

10 FELÜGYELETI MONITOROZÁSMEGTERVEZÉSE

10.1 A felügyeleti monitorozás VKI szerinti feltételrendszere

10.2 Hibák és forrásaik a VKI szerint

A terepi körülmények között folyó vizsgálatok során a monitorozás eredményeként keletkező adatok mindig tartalmaznak hibákat. A monitorozás nem mindenhol és nem folyamatosan történik, a monitorozó rendszerek és a technikai berendezések, de az emberek sem tökéletesek. Az EU központi ajánlása, hogy a monitorozásban felhasznált módszerek megbízhatóságáról és pontosságáról becslést kell adnunk, hogy meghatározhassuk az osztályba sorolás megbízhatóságát és pontosságát. A téves víztest besorolás kockázatának csökkentése kulcsfontosságú, hiszen jelentős szakmai, pénzügyi és emberi erőforrásokat pazarolunk el, ha tévesen rosszabb kategóriába soroljuk be, vagy elmulasztjuk a beavatkozást, mivel a víztestet jobb állapotúnak könyveltük el, mint amilyen valójában (Tóthmérész, 2004).

A víztest számos ok miatt mutathat változatosságot attól függően, hogy azt milyen tényezők idézik elő. Ilyen tényezők lehetnek (ECOSTAT, 2003):

- A rövid távú, másodpercről-másodpercre, percről percre, vagy óráról órára érvényesülő változatosság.
- Napszakos mintázatok.
- Évszakos mintázatok.
- Hosszú távú trendek, ciklusok vagy véletlenszerű hatások, ide értve az évről évre ismétlődő változatosságot.
- Lépcsőszerű változások (véletlenszerű, ismétlődő vagy állandó).
- Vízmélység változatossága.
- Az adott helyszíntől függő, térbeli változatosság.
- Korreláció fizikai tényezőkkel és más biológiai tulajdonságokkal.
- Szériában jelentkező korreláció, mint például rossz hónapok vagy évek sorozata.
- Mérőműszerekből eredő eltérés vagy véletlenszerű hiba.
- Emberi hiba.

Amikor e dolgozatban a területi és időbeni változékonyságokból eredő hibáról teszünk említést, az összes fenti tényező együttes hatásait értjük alatta. A számításaink során nem volt cél az összes fent említett hibaforrás különválasztása, a monitorozási rendszer megtervezéséhez az „összes hiba” meghatározása volt a feladat. Ugyanakkor alább bemutatunk a mintavételi és mérési hibákból ízelítőt két szélsőséges esetben (fiziko-kémiai komponensek és makrozoobenton).

A hibák halmozódása oda vezethet, hogy hibás osztályba sorolást végzünk a monitorozáskor, ezért a domináns hibák mennyiségi jellemzése (standard hiba, hibahatárok, konfidencia intervallumok megadásával, stb.), valamint csökkentése elengedhetetlen a megfelelő mintavételi ponthálózat és –gyakoriság megválasztásával.

10.3 Mérési hiba

Az adatsorok vizsgálatát a mérési hiba számításával, a vízminőség-mérő szonda mérési pontosságának meghatározásával kezdtük. Egy helyen legalább 10 különálló mérést végezve megállapítható volt, hogy a vízminőség-mérő szonda hibája nagyon kicsi, paramétertől függően legfeljebb néhány százalék. A kémiai komponensek meghatározási hibája ugyan függ a koncentrációtól, de általában kicsi, 3% alatti. A hibát szabványokban előírt módszerek esetében pontosan ismertetik, azok az alsó mérési határ felé a nőnek.

A biológiai módszerek esetében a mintavételi és mérési ennél lényegesen nagyobb. Gondoljunk csak a fitoplankton vizsgálatokra, ahol néhány mikroliter vízmintából következtetünk a mintavételi hely jellemzőire. Minél gyakoribb egy faj, a megtalálásának valószínűsége annál nagyobb, de a ritka fajok gyakran nem kerülnek elő a mintából. Az összes algaszám, vagy az algabiomassa meghatározásának a hibája akár 30 %-os, vagy ennél nagyobb is lehet. Hasonló gondok adódnak a szabad szemmel is látható vízi világban is (makrofiton, hal, makrogerinctelenek). A következő fejezetben erre mutatunk be egy konkrét példát a makrogerinctelenek világából, amelyben a mintavétel „jelkiismeretessége” és a megtalált taxonok száma közötti összefüggést elemezzük rákos-pataki példán.

10.4 A fiziko-kémiai komponensek területi változékonysága

A továbbiakban mérési adataink felhasználásával elemezzük a teszterületek egy-egy kiválasztott víztestének részletes felméréséből származó eredményeinket. Elsősorban a kémiai változékonyság bemutatására helyeztük a hangsúlyt. A kiválasztott víztestek a következők voltak: a Rákos-patak budapesti, a Galga-patak Becske és Aszód közötti vízteste, és az Aranybánya-patak.

A monitorozás megtervezése során figyelembe kell venni a mintavételi pontok vízterre való reprezentativitását, különben a nyert adatok nem lesznek konzekvensek (Sanders et al, 1983). A patak víztestek részletes, feltáró elemzésének adatai alapján első lépésben megvizsgáltuk, hogy a patak jellemezhető-e egyetlen mintavételi ponttal. A részletes felmérés alkalmával sok (13-18) ponton vettünk mintát a víztesten számos komponensre. Ezt tekintettük alapsokaságnak a számításokhoz. Bár statisztikai szempontból alapsokaságnak a végtelen számú ponthalmaz lenne megfelelő, gyakorlati szempontból ez megvalósíthatatlan feladat, továbbá a pontok száma így is jóval több, mint amennyit az ilyen kisvízfolyásokon a gyakorlatban mérni lehet. Megvizsgáltuk, hogy a különböző komponensekre mekkora átlaghoz viszonyított hibaintervallum tartozik, ahol +/- 10%-on belül volt ez a tartomány 90%-os megbízhatóságon (100 mintából 90-re igaz), ott elég a teljes patakosszon egyszer mintázni a komponenst.

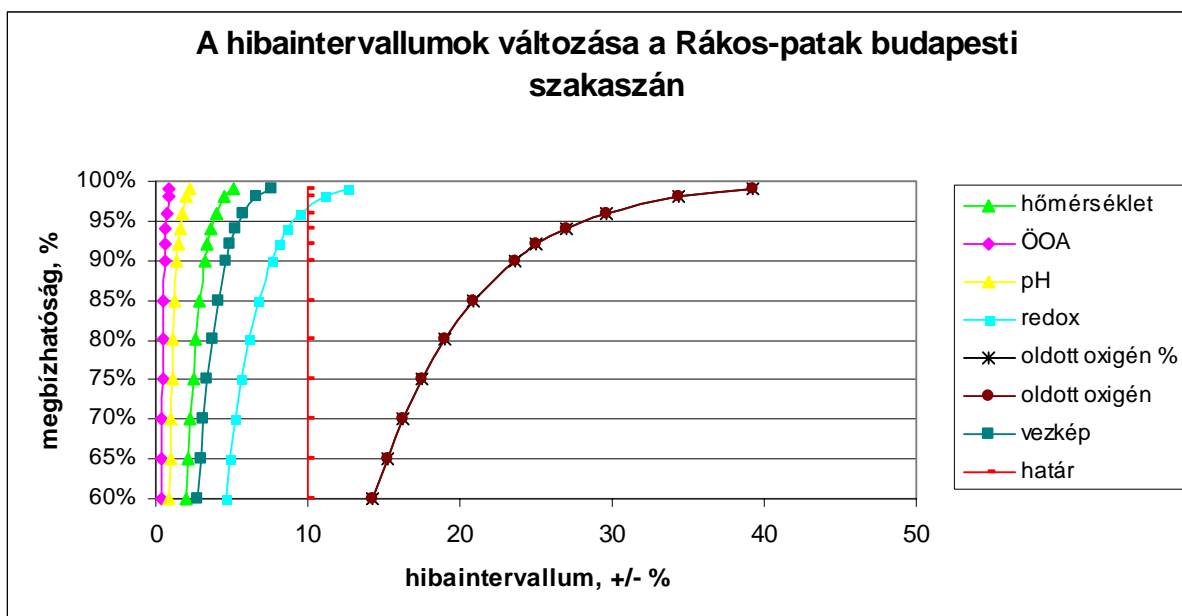
10.4.1 Rákos-patak

10.4.1.1 Mintavételi pontok számának meghatározása

Elsőként a Rákos-patak elemzésekor is megvizsgáltuk, hogy mekkora a hibaintervallum a kémiai paraméterek esetében akkor, ha a víztesten csak egy mintavételi ponton mérjük azokat. A helyszínen mért komponensek közül csak az oldott oxigén tartalom és az oxigén

telítettség haladja meg a szokásos 90%-os megbízhatósági szinten a +/- 10%-os hibahatárt. Így a hőmérséklet, a vezetőképesség, a pH, a redox-potenciál és az ÖOA tartalom mindössze egyetlen mérési pontot igényelnek (33. ábra).

