

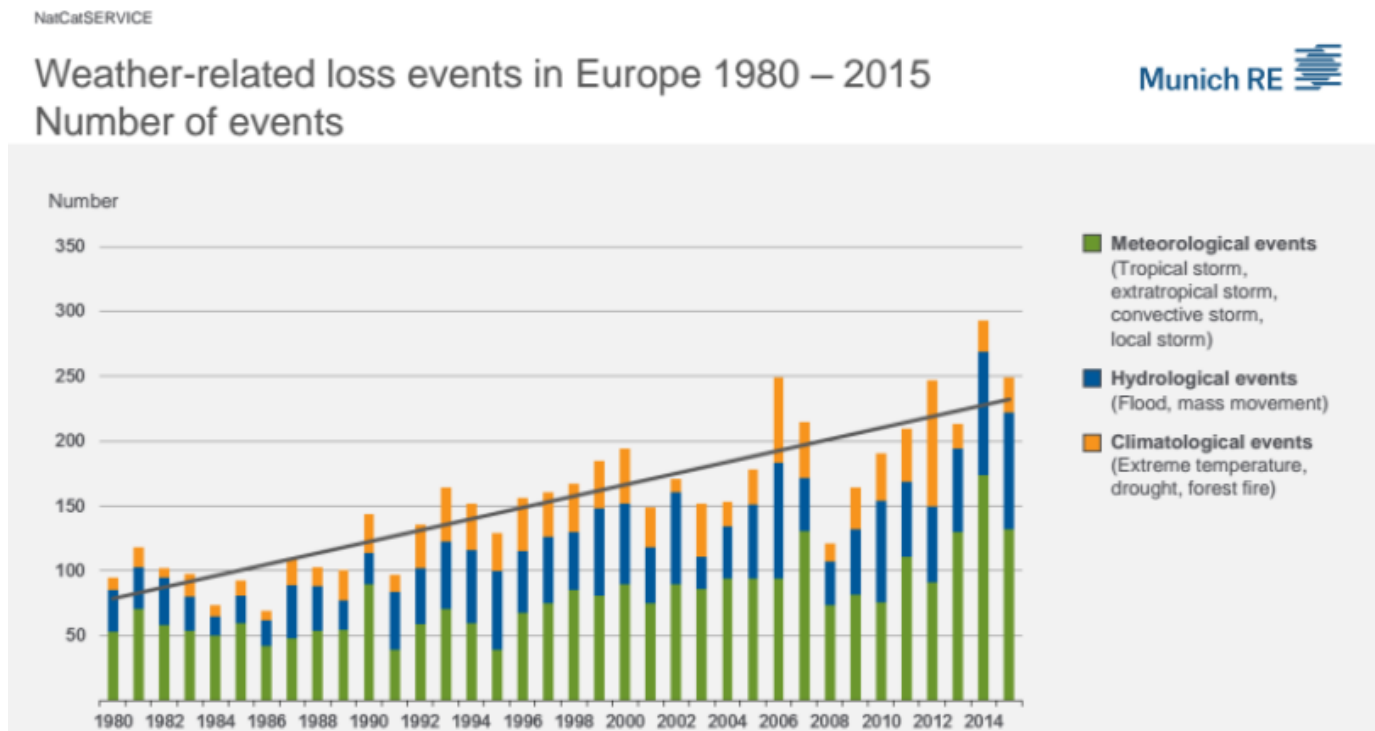
# **A nagyfeszültségű átviteli hálózat klímaváltozással kapcsolatos kockázatainak felmérése és menedzselése**

**Kovács Gábor (MAVIR ZRt.), Tárczy Péter (Energin Kft.)**

**Meteorológiai Tudományos Napok  
2018. november 22-23.**

# A klímaváltozás kihívást jelent az átviteli hálózat számára

Elsősorban a szélsőséges időjárási körülmények jelentenek veszélyt az átviteli hálózat üzemeltetése során. A statisztikák az események növekvő számát mutatják.



*"Includes copyrighted material of Munich Re and its licensors."*

# Fontos az éghajlattal foglalkozó szakemberek közreműködése

Fontos ismernünk a szélsőséges időjárási hatások jelenlegi és jövőbeli várható alakulását ahhoz, hogy hatékony intézkedéseket tudjunk hozni a biztonság fenntartása érdekében. Számítunk ehhez az éghajlattal foglalkozó szakemberek közreműködésére.



# A szélsőséges időjárás elsősorban a távvezetéseket veszélyezteti

Hazai és külföldi tapasztalatok igazolják, hogy az átviteli hálózati területen a szabadvezetéseket érinti legmarkánsabban a klímaváltozás. Elsősorban a szélsőséges hó-, jég- és szélterhelések jelentenek veszélyeket. Az átviteli távvezetéseket a mindenkori szabványoknak megfelelően tervezik, építik és üzemeltetik, mindemellett nem zárható ki a meghibásodásuk szélsőséges időjárási viszonyok esetén. Amennyiben megnövekszik a szélsőséges időjárási hatások nagysága és előfordulási gyakorisága, akkor hatványozottan megnő a valószínűsége a meghibásodások súlyosságának és gyakoriságának.



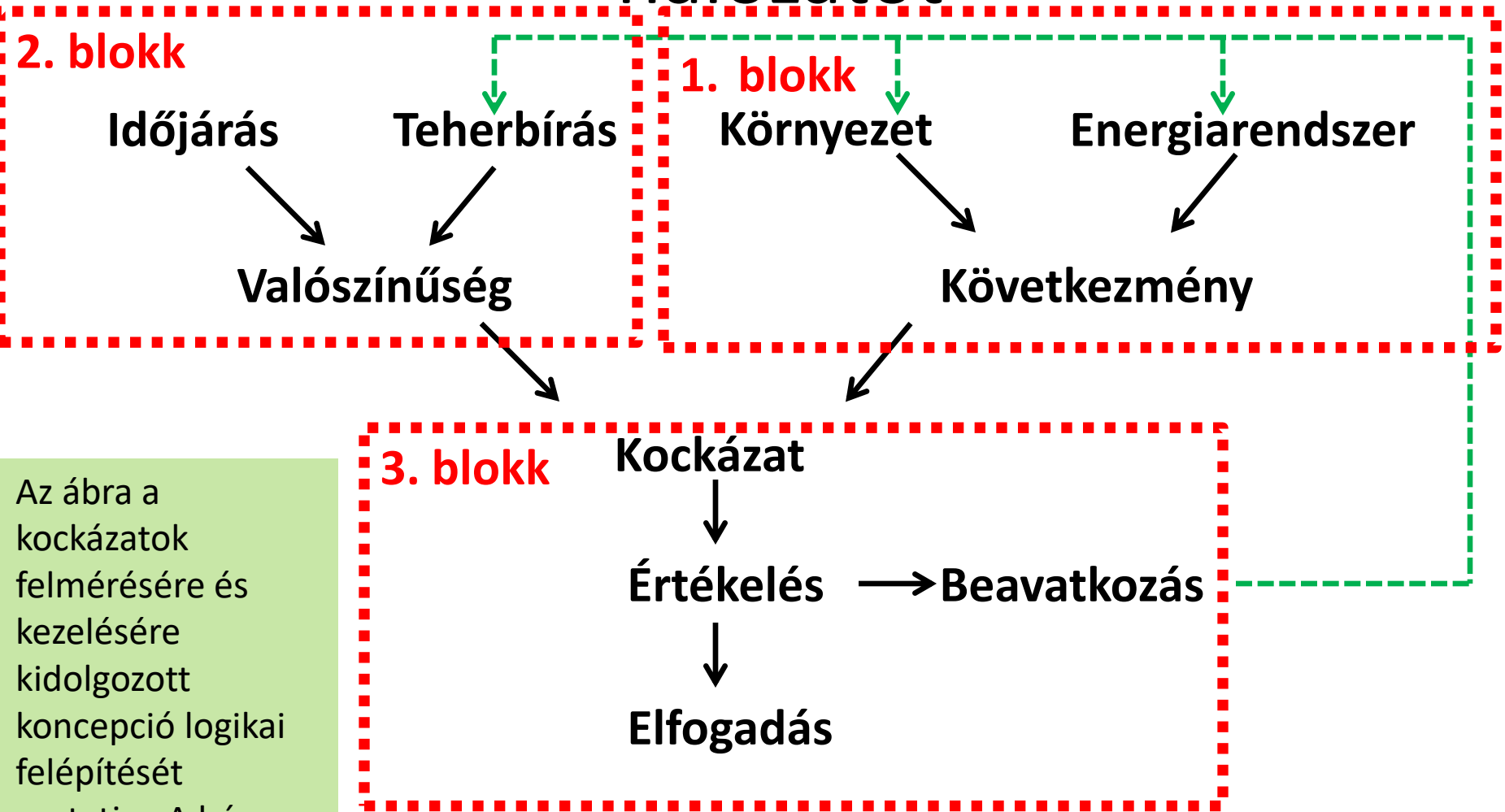
# Stratégiai cél az átviteli hálózat biztonságának fenntartása

Az átviteli hálózatot az ún. (n-1) elv szerint tervezik, ami azt jelenti, hogy egyetlen elem meghibásodása esetén az energiaellátásban nem következik be zavar. A szélsőséges időjárási események azonban egyszerre több távvezeték kikapcsolódásával is járhatnak, kedvezőtlen esetben súlyos üzemzavarhoz vezethetnek.

