-lista és a helyi engedélyezés ellenőrzendő.

WHO Guidelines for malaria, 10 September 2026. A WHO élő malária-irányelve; az ITN/IRS ajánlások elsődleges normatív forrása.

<https://www.who.int/publications/i/item/guidelines-for-malaria>

WHO Guidelines for malaria, 13 August 2025 PDF. Részletes ITN ajánlások, köztük piretroid-klórfenapir és piretroid-piriproxifen; IRS evidenciafrissítés.

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/382254/B09514-eng.pdf>

WHO - Supporting malaria vector control. ITN és IRS mint nagy léptékű alapintervenciók.

<https://www.who.int/activities/supporting-malaria-vector-control>

WHO Operational manual on indoor residual spraying. IRS tervezési, végrehajtási és minőségbiztosítási alapok.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240083998>

WHO Prequalified Vector Control Products. Aktuális termékek, hatóanyagok, formulációk és státuszok.

<https://extranet.who.int/prequal/vector-control-products/prequalified-product-list>

WHO World malaria report 2025. Globális és afrikai teher, trendek.

<https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2025/>

WHO - Expanded use of new dual-insecticide nets... Dual-AI hálók afrikai bevezetésének háttere.

<https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/expanded-use-of-new-dual-insecticide-nets-offers-hope-for-malaria-control-efforts-in-africa/>

ECDC - Disease information about malaria. Európai epidemiológia, importált és ritka autochton esetek, vektorok.

<https://www.ecdc.europa.eu/en/malaria/facts>

ECDC/EFSA - Anopheles maculipennis s.l. distribution, April 2026. Aktuális európai vektoreloszlás.

<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/anopheles-maculipennis-sl-current-known-distribution-april-2026>

Megjegyzés: a PDF nem tartalmaz dózis-, keverési vagy kijuttatási receptet. Ezek termékspecifikus, engedélyköteles paraméterek, amelyeket kizárólag az adott címke és hatósági protokoll alapján szabad meghatározni.