33. ábra: A hibaintervallumok változása a Rákos-patak budapesti szakaszán egy mérési pont esetén

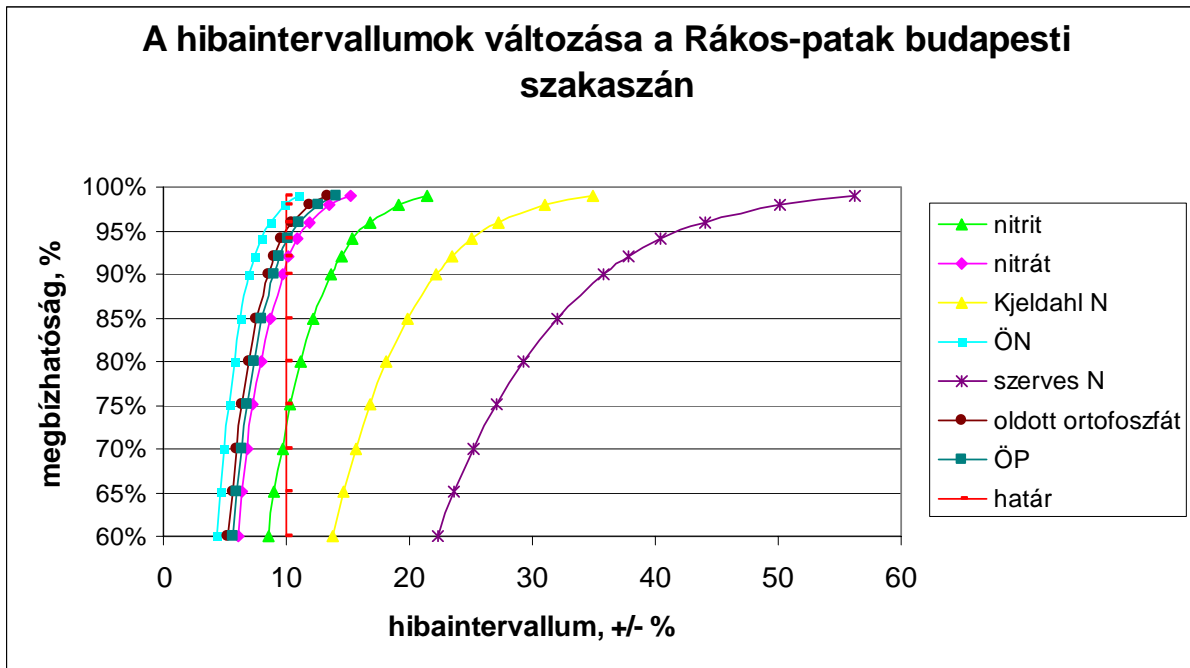


A többi kémiai paramétert vizsgálva már azt látjuk, hogy a nitrogénformák egy részét (34. ábra), valamint a szulfát-, az ammónium-ion- és a magnézium-ion koncentrációkat nem elég egy helyen mérni a patakon.

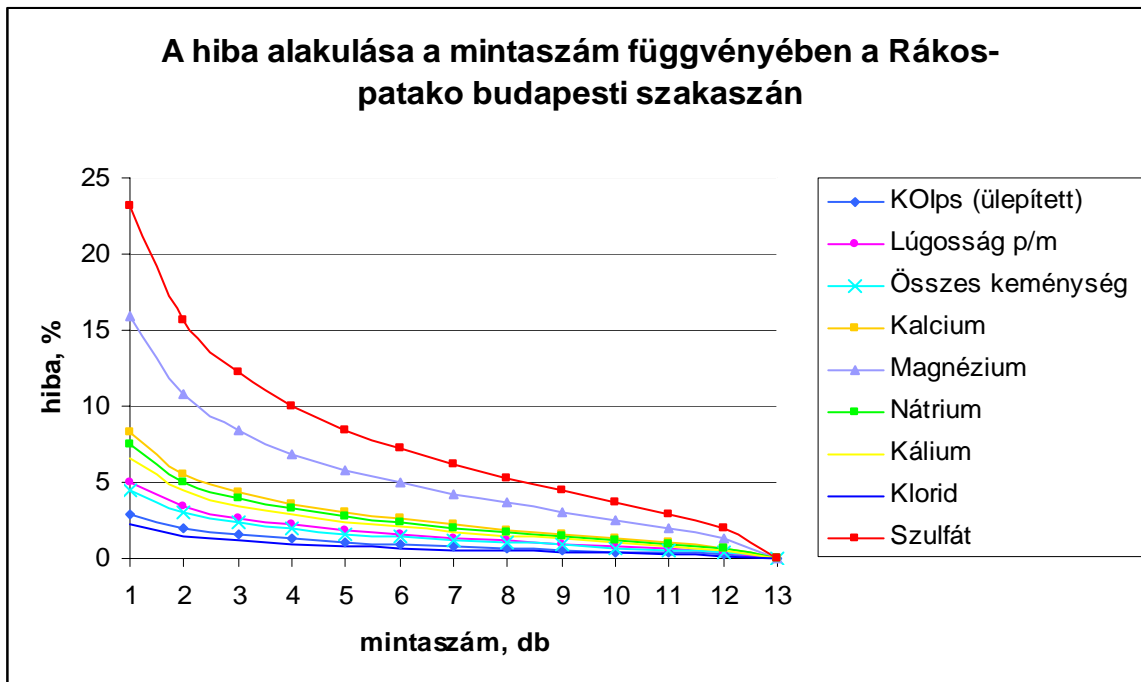
A mintaszámot emelve a hiba csökken az egyes paraméterekre a 35. ábra és a 36. ábra szerint. Az eredményeink azt mutatják, hogy 2-9 mintavételi pont kellene a víztesten. Ez meglehetősen nagy szám, a költséghatékonyság szempontja miatt optimalizálni kell a mintavételi pontok számát és az így adódó információvesztés mértékét.

Összegezve: A Rákos-patak budapesti szakasza viszonylag homogén, a helyszínen mérhető paramétereket (pH, vezetőképesség, oldott oxigén tartalom, ÖOA, hőmérséklet, redox-potenciál) egy helyen, a KOI_{ps} -t, a lúgosságot, a keménységet, a különböző ionokat 3-4 helyen kellene vizsgálni, de a nitrogén- és foszforformák akár 9 mintavételi pontot is igényelhetnek. Ez a mintavételi hely szám a másik két teszterülthez képest nem olyan nagy, ott a nitrogén- és foszforformákat közel annyi ponton kellene vizsgálni, ahány ponton a részletes felmérés alkalmával mintáztunk. A Rákos-pataknál ezen a víztesten a legtöbb mintázást igénylő komponens sem igényel 13 pontot, csupán 9-et. Mivel a VKI szempontjai szerint az oxigénháztartás elemei, a foszfor-és nitrogénformák kiemelten fontos paraméterek, a mintavételi ponthálózat meghatározásánál nem elhanyagolhatók, így a budapesti szakaszon sem egyszerűsödik le a kérdés azzal, hogy itt elegendő egy mintavételi pontot meghatározni.

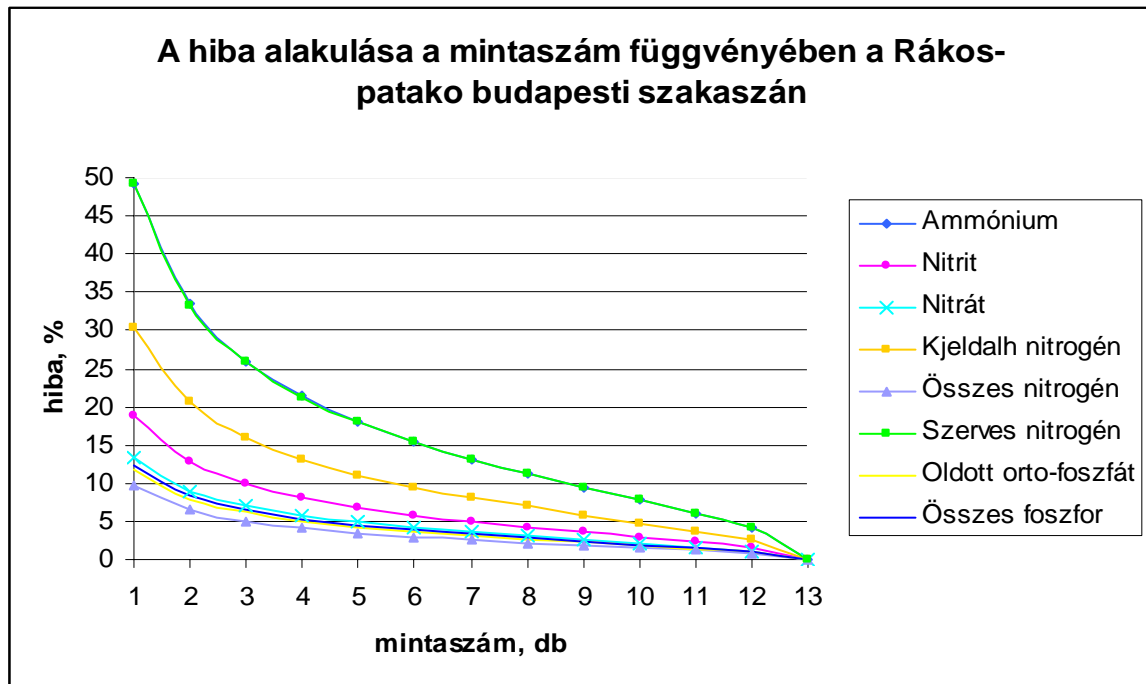
34. ábra: A hibaintervallumok változása a Rákos-patak budapesti szakaszán egy mérési pont esetén