Az átviteli hálózat működőképessége meghatározó jelentőségű a nemzetgazdaság és az egész társadalom számára. A MAVIR célja a biztonság fenntartása.

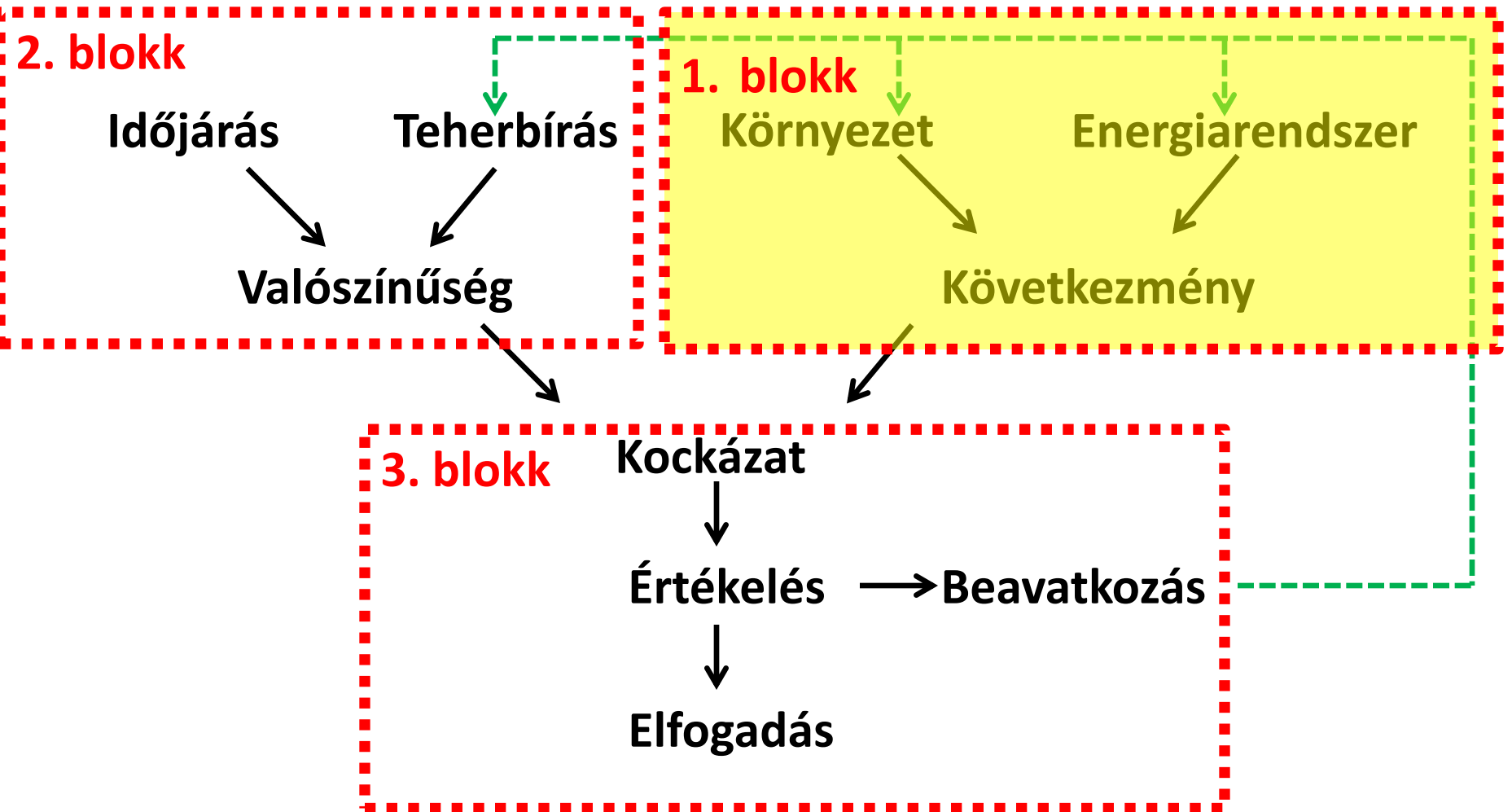


# Ellenállóbbá kell alakítani az átviteli hálózatot



Az ábra a kockázatok felmérésére és kezelésére kidolgozott koncepció logikai felépítését mutatja. A három blokk előadásunk fejezeteit jelzi.

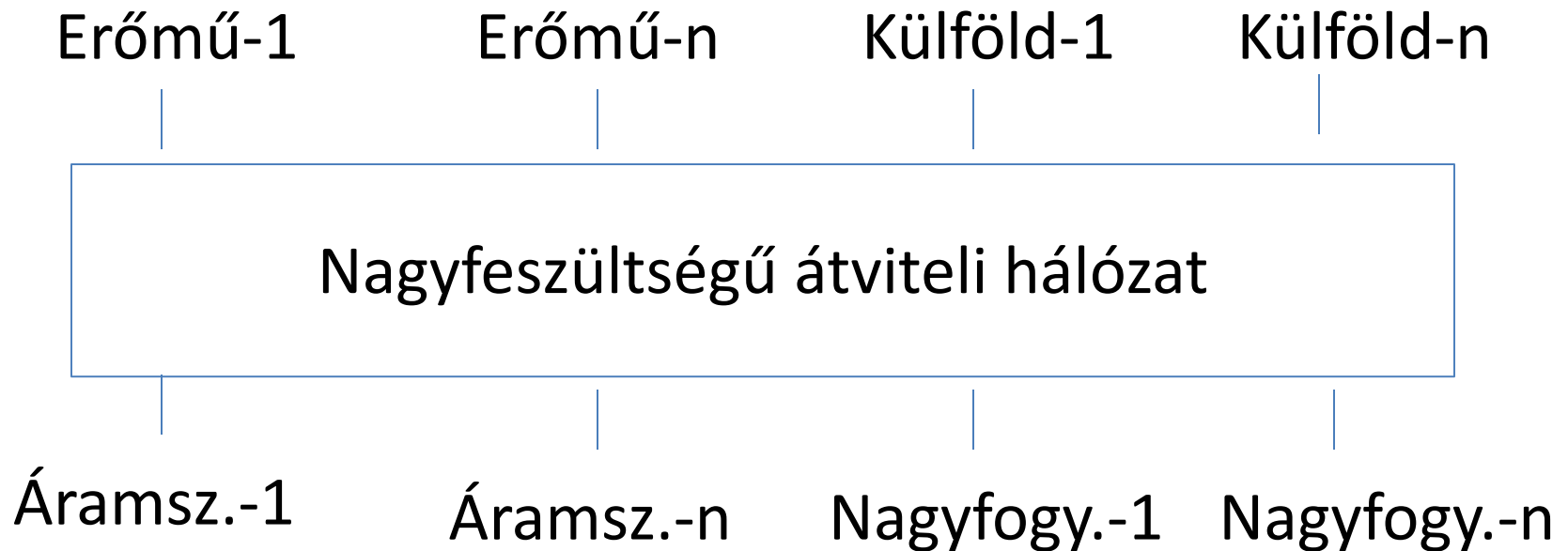
# 1. blokk







# Az átviteli hálózat funkciója



Az átviteli hálózat teremti meg a kapcsolatot a legnagyobb erőművek , a külföldi hálózatok, az áramszolgáltatói elosztóhálózatok és egyes nagyfogyasztók között. Az átviteli hálózat tervezése a fogyasztói igényekre és az erőmű kapacitásokra vonatkozó előjelzések alapján történik, az (n-1) kritériumot és a legkisebb költség elvét figyelembe véve. A tervezés eredményeit a Magyar Energetikai és Közmű Hivatal vizsgálja, a jóváhagyott terveket veszi figyelembe a villamos energia díjszabására vonatkozó döntések során.

# Szélsőséges szél okozta üzemzavarok



2017 júliusban Baranya megyében zivatarcellák és szupercellák alakultak ki, a szélesebesség meghaladta a 140 km/h értéket, aminek következtében egy kétszeres 400 kV-os távvezeték 4 db oszlopa kidőlt, 2 pedig megsérült. Közvetlenül az átviteli hálózatra visszavezethető ok miatt fogyasztói kiesés nem volt. A teljes helyreállítás 5 hónapot igényelt.