35. ábra: A hiba alakulása a mintaszám függvényében a Rákos-patak budapesti szakaszán



36. ábra: A hiba alakulása a mintaszám függvényében a Rákos-patak budapesti szakaszán



10.4.1.2 Javaslat a mintavételi pontok kijelölésére

A mintavételi pontok és a pontonként mérendő vízminőségi komponensek optimális meghatározásakor a költségeket is figyelembe vettük. Ehhez a mintavételezések és labormunkák reális, 2004-es árait használtuk fel.

A vizsgált víztestre a hibahatárok betartásához szükséges mintavételi helyek számát az alábbi táblázatban ismertetjük. A másik két teszterülethez képest ezen a vízfolyás szakaszon sok olyan paraméter van, melyeket elég egy helyen mintázni. Néhányat kiemelve ilyen a hőmérséklet, a pH, a KOI_{ps} , az $ÖN$ tartalom. A másik két mintaterületnél a nitrogén- és foszforformák voltak kritikusak, itt a foszfort elég csak két helyen vizsgálni, a legtöbb mintázást igénylő ammónium-ion tartalom vizsgálatához is csupán kilenc mintavételi pontra van szükség (**68. Táblázat**).

A fenti adatok alapján lehetséges mintavételezési alternatívákat dolgoztunk ki azért, hogy a költségeket bemutassuk a mintaszám függvényében, és ezzel megkönnyítsük az optimalizálást.

A költségek becslését azzal a megszorítással végeztük, hogy nem kell minden egyes mintavételi ponton az összes komponenst megmérni. Tehát ha az egyik komponens miatt összesen mondjuk kilenc mintavételi pontot szükséges kijelölni, akkor ezt mind a kilenc ponton mérjük, míg azt a komponenst amelyet elég két helyen mérni, csak két helyen mérjük meg. Ez az úgynevezett "rétegzett mintavétel" jelentős költségmegtakarítást eredményezhet.

Alternatíva 1: Egy mintavételi ponttal jellemezzük a víztestet (RP5). Ebben az esetben tizenhárom paraméterre a hibahatár alatt maradunk, ahogy a fenti táblázat is mutatja. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: oldott

oxigén: 21%; ammónium-ion: 49%; nitrit-ion: 19%; nitrát-ion: 13%; Kjeldahl nitrogén: 31%; szerves nitrogén: 49%; oldott foszfát-ion: 12%; TP: 12%.

Összes költség: 70.000 Ft.

68. Táblázat: A szükséges mintavételi pontok száma komponensenként a Rákos-patak budapesti szakaszára (pirossal a VKI szerint fontosabb jellemzők)

Paraméter	Mintaszám	Paraméter	Mintaszám
Hőmérséklet	1	Nátrium	1
Oldott O ₂	4	Kálium	1
Vezkép	1	Klorid	1
ÖOA	1	Szulfát	5
pH	1	Ammónium	9
Redox	1	Nitrit	3
Lúgosság	1	Nitrát	2
KOI _{ps} (ülepített)	1	Kjeldahl nitrogén	6
Összes keménység	1	Összes nitrogén	1
Kalcium	1	Szerves nitrogén	6
Magnézium	3	Foszfát-ion	2
Összes foszfor	2		

Alternatíva 2: Két mintavételi pontot jelölünk ki, egyet az RP5-ös, egyet az RP3-as pontoknál. Ekkor az első alternatívában ismertetett komponenseken túl a foszforformák is a hibahatáron belülre kerülnek. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: oldott oxigén: 14%; ammónium-ion: 33%; nitrit-ion: 13% Kjeldahl nitrogén: 21%; szerves nitrogén: 33%.

Összes költség: 78.100 Ft

Alternatíva 3: Négy mintavételi ponton mérünk (RP17, RP11, RP5, RP3). Ekkor egyes nitrogénformák (ammónium-ion, Kjeldahl nitrogén, szerves nitrogén) kivételével minden paramétert elegendő ponton vizsgálunk. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: ammónium-ion: 26%; Kjeldahl nitrogén: 16%; szerves nitrogén: 26%;

Összes költség: 90.400 Ft

Alternatíva 4: Hat mintavételi pontot jelölünk ki (RP17, RP11, RP9, RP5, RP3, RP1). Ebben az esetben csak az ammónium-ion koncentrációt nem mértük elegendő ponton. A felmerülő hiba: ammónium-ion: 15%;

Összes költség: 92.000 Ft

Alternatíva 5: Kilenc ponton veszünk mintát (RP17, RP15, RP13, RP11, RP9, RP5, RP3, RP2, RP1). Ebben az esetben minden komponens a hibahatár alatt marad.

Összes költség: 124.400 Ft

Összegezve: A Rákos-patak budapesti szakaszán az ammónium-ion koncentráció volt a legingadozóbb, e komponens miatt kell kilenc mintavételi pontot kijelölni a víztesten (5).

alternatíva). Ennek a ponthálózatnak az egy alkalommal történő mintavételezési költsége alig kétszerese (124.400 Ft) az egy ponton (1. alternatíva) végzett mintavételezésnek (70.000 Ft).

10.4.1.3 Részösszefoglaló

A Rákos-patak budapesti szakasza viszonylag homogén, a terhelés hatása azonban szinte minden komponens görbén kirajzolódik a vízfolyás budapesti szakaszának második felén. A helyszínen mérhető paramétereket (pH, vezetőképesség, oldott oxigén tartalom, ÖOA, hőmérséklet, redox-potenciál) egy helyen, a KOI_{ps} -t, a lúgosságot, a keménységet, a különböző ionokat 3-4 helyen kellene vizsgálni, de a nitrogén- és foszforformák akár 9 mintavételi pontot is igényelhetnek. Ez a mintavételi-pont szám a másik két teszterülthez képest nem olyan nagy, ott a nitrogén- és foszforformákat közel annyi helyen kellene vizsgálni, ahány ponton a részletes felmérés alkalmával mintáztunk. A Rákos-patak budapesti szakaszának részletes vizsgálata alapján a víztestet biológiai komponensekre 5-17 ponton kellene vizsgálni. A feladat mind anyagi, mind emberi erőforrás-igénye miatt megvalósíthatatlan

Öt alternatívát dolgoztunk ki a kémiai mintavételi hálózatra, mindegyik esetben feltüntetve annak költségeit. Mivel a szükséges minimális mintaszám (mintavételi helyek száma) nagy, melynél minden komponensre tartható a hibahatár, olyan alternatívákkal is foglalkoztunk, melyeknél a javasolt mintavételi pontok száma kevesebb annál, ami a kitűzött megbízhatósági szint esetén szükséges lenne. Ezekben az esetekben feltüntettük a hibát a VKI szerint kiemelt komponensekre, melyet akkor vétünk, ha azt az alternatívát választjuk a költségtakarékosság miatt.

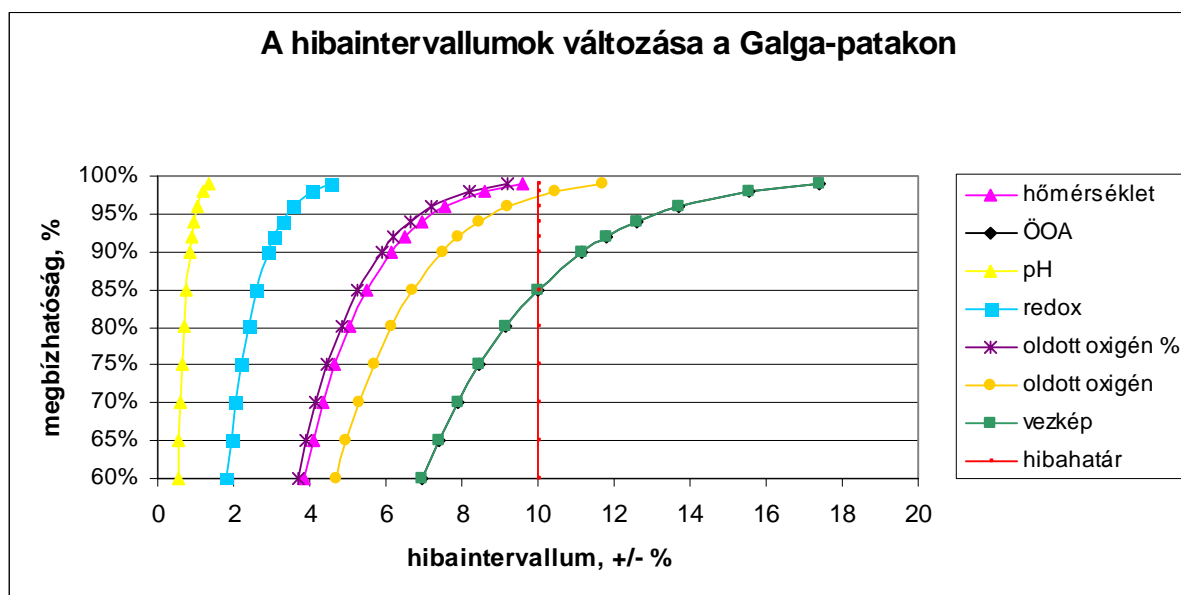
Létezik olyan megoldási lehetőség is a felmerült problémára, hogy víztestenként a legváltozékonyabb komponens szerint mintáztunk, majd a minták aliquot, vagy vízhozammal súlyozott mennyiségét összeöntve integrált mintát készítünk, és azt elemezzük mindegyik komponensre. Ebben az esetben a mintavételi költségek kis mértékben nőnek, de az elemzés költsége az 1. alternatívának felel meg (vagyis olcsó).

10.4.2 Galga-patak

10.4.2.1 Mintavételi pontok számának meghatározása

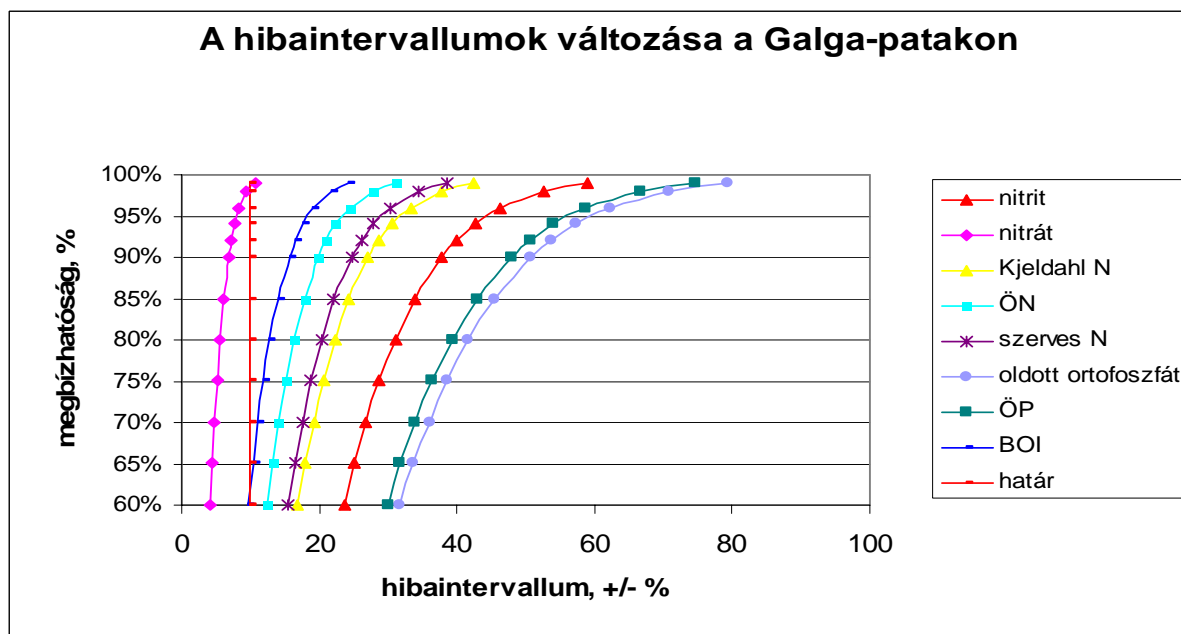
Ebben a fejezetben a Galga-patakon részletesen vizsgált víztestre vonatkozó elemzéseinket ismertetjük. A részletes kémiai vízfelmérés adatai alapján a Galga-patakon is megvizsgáltuk, hogy jellemezhető-e egy ponttal a patak feltárt vízteste a szokásos feltételekkel (90%-os megbízhatóságon, +/-10% hibahatárt megengedve). Az eredményeket a **37. ábra** szemlélteti. Látható, hogy a pH, a redox, az oldott oxigén, a hőmérséklet esetében a patak jellemezhető egyetlen mintavételi ponttal, a vezetőképességnél egy pont már kevés.

37. ábra: A hibaintervallumok alakulása a Galga-patakon egy mintavételi pont esetén a víztesten



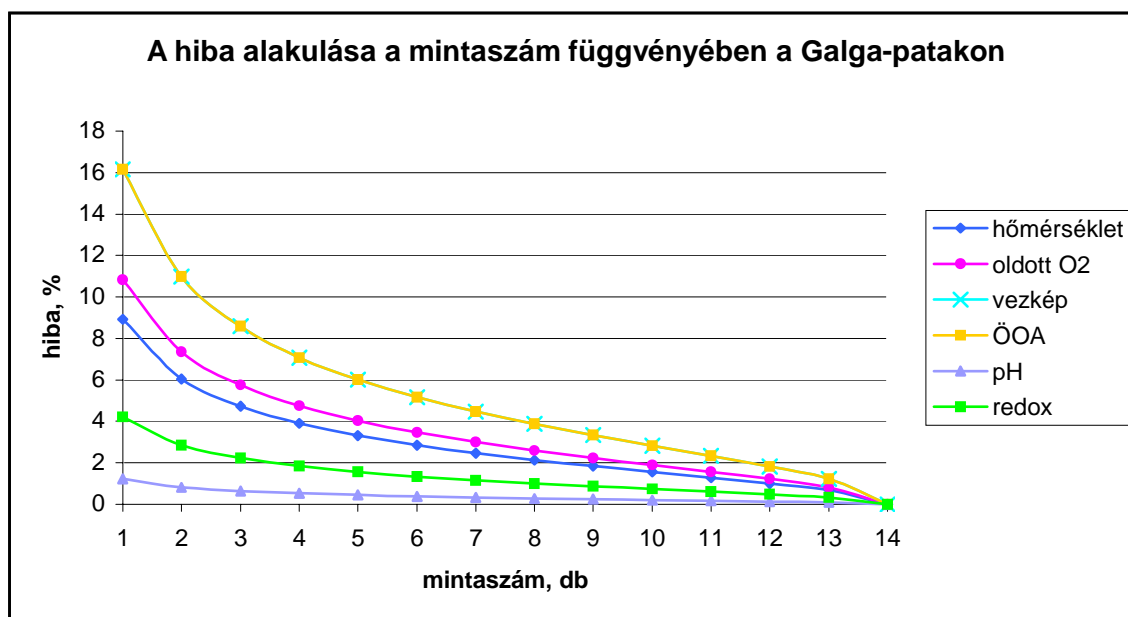
A többi kémiai paraméter esetében hasonló diagramokról az a következtetés vonható le, hogy a nitrát-iont kivéve egyetlen komponenst sem elég egy helyen mintázni (38. ábra).

38. ábra: A hibaintervallumok alakulása a Galga-patakon egy mintavételi pont esetén a vizsgált víztesten



Amely paramétereket nem elegendő egy helyen vizsgálni, azoknál megnéztük, hogy hogyan csökken a hiba a mintaszám emelésével. Az eredményeket a 39. ábra mutatja.

39. ábra: A hiba alakulása a mintaszám függvényében a Galga-patak kijelölt víztestén



A pH-t, a redox-potenciált, a vezetőképességet, a nitrát-iont elég egy helyen; az oldott oxigént kettőn; az ÖOA-t, Na-, a Ca-ion koncentrációt, a lúgosságot, az összes keménységet, a kloridot három; a K-iont, a KOI_{ps} -t öt; az TN-t hat; a Mg-iont, a szerves nitrogént hét; a Kjeldahl nitrogént, a szulfátot nyolc; a nitrit-iont tíz, a többi komponens tizenkét helyen kell mérni.