Franciaországban 1999. december 27-én és 28-án először az ország északi, majd a déli részén alakult ki katasztrofális állapot szélviharok következtében. Az átviteli hálózaton 35 távvezeték kapcsolódott ki, 280 db oszlop sérült, összesen 400 GWh kiesés volt, amiből 117 GWh a nagyfeszültségű távvezetékekkel volt kapcsolatos. 3.4 millió fogyasztó volt érintett az üzemzavarokban. Az üzemzavart követő első négy nap alatt közel 3 millió fogyasztót visszakapcsoltak, a többi kb. 500.000 fogyasztót pedig fokozatosan január 13-ig.

# Szélsőséges jég okozta üzemzavarok



2014 decemberben erős jegesedés alakult ki Közép-Magyarországon, ami súlyos üzemzavarhoz vezetett: egy 400 kV-os távvezetéken 21 oszlop kidőlt vagy nagyon erősen megsérült, egy 220 kV-os távvezetéken 17 oszlop sérült. A távvezetékek sodronyai a keresztező autópályára, illetve áramszolgáltatói távvezetésekre estek. A kialakult jégteher a méretezések során figyelembe vettnek a 2-4-szerese volt. Közvetlenül az átviteli hálózatra visszavezethető ok miatt fogyasztói kiesés nem volt. A teljes helyreállítás 7 hónapot igényelt.

Szlovéniában 2014 január 30 február 4 között az ónos eső hatására 30 km átviteli hálózati távvezeték összedőlt vagy súlyosan rongálódott (becslés szerint ez mintegy 100 db oszlopot érintett), rengeteg közép- és kisfeszültségű távvezeték tönkrement, és 250.000 lakos (a lakosság kb. 12 %-a) energiaellátása szünetelt.

# Szélsőséges szél és jég okozta üzemzavarok



2014 márciusában váratlan és jelentős lehűlés volt, jegesedéssel és erős széllel. Kelet-Magyarországon súlyos üzemzavar következett be: egy 400 kV-os távvezetéken 14 db oszlop kidőlt, egy 220 kV-os távvezetéken 6 db oszlop kidőlt, 87 db megsérült. Közvetlenül az átviteli hálózatra visszavezethető ok miatt fogyasztói kiesés nem volt. A teljes helyreállítás 5 hónapot igényelt.

Kanadában 1998 januárjában az ónos eső és erős szél hatására 730 db nagyfeszültségű oszlop tönkrement vagy erősen sérült, 1 500 000 fogyasztó volt érintett néhány órán vagy napon keresztül, a maximális kiesési idő esetenként a 30 napot is meghaladta.

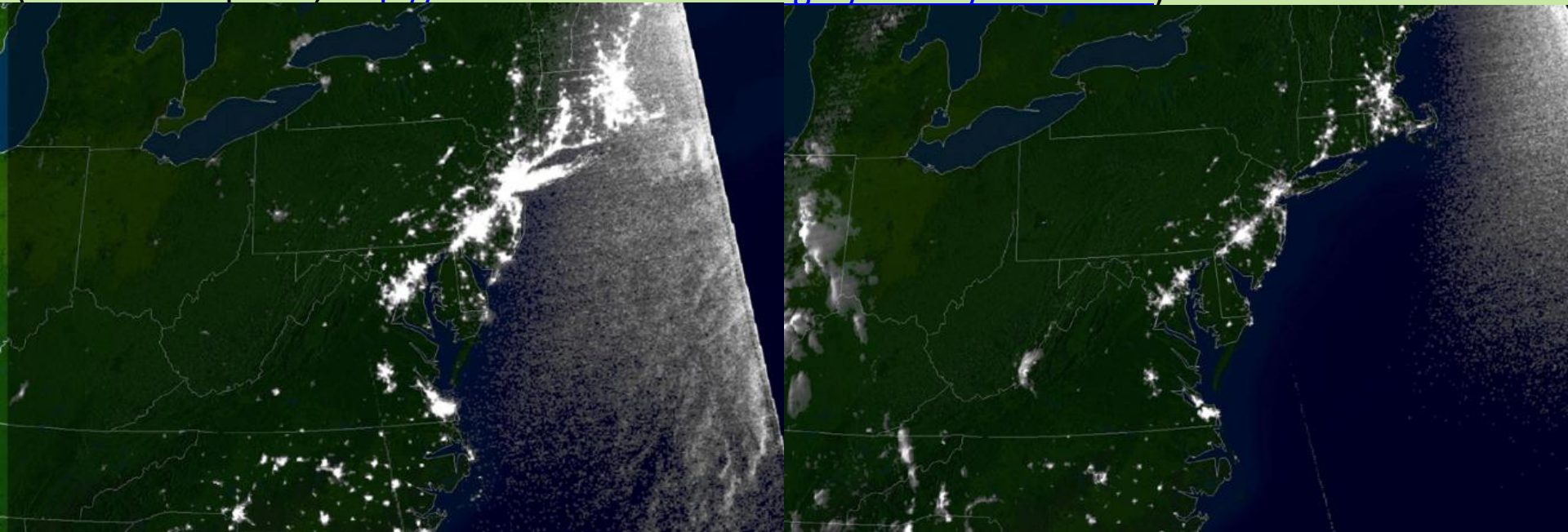
# Következmények

A meghibásodások következményeit a következő csoportokra bonthatjuk:

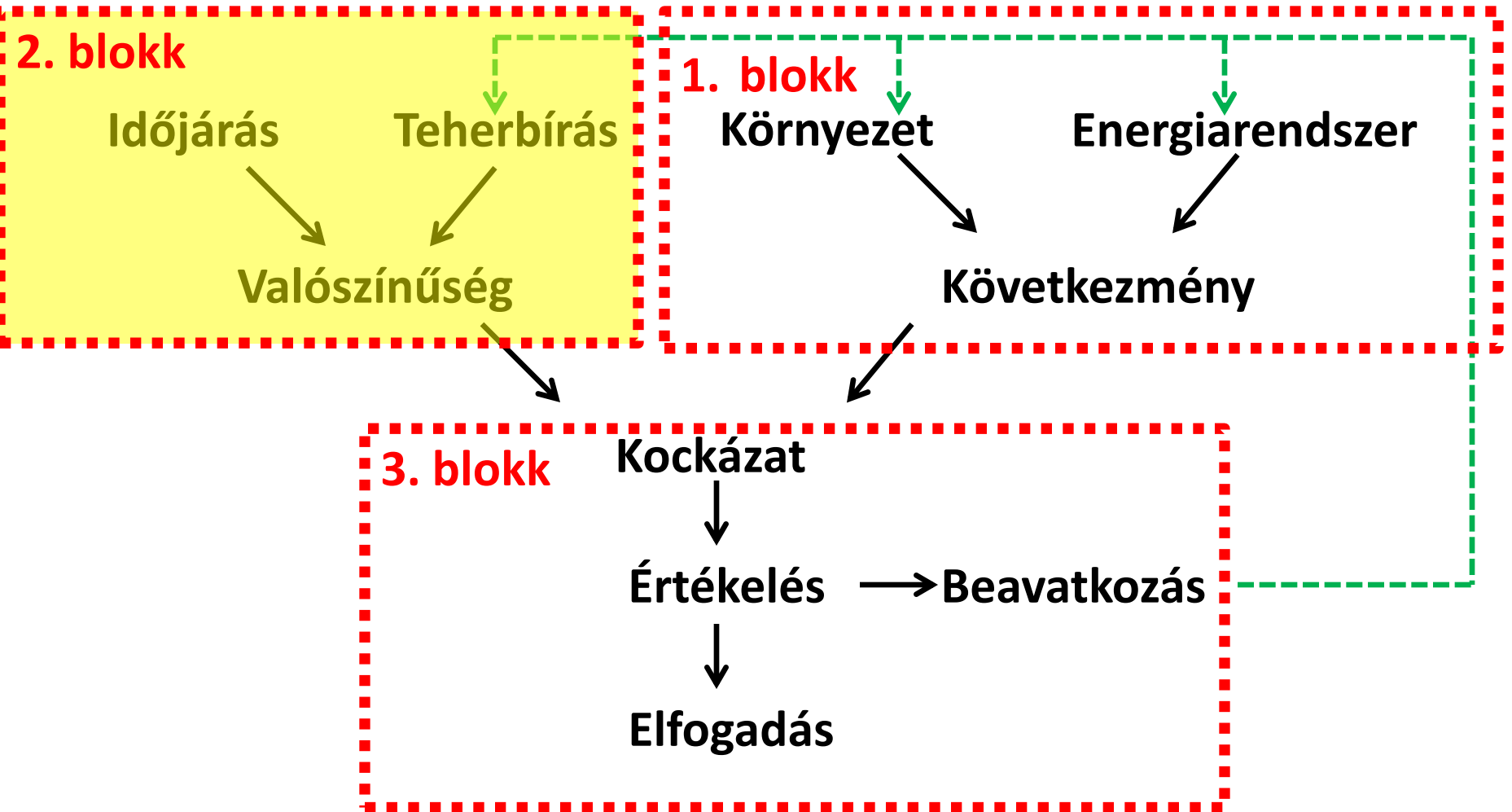
- Lokális - pl. a keresztezett autópályán haladó járművekben okozott kár
- Regionális - egy nagyobb fogyasztói terület energiaellátásának megszűnése
- Rendszerszintű - az energiarendszer egészére vagy jelentős részére kiterjedő zavar

A műholdas képek az USA észak-keleti területét mutatják a 2003 augusztusában bekövetkezett üzemzavar előtti éjszaka (bal oldal), illetve az üzemzavar éjszakáján (jobb oldal).