Összegezve: A kémiai adatsorokat vizsgálva az a következtetés vonható le, hogy a Galga-patakon egynél több mintavételi pont szükséges a részletesen vizsgált szakaszon. Vannak olyan komponensek, amelyeket térben elég lenne egyszer mintázni, de vannak olyanok is, melyek ingadozó koncentrációjuk miatt több, akár tizenkét ponton történő mintázást igényelnének.

A következő fejezetben különböző alternatívákat keresünk a mintavételi ponthálózat kialakítására az elemzések alapján azért, hogy az minél kevésbé legyen költséges, ugyanakkor a mérésekből minél több információ álljon rendelkezésünkre.

10.4.2.2 Javaslat a mintavételi pontok kijelölésére

A kémiai paraméterek esetében változó, hogy melyik hány ponton történő mintázást igényel, ezért alternatívákat dolgoztunk ki rétegzett mintavételezés feltételezése mellett arra, hogy hol és hány mintavételi pontot kijelölve mekkora költséggel jár a monitorozás. Az első alternatíva ismerteti az egy ponton történő víztest monitorozást, feltüntetve azt is, hogy azon komponenseknél, melyeket egynél több helyen kellene vizsgálni, mekkora hibát vétünk. Az ötödik alternatíva mutatja a VKI-nak megfelelő, ám megvalósíthatatlannak tűnő mintavétel-igényt és a költségeket.

A biológiai paraméterek vizsgálatánál arra az eredményre jutottunk, hogy a patakon vizsgált víztesten minden a részletes vizsgálatnál mintázott ponton szükséges lenne mintát venni.

Kiszámítottuk komponensenként, hogy a patak részletesen vizsgált víztestén hány mintavételi pont szükséges. Látható a **69. Táblázatban**, hogy van olyan komponens, melyet elég egyszer mintázni (pH, redox), de van olyan is, melyet 12 ponton szükséges mérni (ammónium-ion, foszforformák). Mivel ilyen nagy a szórás a mintaszámok tekintetében, rétegzett mintavétel alkalmazása célszerű, azaz minden paramétert annyi ponton mérünk a víztesten, ahányszor feltétlenül szükséges.

69. Táblázat: A szükséges mintavételi pontok száma komponensenként a Galga-patak részletesen vizsgált víztestén (pirossal: a VKI szerint kiemelt fontosságú komponensek)

<i>Paraméter</i>	<i>Mintaszám</i>	<i>Paraméter</i>	<i>Mintaszám</i>
Hőmérséklet	1	Kálium	5
Oldott O ₂	2	Klorid	3
Vezkép	3	Szulfát	8
ÖOA	3	Ammónium-ion	12
pH	1	Nitrit-ion	10
Redox	1	Nitrát-ion	1
KOI _{ps} (ülepített)	5	Kjeldalh nitrogén	8
Lúgosság	3	TN	6
Összes keménység	4	Szerves nitrogén	7
Kalcium	3	Foszfát-ion	12
Magnézium	7	TP	12
Nátrium	3		

A következőkben alternatívákat adunk meg a mintavételi hálózat kijelölésére a részletesen vizsgált víztest, azaz a Galga-patak Aszód és Nógrádkövesd közötti szakaszára. Mivel egyetlen víztest esetén nagyon költséges sok mintavételi pontot kijelölni a monitorozáshoz, vizsgálunk olyan lehetőségeket is, melyeknél nem teljesül minden VKI szerint kiemelt fontosságú komponensre a hibahatár betartása. Ezeknél a paramétereknél feltüntetjük a szükségesnél kevesebb mintaszám miatt elkövetett hiba mértékét.

Alternatíva 1: Egy mintavételi pont van a víztest G6-os pontjánál. (Ez a pont a szennyvízbevezetés előtt van, de már Galgamácsa után, így nem „nyúlunk” bele a szennyvízbe, és a település hatása is már kezd lecsengeni.) Ha egyetlen ponttal jellemezzük a víztestet, akkor a pH-t, a nitrát-iont, a redox-potenciált és a hőmérsékletet nagy biztonsággal meghatározhatjuk. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: oldott oxigén: 11%; KOI_{ps}: 24%; lúgosság: 17%; ammónium-ion: 77%; nitrit-ion: 55%; Kjeldahl nitrogén: 39%; TN: 29%; szerves nitrogén: 36%; foszfát-ion: 74%; TP: 69%.

Összes költség: 70.000 Ft

Alternatíva 2: Egy mintavételi pont van a víztest alsó határánál, egy a felsőnél, egy pedig Galgamácsa alatt. Ha három ponttal jellemezzük a víztestet, akkor a pH-t, a nitrát-iont, a redox-potenciált és a hőmérsékletet, a vezetőképességet, az ÖOA-t, az oldott oxigén tartalmat, a lúgosságot, a kalcium-, a nátrium-, a klorid tartalmat nagy biztonsággal meghatározhatjuk. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: KOI_{ps} : 13%; ammónium-ion: 41%; nitrit-ion: 29%; Kjeldahl nitrogén: 21%; TN: 15%; szerves nitrogén: 19%; foszfát-ion: 39%; TP: 37%.

Összes költség: 95.000 Ft

Alternatíva 3: Hat mintavételi pont van egyenletes távolságban egymástól a víztesten. Ha hat ponttal jellemezzük a víztestet, akkor a pH-t, a nitrát-iont, a redox-potenciált és a hőmérsékletet, a vezetőképességet, az ÖOA-t, az oldott oxigén tartalmat, a lúgosságot, a kalcium-, a nátrium-, a kálium-, a klorid tartalmat, a KOI_{ps} -t, az összes keménységet és az TN koncentrációt nagy biztonsággal meghatározhatjuk. A többi, VKI szerint kiemelt paraméter esetén a következő mértékű hibák lépnek fel: ammónium-ion: 25%; nitrit-ion: 18%; Kjeldahl nitrogén: 13%; szerves nitrogén: 12%; foszfát-ion: 24%; TP: 22%.

Összes költség: 117.600 Ft

Alternatíva 4: Tíz mintavételi pont van egyenletes távolságban egymástól a víztesten. Ha tíz ponttal jellemezzük a víztestet, akkor az ammónium-ion és a foszforformák kivételével minden kémiai vízminőségi paramétert nagy biztonsággal meghatározhatunk. Amely komponensekre nem elég tíz minta, azokra a következő mértékű hibák lépnek fel: ammónium-ion: 14%; foszfát-ion: 13%; TP: 12%.

Összes költség: 145.100 Ft

Alternatíva 5: Tizenkét mintavételi pont van egyenletes távolságban egymástól a víztesten. Ha tizenkét ponttal jellemezzük a víztestet, akkor minden kémiai vízminőségi paramétert nagy biztonsággal meghatározhatunk.

Összes költség: 154.600 Ft

Összegezve: Mivel a számításaink alapján a Galga-patakon részletesen vizsgált víztesten nem elegendő a kémiai vízminőségi paraméterek jó részére egyetlen mintavételi pont, kidolgoztunk néhány alternatívát a monitorozási pontok kijelölésére. Az alternatívák mellett feltüntettünk a felmerülő költségeket is. Főleg a nitrogén-, és foszforformák igényelnek sok mintavételi pontot, akár tizenkettőt. Az első alternatíva azt ismerteti, mekkora költséggel, mekkora hiba mellett lehet jellemezni a víztest minőségét, ha csak egy ponton veszünk mintát. Az ötödik alternatíva mutatja be a költségét annak az esetnek, amikor pontosan annyi ponton veszünk mintát, ahányat a komponensek változékonysága megkövetel (ez azonban nagyon költséges, közel 155.000 Ft, több mint kétszerese az első alternatívának). Létezik olyan megoldási lehetőség is a felmerült problémára, hogy víztestenként a legváltozékonnyabb komponens szerint mintázunk, majd a minták aliquot, vagy vízhozammal súlyozott mennyiségét összeöntve integrált mintát készítünk, és azt elemezzük mindegyik komponensre. Ebben az esetben a mintavételi költségek kis mértékben nőnek, de az elemzés költsége az 1. alternatívának felel meg (vagyis olcsó).

10.4.2.3 Részösszefoglaló

A Galga-patak vízminőségének alakulásán, főként a nitrogén- és foszforformák görbéin, jól kivehető a települések terhelésének és az aszódi szennyvíztisztító tisztított szennyvizének bevezetése. A legjelentősebb hatása az egyes kémiai paraméterekre Püspökhatvan, Galgamácsa és Aszód településeknek van. A kémiai adatsorokat vizsgálva az a következtetés vonható le, hogy a Galga-patakon egynél több mintavételi pont szükséges a részletesen vizsgált szakaszon. Vannak olyan komponensek, amelyeket térben elég lenne egyszer mintázni, de vannak olyanok is, melyek ingadozó koncentrációjuk miatt több, akár tizenkét ponton tröténő mintázást igényelnének. A pH-t, a redox-potenciált, a vezetőképességet, a nitrát-iont elég egy; az oldott oxigént kettő; az ÖOA-t, Na-, a Ca-ion koncentrációt, a lúgosságot, az összes keménységet, a kloridot három; a K-iont, a KOH_{ps} -t öt; a nitrogénformákat hat-tizenkét helyen kell mérni. Végül bemutattuk, miként alakul a mintavételi helyek számának növelésével az elkövetett hiba a különböző vízminőségi paraméterekre. Létezik olyan megoldási lehetőség is a felmerült problémára, hogy víztestenként a legváltozékonyabb komponens szerint mintázunk, majd a minták aliquot, vagy vízhozammal súlyozott mennyiségét összeöntve integrált mintát készítünk, és azt elemezzük mindegyik komponensre. Ebben az esetben a mintavételi költségek kis mértékben nőnek, de az elemzés költsége az 1. alternatívának felel meg (vagyis olcsó).

10.4.3 *Nagy-patak*

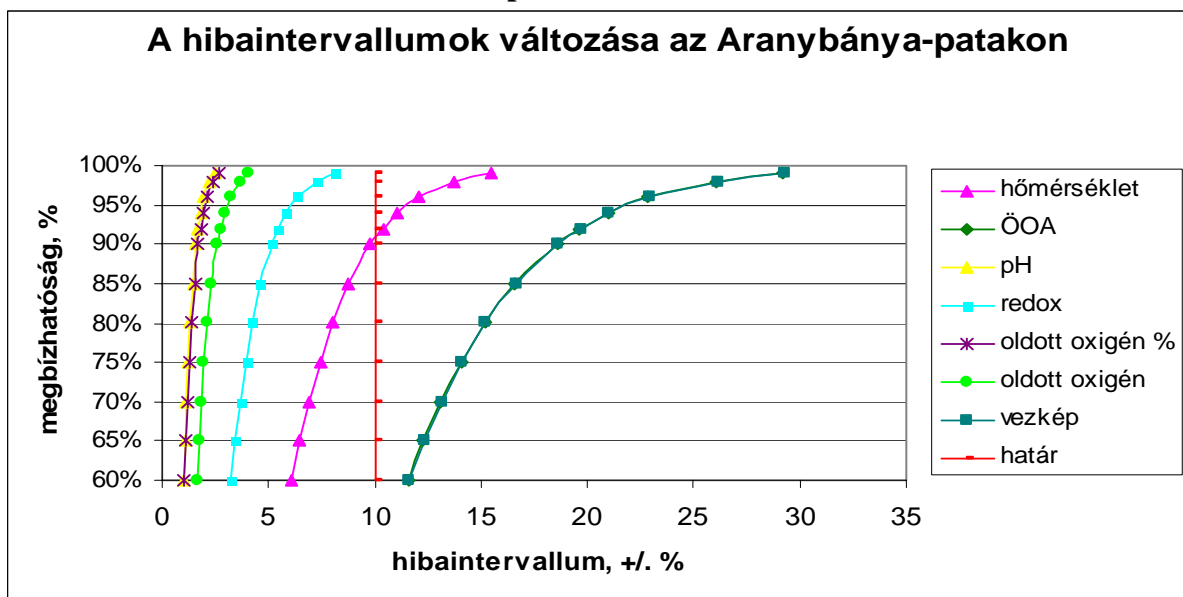
10.4.3.1 Mintavételi pontok számának meghatározása

Az Aranybánya-patak részletes mintavételeinek eredményeiből is az derül ki, hogy a hibaintervallumok paraméterfüggők. Jól láthatók az eltérések a szondával mért paraméterek esetében (**40. ábra**). Ha a pH és a vezetőképesség görbéit hasonlítjuk össze, látható, hogy például a 90%-os megbízhatósági szinten a kapott hibaintervallumaik mennyire eltérőek, a pH esetében csak $\pm 1,7\%$, a vezetőképességnél pedig ennek többszöröse $\pm 18,6\%$. A pH-ra jellemző, hogy a patakon 80 és 90%-os megbízhatóságnál is 2% alatti hibaintervallummal rendelkezik (vegyük figyelembe a pH skála logaritmikus voltát!). Hasonló görbéket láthatunk, valamivel nagyobb hibaintervallummal a százalékos oldott oxigén telítettség (1,7%) és az ÖOA (1%) esetében is. A redox-potenciál hibaintervallumai az említett megbízhatósági szinteken már nagyobb eltérést mutatnak 80%-nál 4,2% és 90%-nál 5,1%. A patak hőmérséklete és a vezetőképessége változik leginkább, a hőmérséklet 80%-os megbízhatósági szinten $\pm 8\%$ hibaintervallummal rendelkezik és 90%-nál pedig $\pm 9,8\%$ -nak adódik. A vezetőképesség hibaintervallumai ugyanezek a megbízhatósági szinteken $\pm 15,2\%$ és $\pm 18,6\%$.

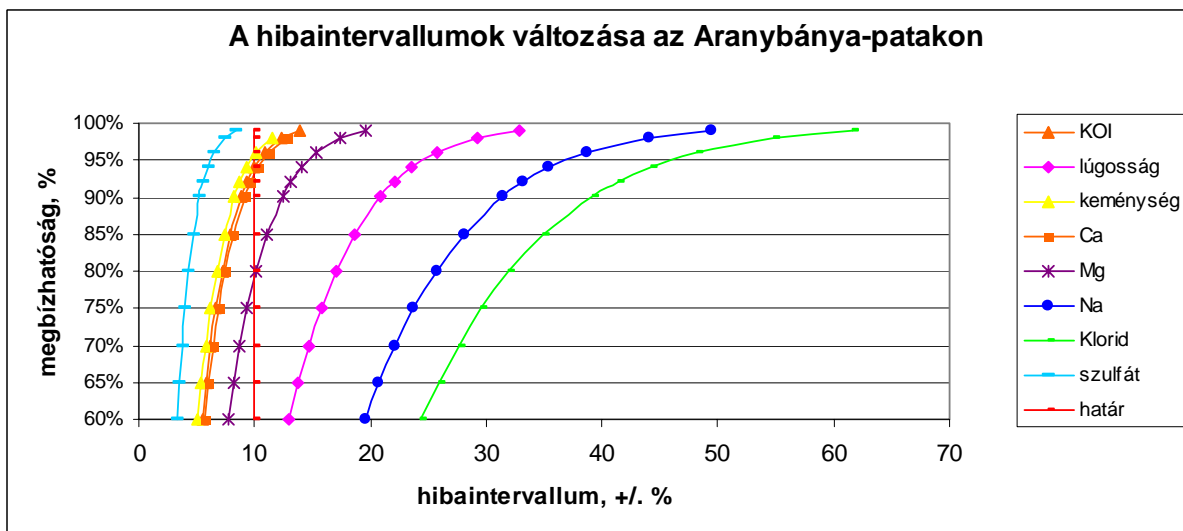
Hasonló eredményre jutottunk a többi kémiai paraméter vizsgálatánál is azzal a különbséggel, hogy az intervallumok még szélesebbek, akár $\pm 40\%$ -osak is lehetnek (**41. ábra** és **42. ábra**). A KOH_{ps} , az összes keménység, a szulfát, a Ca-, Mg-ionok már említett megbízhatósági szintjeihez tartozó hibaintervallumok $\pm 2,4\%$ és $\pm 10\%$ között mozognak. Ennél nagyobb intervallumok, $\pm 7,8$ és $\pm 22,4\%$ körül mozognak a lúgosság, Na-, Cl- és nitrát-ionok adatai. A Kjeldahl nitrogén, az TN és a szerves nitrogén hibaintervallumai a legnagyobbak, 80%-os megbízhatóságnál $\pm 25,6\%$ a legkisebb, 90%-nál pedig $\pm 84,3\%$ a

legnagyobb érték. A hibaintervallumok szélessége tehát az adott vízminőségi paraméter függvénye.