(Forrás: Wikipedia, <http://www.noaanews.noaa.gov/stories/s2015.htm>)



# 2. blokk



# Távvezetékek tervezés

Korábban	Jelenleg
MSZ 151 Determinisztikus	MSZ EN 50341 Megbízhatóság központú

A távvezetékek tervezésére vonatkozó szabványok 2014-ben módosultak, bevezetésre került az európai CENELEC szabvány, és elkészült hozzá – ideiglenes jelleggel – a nemzeti kiegészítéseket tartalmazó előszabvány.

Az új szabvány csak az új távvezetékekre vonatkozik, nincs visszamenőleges hatálya.

# Megbízhatóság központú szabvány

Ország	Min. ismétlődési idő (év) (eltérés projektspecifikációban)
Olaszország	50
Szlovákia	50
Norvégia	50
Lengyelország	150 (eltérési lehetőséggel)
Finnország	50, 150, 500 fontosság szerint
Észtország	50, 150, 500 fontosság szerint
Németország	500 (mindig)
<b>Magyarország</b>	<b>50</b>

Az új szabvány megbízhatóság alapú megközelítést alkalmaz, legalább 50 éves visszatérési idejű hatások figyelembe vételét írja elő a méretezések során, és lehetővé teszi magasabb, 150 vagy 500 éves visszatérési idejű biztonsági szint választását. Érdeemes áttekinteni, milyen módon járnak el ezen a téren egyes országok.



# Elméleti túllépési valószínűségek (közelítő értékek)

Visszatérési idő ( év)	50	150	500	1000
1 év alatti túllépés valószínűsége	0.02	0.0067	0.002	0.001
50 év alatti túllépés valószínűsége	0.64	0.29	0.10	0.05

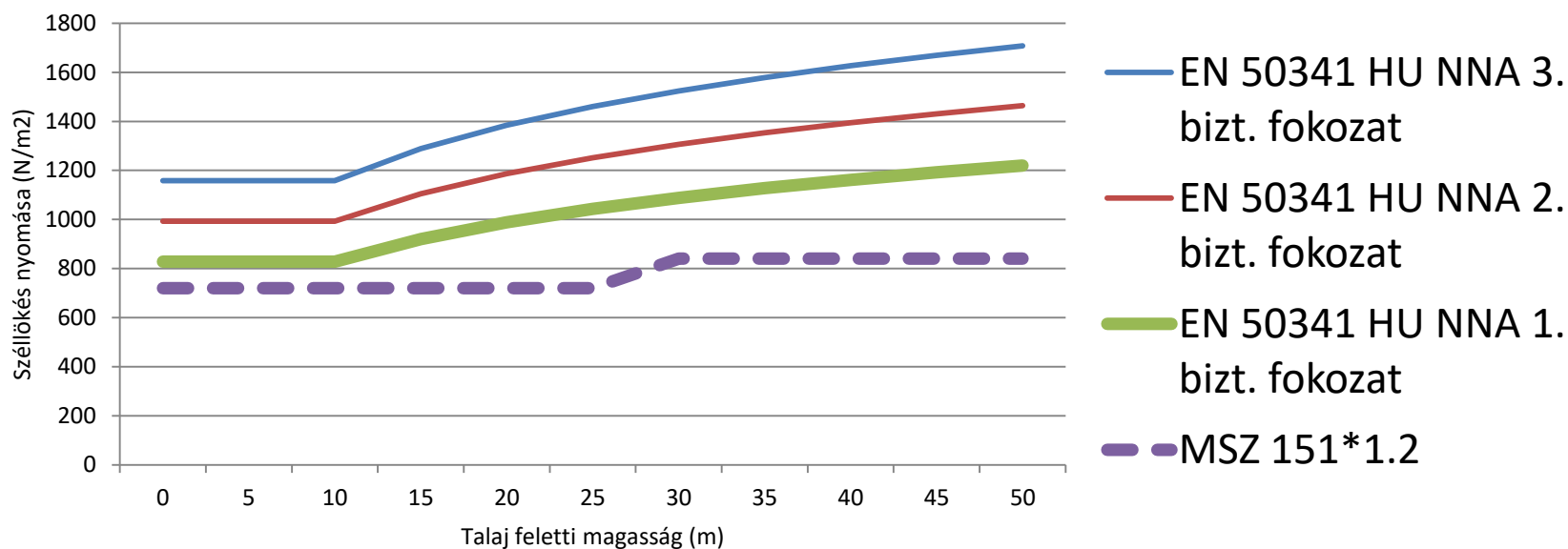
A táblázatok különféle visszatérési idők esetén mutatják, mekkora a valószínűsége a határérték túllépésének 1 év, illetve 50 év alatt.

Látható, hogy ha 50 éves visszatérési időt választunk a méretezéshez, akkor nagyon valószínű a határérték túllépése a szabadvezeték 50 éves élete alatt. Ha jelentősen le akarjuk csökkenteni a túllépés valószínűségét, akkor az 500...1000 éves visszatérési időt kell választanunk.

A korábbiakban bemutatott francia, szlovén, illetve kanadai üzemzavarok esetén az időjárási hatások visszatérési ideje kb. 150 év volt.

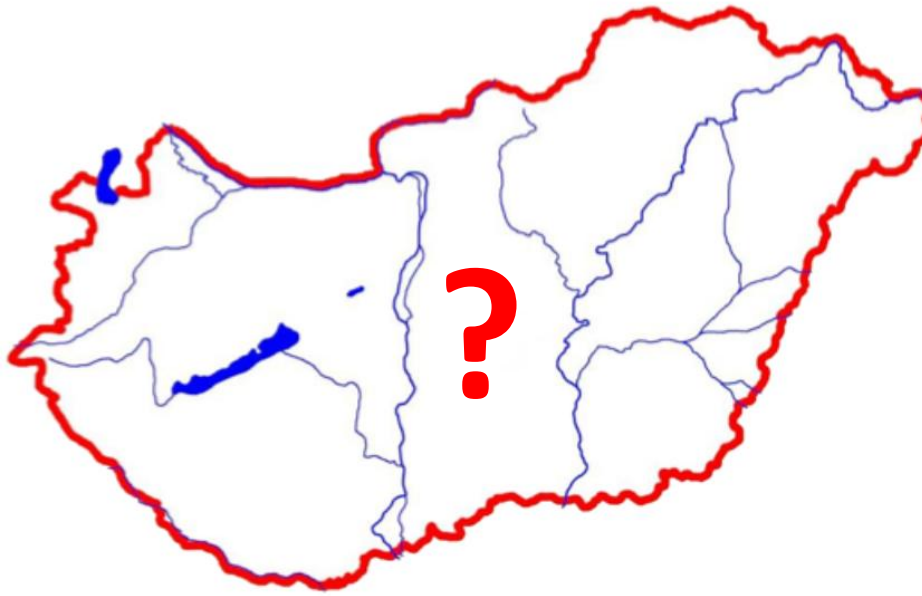
# Szélesebesség

Szellökés nyomása a talaj feletti magasság függvényében  
(10 m-en 23.6 m/s 10 perces alap-szélesebesség, II. tereposztály, sík terep)



A grafikon szaggatott vonala a 2014 előtt tervezett távvezetékeknél figyelembe vett szélnyomást mutatja a magasság függvényében, a folytonos vonalak a jelenlegi szabványban meghatározott biztonsági fokozatokhoz tartozó szélnyomásokat mutatják. Érthető, hogy a régi szabvány szerint tervezett távvezetékek teherbírása nem éri el a jelenleg előírt szintet (aminek a további növelésére lenne szükség a mérési adatok előzetes vizsgálata alapján). Szükség van országos széltérképre, figyelembe véve a mérési adatokat, illetve a közép- és hosszú távú előrejelzéseket.