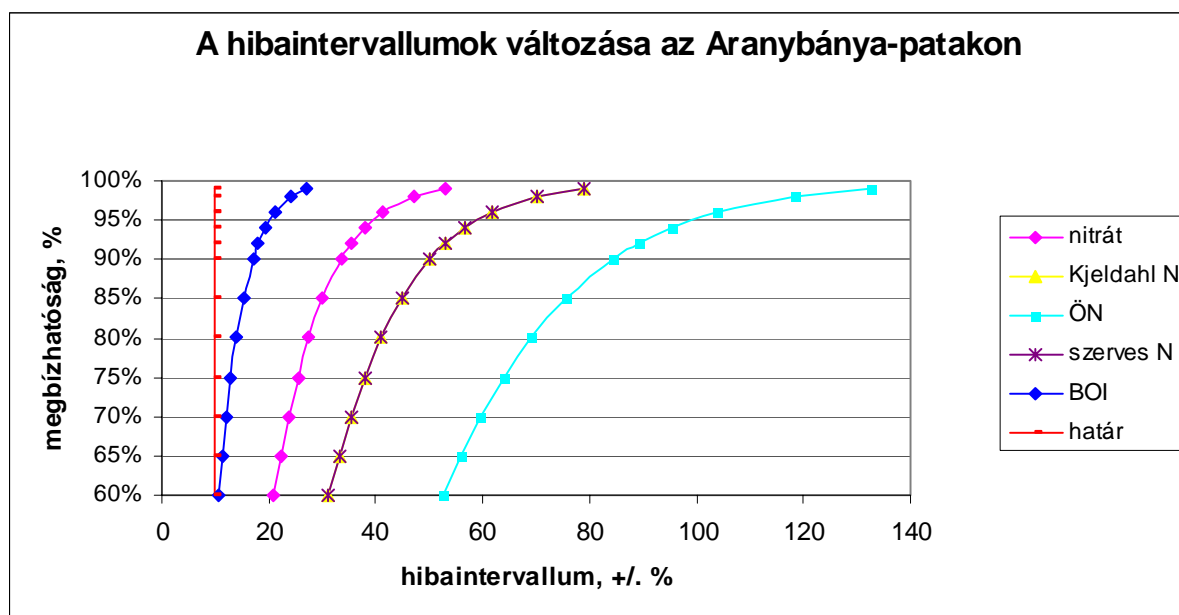
40. ábra: A hibaintervallumok alakulása az Aranybánya-patakon egy mintavételi pont esetén



41. ábra: A hibaintervallumok változása az Aranybánya-patakon egy mintavételi pont esetén



42. ábra: A hibaintervallumok változása az Aranybánya-patakon az egyes vízminőségi paraméterekre egy mintavételi pont esetén

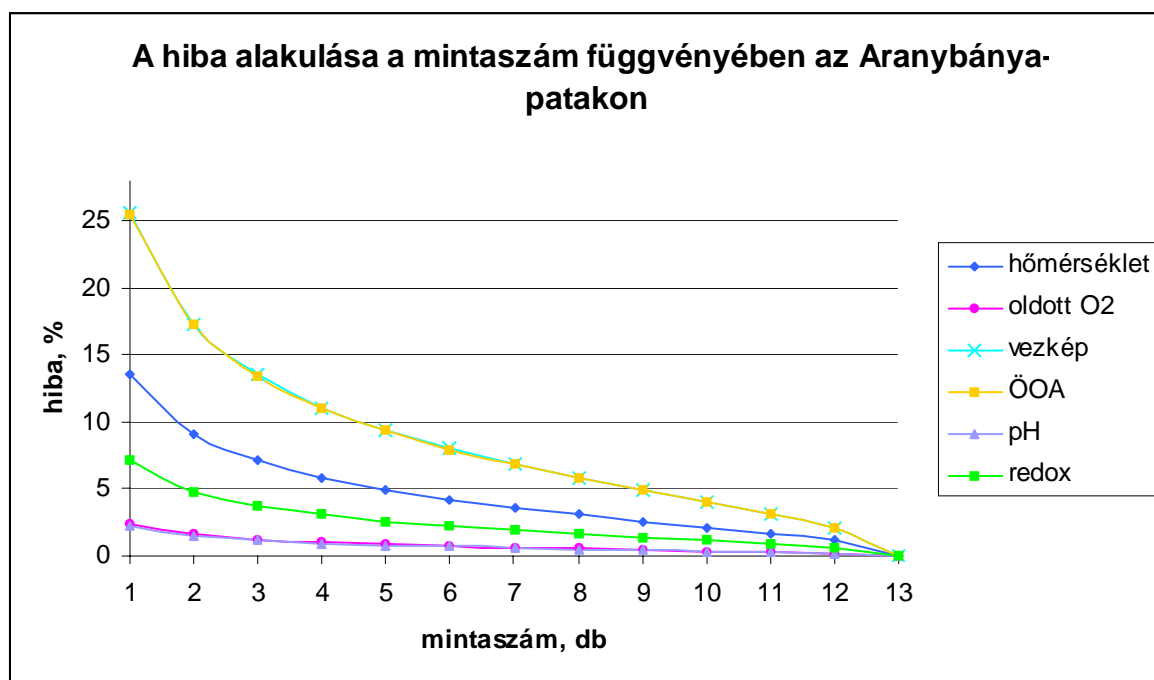


A vízminőség alapján történő osztályba sorolását alapul véve azt mondhatjuk, hogy az osztályok között a minőségbeli ugrás 20%-os. Ha ezt a 20%-os (+/- 10%-os) határt szabjuk meg a hibaintervallumoknál is, akkor azt kapjuk, hogy minden megbízhatósági szinten az e határ alatt lévő hibaintervallummal rendelkező komponenseket elég egy helyen mintázni egy adott időpontban a patak teljes hosszán. A fenti elemzésből kiderül, hogy minden megbízhatóságnál a 20%-os határ alatt vannak a következő komponensek, melyeket elég egy helyen mintázni: hőmérséklet, pH, redox-potenciál, oldott oxigén telítettség, ÖOA koncentráció, KOI_{ps}, összes keménység, Ca-, szulfátion koncentráció. A Mg-ion koncentráció csak a 90%-os megbízhatósági szinten haladja meg a határt, ezt a komponenst nem elég egy ponton mérni a patakon anélkül, hogy biztosak lennénk benne, a víz minősége nem váltott osztályt. A különböző nitrogénformák (Kjeldahl nitrogén, szerves- és TN), valamint a klorid, a Na-ionok és a lúgosság esetében semelyik megbízhatóság esetén nem elég egy mintavételezés a vízminőségi osztály pontos megállapításához, már a 70%-os megbízhatóságnál is meghaladja a 20%-os határt a hibaintervalluma.

Abban az esetben, ha nem a vízminőségi osztályba sorolás 20%-os (+/-10%-os) lépésközeit vesszük alapul, hanem ennél kisebb hiba határt szabunk meg, például 10%-ot (+/- 5%-ot), akkor a redox-potenciál, oldott oxigén telítettség, pH mérésére továbbra is elegendő az Aranybánya-patakon egyetlen mintavételi pont is.

A fenti számítások mutatják tehát, hogy mely komponenseknél jellemezhető egy ponttal az Aranybánya-patak, amelyeknél pedig nem elegendő egyetlen mérés, ott meg kell nézni azt, hogy miként csökken az elkövetett hiba a mintaszám növelésével a patak teljes hosszán.

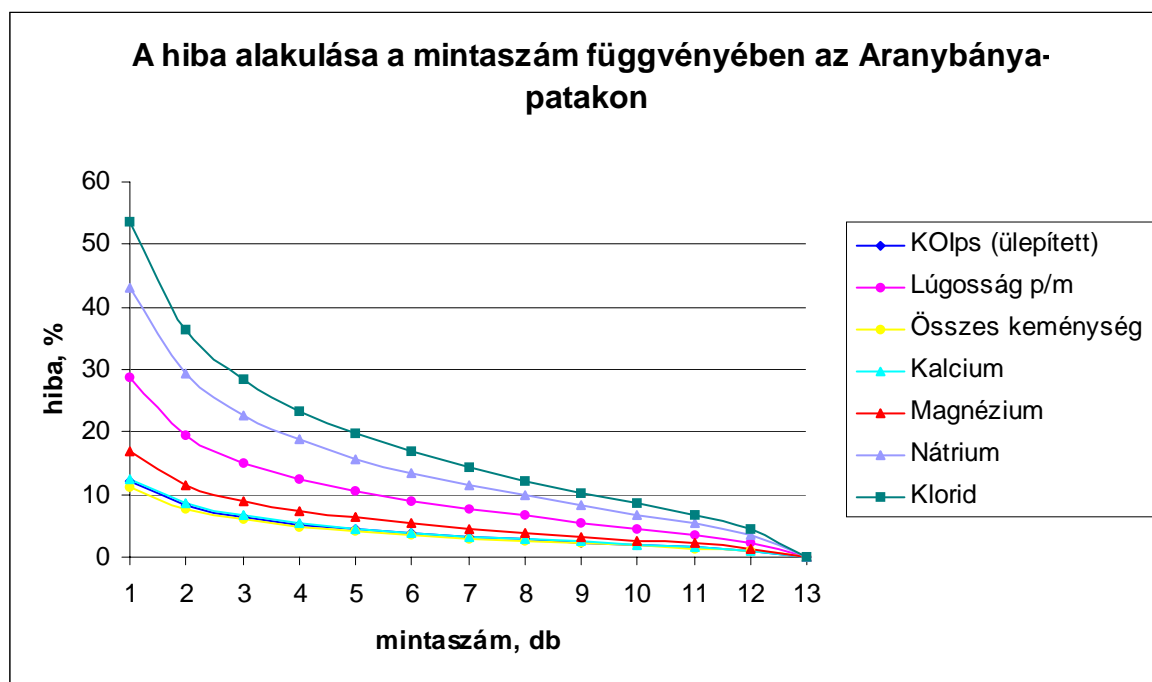
43. ábra: A hiba változása a mintaszám függvényében az Aranybánya-patakon



A 43. ábra mutatja, hogy a vízminőség-mérő szondával mért paraméterek esetén hogyan csökken a hiba a mintaszám növelésével. A kémiai komponensek egy részének görbéit a 44. ábra mutatja, ezek a paraméterek jóval nagyobb hibával jellemezhetők ugyanolyan mintaszám esetén.