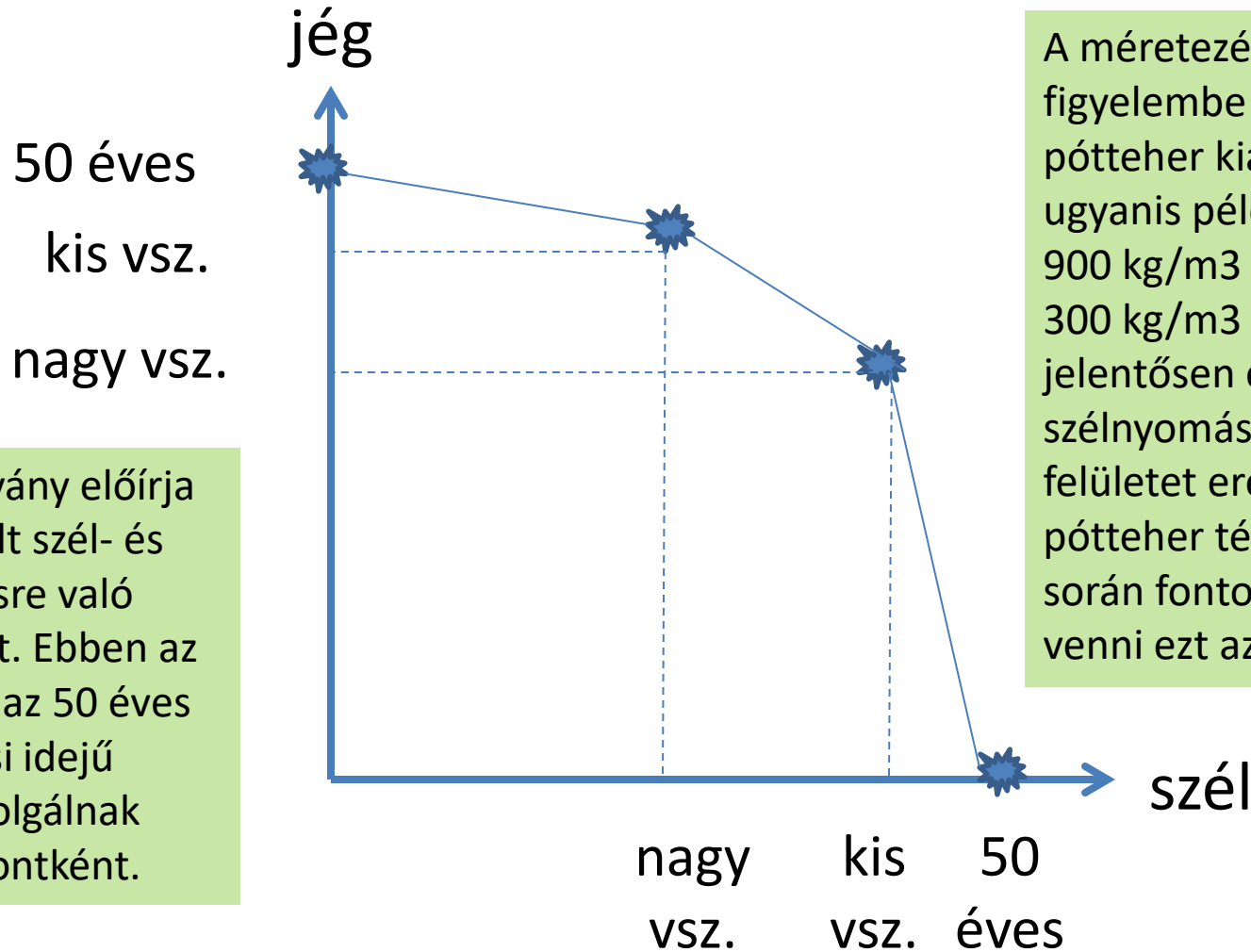
# Hó, jég, zúzmara



A pótterhekre vonatkozó adatok meglehetősen korlátozottan állnak rendelkezésre. Más megoldás híján a korábbi szabvány előírásai kerültek be a jelenleg hatályos szabványba. Szükség lesz a pótterhekre vonatkozóan is országos térképre, figyelembe véve a mért adatokat és az előrejelzéseket. A kockázatértékeléshez fontos információ az érintett területek várható nagysága.

E munka során fontosnak tartjuk a különféle nemzetközi szakmai szervezetek e témakörben végzett távvezeték-specifikus eredményeinek hasznosítását. Felmerülhet a figyelőállomások bővítésének szükségessége, ez külön vizsgálatot igényel.

# Szél- és jégterhelések szemléltetése



A méretezés során figyelembe kell venni a pótteher kialakulási módját, ugyanis például a tiszta jég  $900 \text{ kg/m}^3$  és a tapadó hó  $300 \text{ kg/m}^3$  fajsúlya jelentősen eltérő nagyságú szélnyomásnak kitett felületet eredményez. A pótteher térkép készítése során fontos figyelembe venni ezt az igényt.

Az új szabvány előírja a kombinált szél- és jégterhelésre való méretezést. Ebben az esetben is az 50 éves visszatérési idejű értékek szolgálnak kiinduló pontként.

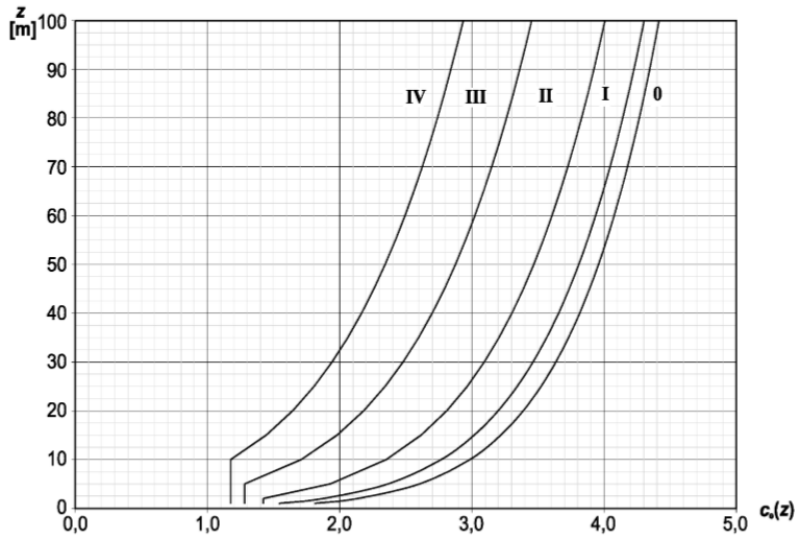
# Nagy intenzitású lokális szelek



A hatályos szabadvezetékes szabvány nem ad előírásokat a nagy intenzitású lokális szelek okozta terhelések figyelembe vételére, ugyanakkor több üzemzavar is ilyen jelenségre vezethető vissza.

Mindenképpen szükségesnek tartjuk az előfordulás gyakoriságára és intenzitására vonatkozó adatok megismerését, hogy ezek alapján vizsgálható legyen az igénybevételek figyelembe vételének lehetősége és indokoltsága.

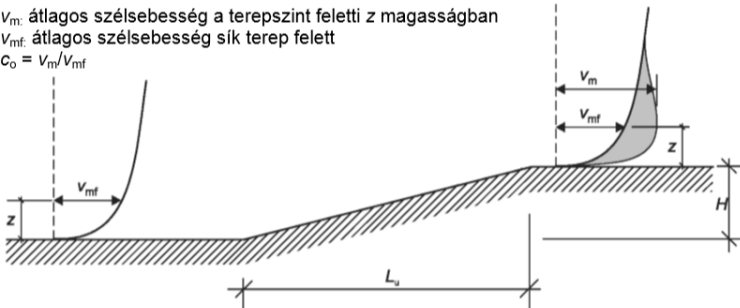
# Domborzat, felszín



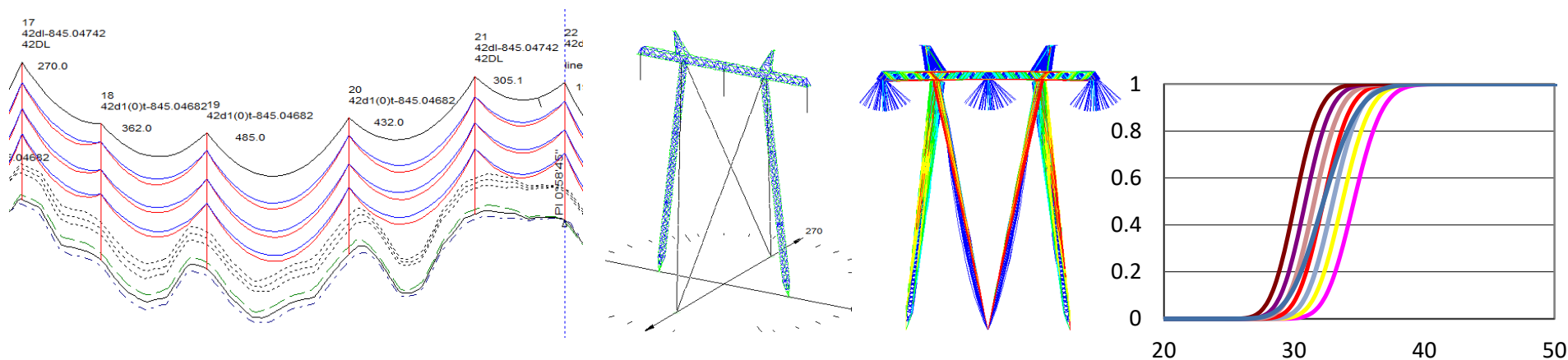
A domborzat és a felszín jelentős hatást gyakorol a szélességekre alakulására. Ezek korábban nem kerültek figyelembe vételre a távvezetékek méretezése során, de a pontosabb számításokhoz szükségesek lesznek.

A felszínre és a domborzatra vonatkozó adatok túlnyomó része viszonylag könnyen előállítható a szabadvezetékek dokumentációjának felújítása és szabványosságuk ellenőrzése kapcsán végzendő helyszíni felmérések során. Ésszerű ezért szorosán koordinálni a klímaváltozással kapcsolatos kockázat-elemzési projektet a távvezetési dokumentációk felújításával, hiszen az elkészítendő távvezetési modellek is jelentős mértékben átfedik egymást, ami révén csökkenthetők a költségek.

$V_m$ : átlagos szélesség a terepszint feletti  $z$  magasságban  
 $V_{mf}$ : átlagos szélesség sík terep felett  
 $c_0 = V_m/V_{mf}$



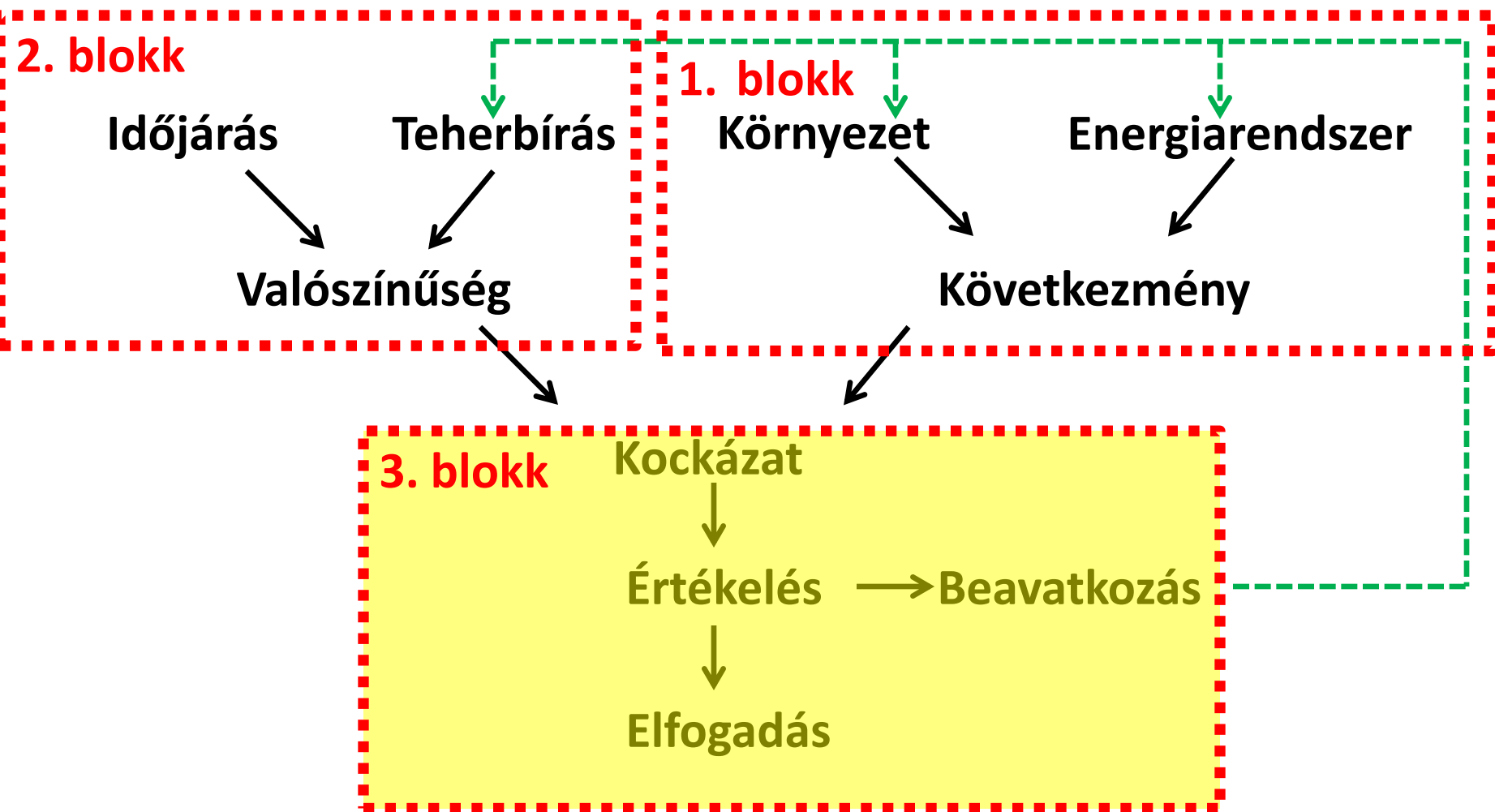
# Erő, teherbírás, meghibásodási valószínűség



A meghibásodási valószínűségek számításához a következő fő lépésekre van szükség:

- Komplet távvezetékre vonatkozó sodronymechanikai modell készítése
- A helyileg figyelembe veendő időjárási hatások meghatározása (domborzat, felszín)
- A fellépő erők számítása
- Az egyes oszlopok és alapok részletes statikai modelljeinek elkészítése
- Az egyes elemek terhelésének és kihasználtságának számítása
- A kritikus elemek azonosítása, sérülékenységi görbéik meghatározása
- Az oszlopok és alapok meghibásodási valószínűségének számítása/beclése
- Egyszerűsített eljárás kidolgozása a nagy számú vizsgálat elvégezhetősége érdekében

# 3. blokk



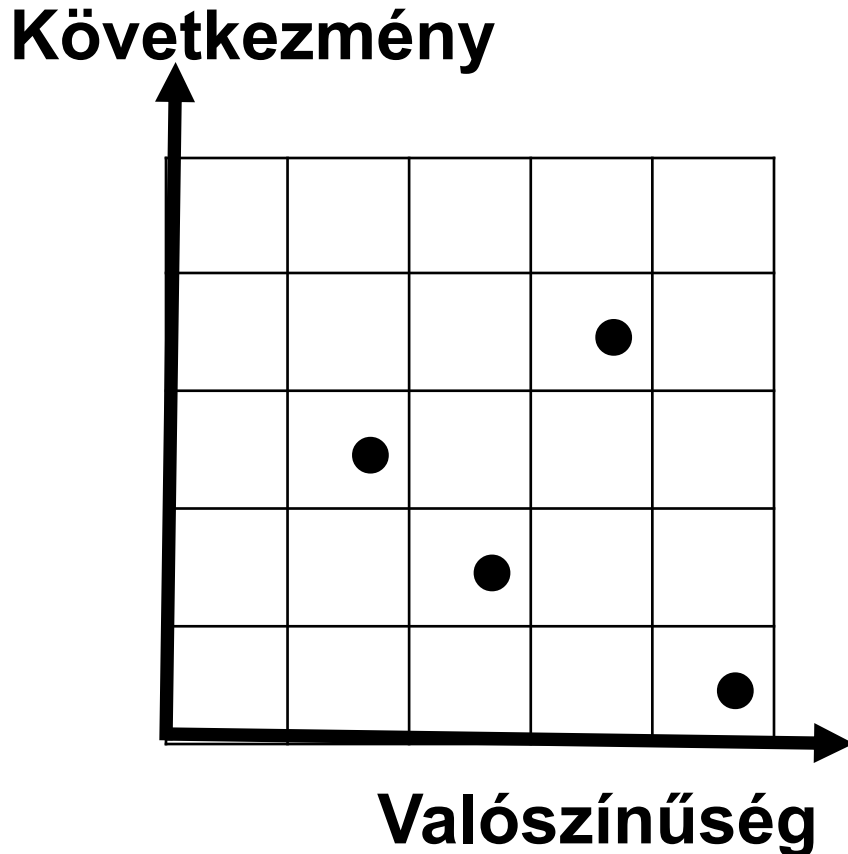


# Nem független események

Évi 1 % valószínűséggel meghibásodó két távvezeték kialakítása	Az egyidejű hiba valószínűsége
Térben és energetikailag függetlenek	0.01*0.01
Azonos nyomvonalon haladnak	0.01
Külön nyomvonalon haladnak, de az egyik kikapcsolódása a másik kikapcsolódásával jár	0.02

Fontos feladat a különféle események közötti esetleges kölcsönhatások felismerése, a közös okra visszavezethető üzemzavarok azonosítása, a térbeli elrendezésből és a villamos kölcsönhatásokból fakadó hatások egyidejű vizsgálata.

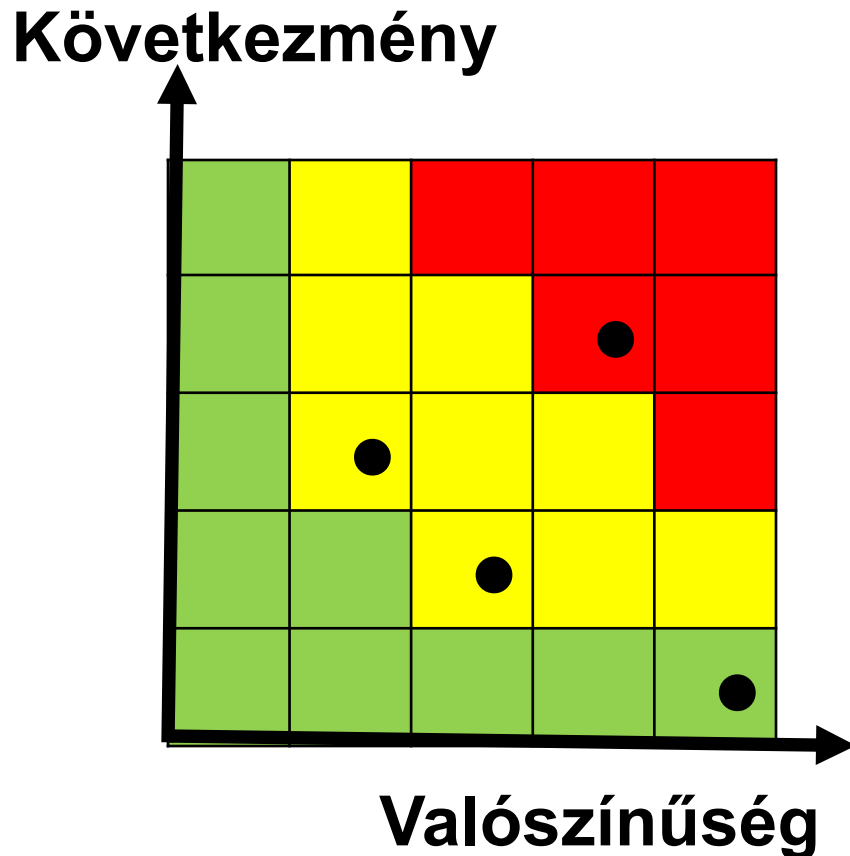
# Kockázatok felismerése és számítása



A kockázatokat a valószínűségek és a következmények szorzataként értelmezzük. Az alkalmazási céloktól és feltételektől függően a következmény lehet például a bekövetkező közvetlen kár, vagy kiegészítve ezt a tágabb értelemben vett következményi károkkal, de ki lehet fejezni kiesett villamos energiában, az érintett fogyasztók számában, stb. Egy érdekes megközelítés szerint a következmények súlyosságát a kiesett teljesítmény (GW), az érintett fogyasztók száma (millió fő), és az üzemzavar hossza (óra) szorzatának logaritmusa alapján határozzák meg, így téve összehasonlíthatóvá az eseményeket.

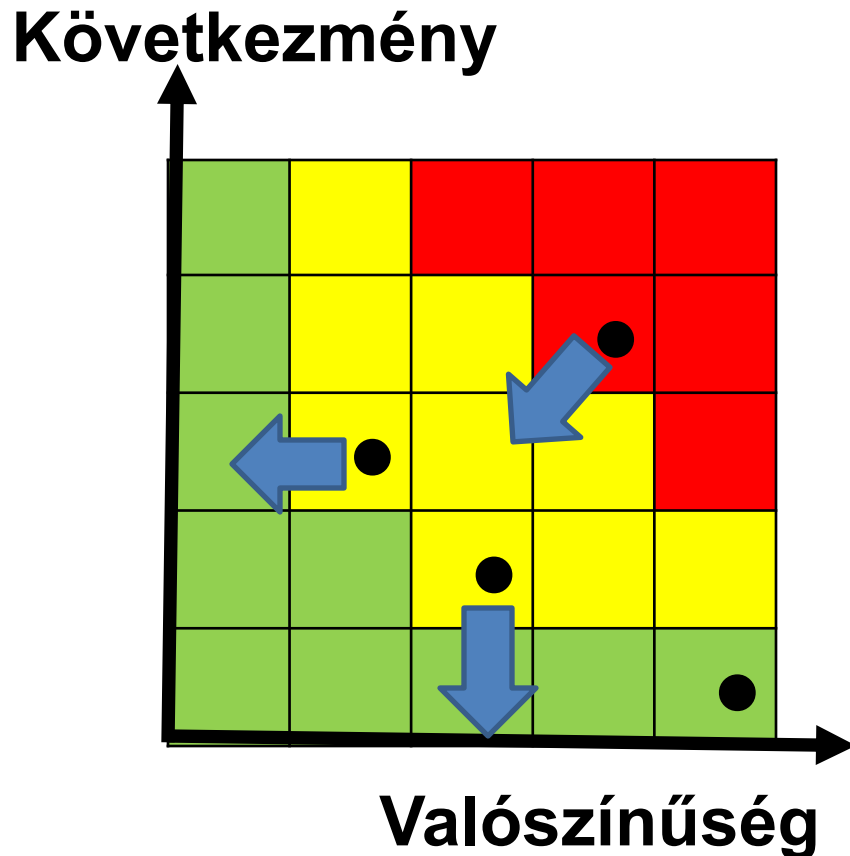
Érdekességként említjük meg a New Yorkban 1977-ben bekövetkezett üzemzavar elemzésének eredményét, miszerint a keletkező kár 100-szorosa volt a kiesett villamos energia árának.

# Kockázatok minősítése



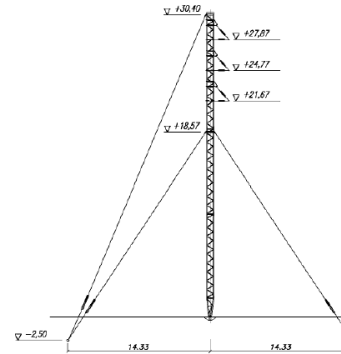
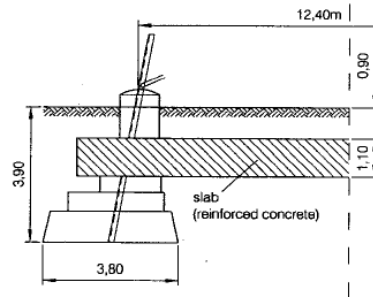
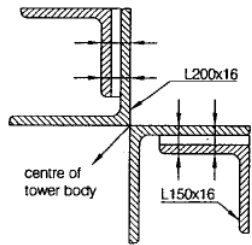
A kockázatokkal kapcsolatos vélemény kialakulása, illetve a célok megfogalmazása számos objektív és szubjektív tényezőnek a függvénye. Szakmai, ipari, hatósági, politikai, stb. vélemények figyelembe vételével kell majd kialakítani az elvárásokat.

# Kockázatok módosítása



Az ábra azt érzékelteti, hogy a kockázatok módosítása elvileg lehetséges a valószínűségek csökkentésével, a következmények csökkentésével, vagy ezek kombinációjával.

# Beavatkozási módok



Számos beavatkozási lehetőség áll rendelkezésre, mint például a meglévő oszlopok és alapok megerősítése a meghibásodási valószínűség csökkentése érdekében, könnyen szerelhető ideiglenes üzemzavari oszlopok alkalmazása az üzemzavari időtartam rövidítése érdekében, vagy új távvezeték építése az energetikai zavarok kialakulásának megelőzésére.

# Optimális beavatkozási mix keresése

Beavatkozási  
módok

Peremfeltételek  
(pl. kikapcsolási  
lehetőség,  
állapot)

Értékelés (költség,  
időigény,  
funkciók, stb.)

Konkrét megoldások tervezése során első lépésben felmérjük a szóba jövő módokat.

A műszakilag megfelelő módok esetén megvizsgáljuk, hogy rendelkezésre állnak-e az alkalmazásukhoz szükséges peremfeltételek. Kritikus tényező például a kikapcsolások szükséges időtartama. Értelemszerűen fontos a távvezetési szerkezetek állapota is.

Végül értékeljük a lehetséges változatokat a költségek, kivitelezési időigény, a hálózat átalakulásával létrejövő vagy elvesző funkciók, stb. szempontjából.

E munka során is fontos a rendszer-szemlélet következetes érvényesítése.

# Lehetséges ütemezés (becslés)

Modell alkotás,  
felmérés,  
számítás: kb. 2  
év

Kiviteli tervezés,  
megvalósítás: kb.  
10-15 év

Járulékos előnyök,  
értékteremtés:  
folyamatosan

A kockázatok felmérésére és kezelésére vonatkozó stratégia kidolgozásának időigényét két évre becsüljük.

Nemzetközi tapasztalatok szerint a kockázatok csökkentésére szolgáló beavatkozások megvalósításának időigénye mintegy 10-15 év.

A projekt megvalósítása esetén számos járulékos előny is várható, mint például a tudatos kockázatkezelés kiterjesztése egyéb folyamatokra, a térinformatikai rendszer komplex használata, a digitális technikák és mesterséges intelligencia előnyeinek kihasználása, az időjárás-előrejelzés és mérési adatok felhasználásával kockázatbecslő rendszer fejlesztése.

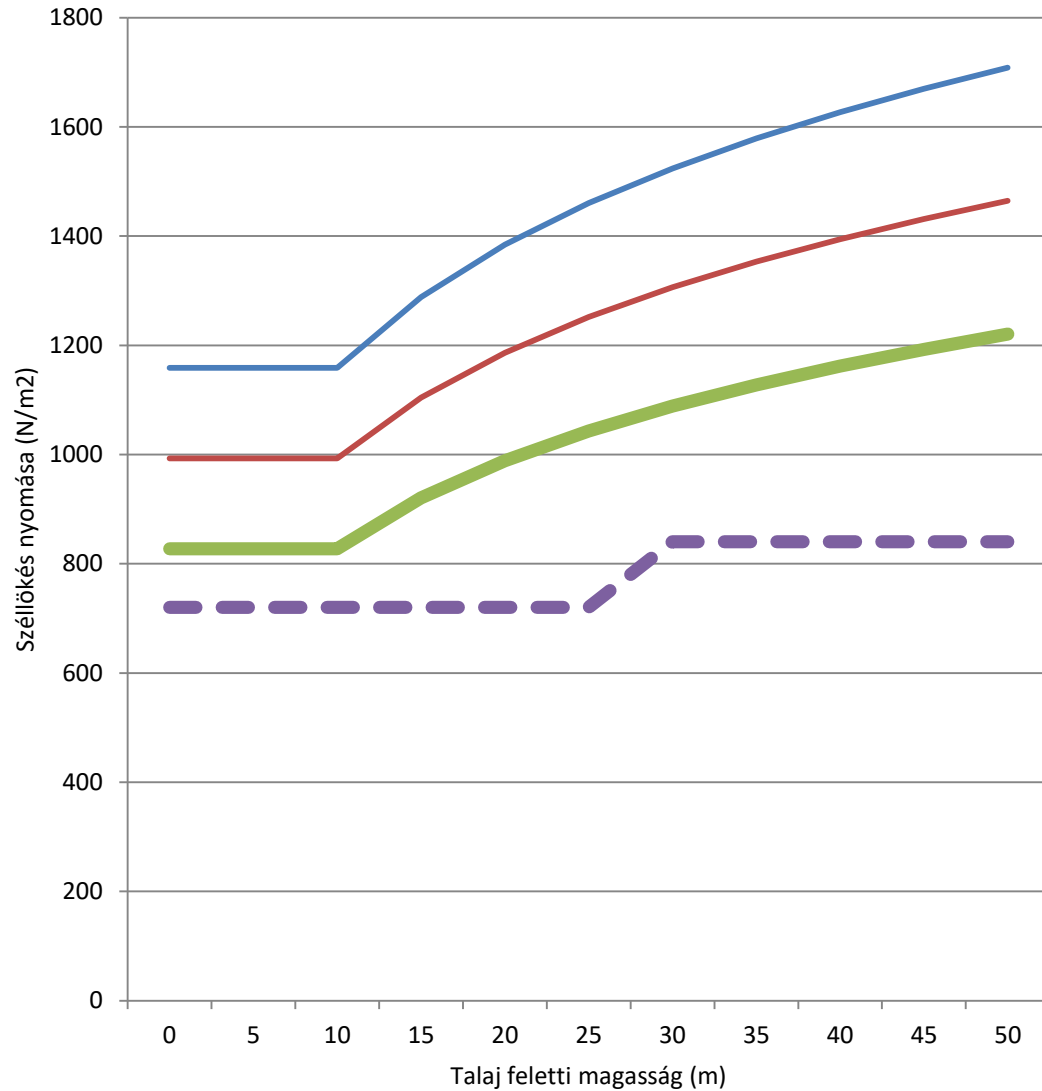
# Összefoglalás

A szélsőséges időjárás veszélyezteti a távvezetéseket.



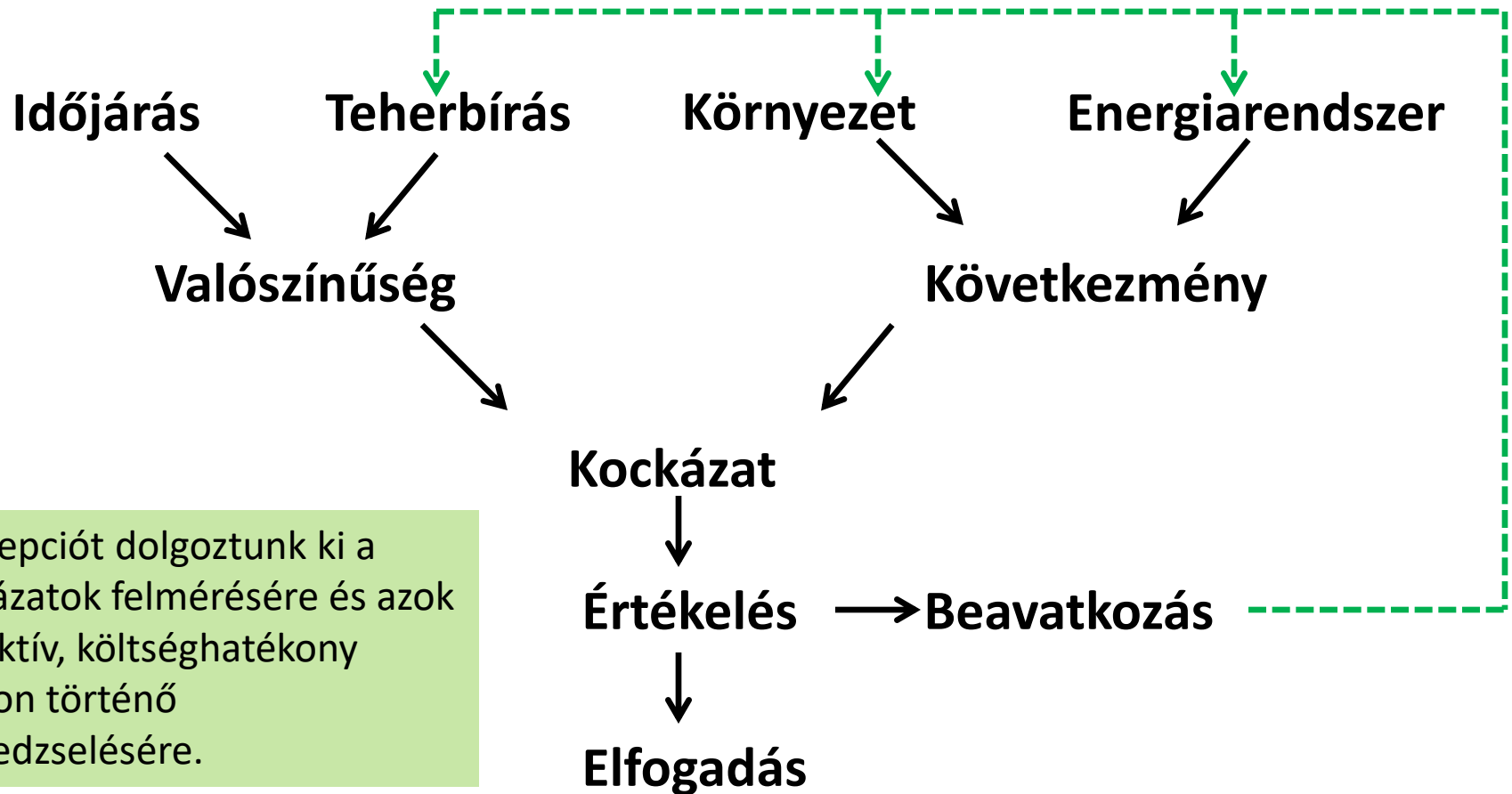


# Összefoglalás



A távvezetési hálózat nem a jelenleg tapasztalt környezeti hatásokra lett méretezve.

# Összefoglalás



Koncepciót dolgoztunk ki a kockázatok felmérésére és azok szelektív, költséghatékony módon történő menedzselésére.

# Összefoglalás

100 %-os biztonság nem érhető el. Minden bizonnyal lesznek kritikus helyzetek. Célunk és feladatunk a kockázatok felmérése és számottevő csökkentése.