Összegezve: Az Aranybánya-patak részletes térbeli felméréséből arra lehet következtetni, hogy patak teljes hosszán minden kémiai komponensre nem elegendő egyetlen ponton mintát venni, mivel a patak területi változékonysága nagy. Ennek oka, valószínűsíthetően az, hogy a felszín alól feltörő patak a kőzeteken átmosódva kioldja a különböző ionokat, majd a felszínen tovább haladva az avarból, felszíni kőzetekből, talajból is old a vízbe komponenseket. Antropogén szennyezés nem éri a patakot. A redox-potenciál, oldott oxigén telítettség, pH mérésére továbbra is elegendő az Aranybánya-patakon egyetlen mintavételi pont is, a többi paramétert több helyen kellene mintázni, 2-10 ponton, komponensstől függően. Bemutattuk, hogy ha térben növeljük a mintaszámot, akkor miként csökken az elkövetett hiba komponensenként. A legváltozékonnyabbak a nátrium-, a klorid-ion és a nitrogénformák voltak.

44. ábra: A hiba változása a mintaszám függvényében az Aranybánya-patakon



10.4.3.2 Javaslat a mintavételi pontok kijelölésére

Kiszámítottuk az Aranybánya-patakra, hogy az egyes komponensek hány mintavételt kívánnak a patak teljes hosszán. A 13 pontos részletes felmérésünk alapján az oldott oxigén, a pH, a redox-potenciál és a szulfát-ion koncentráció esetében adható vissza 90%-os megbízhatósági szinten 10%-os hibahatáron belül maradvány egyetlen méréssel a 13 pont vízminősége (**70. Táblázat**). Két ponton igényel mérést a víz hőmérséklet, a KOI_{ps}, az összes keménység és a Ca-ion koncentráció, három ponton a Mg-ion koncentráció a számítások szerint. A klorid-ion mennyisége a vízben a torkolat felé haladva csökken, 10 ponton kéne mérni; a víz hőmérséklet, a vezetőképesség, az ÖOA tartalom és a lúgosság ennek ellenkezőleg viselkedik, ezek 2-6 mérést igényelnének. A nitrogénformák koncentrációja nagyon ingadozó, de az adataink bizonytalansága nagy, mivel ezek koncentrációja közel volt a mérési határhoz, ahol köztudottan a kis koncentrációk miatt a mérési hiba akár 40% is lehet. A K-, ammónium-ion-, nitrit-ion-, nitrát-ionok oldott foszfát-ion, TP adatsorairól nincs ilyen irányú számításunk, mert a koncentrációik a vízben minden ponton a mérési határ alatt voltak.

Mivel több pont szükséges a vízfolyáson, meg kell határozni a mintavételi pontok optimális helyét. A fenti eredmények alapján alternatívák kidolgozását láttuk szükségesnek azért, hogy választani lehessen a rendelkezésre álló anyagi erőforrások és a megkívánt információ tartalom függvényében a különböző érbeli mintavételi stratégiák között.

70. Táblázat: Az egyes komponensekre számított szükséges mintavételi pontok száma (piros: a VKI alapján kiemelt paraméterek)

Paraméter	Mintaszám	Paraméter	Mintaszám
Hőmérséklet	2	Kalcium	2
Oldott O ₂	1	Magnézium	3
Vezkép	5	Nátrium	8
ÖOA	5	Klorid	10
pH	1	Szulfát	1
Redox	1	Kjeldalh nitrogén	11
KOI _{ps} (ülepített)	2	Összes nitrogén	12
Lúgosság	6	Szerves nitrogén	11
Összes keménység	2		

Az egyes alternatívák abban térnek el egymástól, hogy a mintavételi pontok száma növekszik. A pontok számának emelésével a költségek is nőnek, de az elkövetett hiba csökken. Az alternatívák mind rétegzett mintavételezést feltételeznek.

Alternatíva 1: egyetlen ponttal jellemzzük az Aranybánya-patakot.

A jelenlegi mintavételi hálózat az Aranybánya-patakon egy ponton vizsgálja a vízminőséget. Ha ennek megfelelően első alternatívának a torkolat közelében jelölünk ki egy mintavételi pontot, akkor ez a pont az oldott oxigén tartalom, a pH, a redox-potenciál, a szulfát-ion koncentráció esetében 90 %-os megbízhatósági szinten, +/- 10% hibaintervallumot megengedve jól jellemzi a patakot. Ebben az esetben a VKI alapján kiemelt többi paraméternél a következő mértékű hibát vétjük (a nitrogénformák esetében a mintavételi hiba miatt becsülve hat mintavételi pont-igénnyel számoltunk): hőmérséklet: 14%; lúgosság, nitrogénformák: 29%, KOI: 24%.

Összes költség: 70.000.- Ft

Alternatíva 2: két mintavételi pont a patakon.

Az első mintavételi pontot a torkolat közelében, a másodikat célszerű a patak és a műút keresztezésénél kijelölni. Az első ponton minden, a másodikon csak a szükséges komponenseket kellene vizsgálni. (Tehát egy helyen mérjük az oldott oxigént, a pH-t, a szulfátion koncentrációt, az összes többi komponenst két helyen). A VKI által kiemelt paramétereknél, melyek kettőnél több mintázást igényelnek, a következő hibákat vétjük: lúgosság és nitrogénformák: 20%.

Összes költség: 82.900.- Ft

Alternatíva 3 : három mintavételi ponttal jellemezzük a patakot.

Az első két mintavételi pont megegyezik a 2. alternatívában ismertetettekkel, harmadiknak a két meglévő közt kell kijelölni egyet. Egy helyen mérjük az oldott oxigént, a pH-t, a szulfátion koncentrációt, két helyen a KOI_{ps}-t, a hőmérsékletet, az összes keménységet, a

Ca-ion koncentrációt, háromszor az összes többi komponenst. A VKI által kiemelt paramétereknél, melyek háromnál több mintázást igényelnek, a következő hibákat vétjük: Lúgosság és nitrogénformák: 15%; KOI: 12%.

Összes költség: 95.800.- Ft

Alternatíva 4 : Öt helyen mérünk a patak teljes hosszán, egyenletesen elosztva a mintavételi pontokat a torkolat és a forrás között. Egy helyen mérjük az oldott oxigént, a pH-t, a szulfátion koncentrációt, kétszer a KOI_{ps} -t, a hőmérsékletet, az összes keménységet, a Ca-ion koncentrációt, háromszor a Mg ion koncentrációt, ötször az összes többi komponenst. A VKI által kiemelt paramétereknél, melyek ötnél több mintázást igényelnek, a következő hibákat vétjük: lúgosság és nitrogénformák: 15%.

Összes költség: 121.000.- Ft

Alternatíva 5: tizenkét mintavételi pontot jelölünk ki.

A legtöbb mintázást igénylő nitrogénformák miatt tizenkét mintavételi pontot oszlatunk el egyenletesen a patak folyásán. Ekkor a VKI által kiemelt paraméterek mindegyikét a 10%-os hibahatáron belül tudjuk meghatározni.

Összes költség: 201.300.- Ft

Összegezve: Kidolgoztunk öt alternatívát az Aranybánya-patak mintavételi pontjainak kijelölésére. A fenti javaslatok esetében figyelembe vettük, hogy a számításaink szerinti mintaszám nagyon nagy, nehezen megvalósítható, ezért olyan alternatívák szerepelnek az első helyen, melyekkel nem teljesül a hibahatár betartása. Feltüntettük a megvalósítás becsült költségeit és azt, hogy a VKI előírásai szerint kiemelt komponensek esetén mekkora hibával kell számolnunk, ha az adott alternatívában kijelölt számú mintavételi pont nem elegendő a hibahatár betartásához. A mintavételi pontok száma természetesen a vízfolyásnak megfelelően másként is megválasztható. Látható, hogy a kémiai komponensek esetében a jelenlegi mintavételi ponthálózatnak megfelelő 1. alternatíva közel 70.000 Ft-os költségéhez képest majdnem háromszoros árat kellene fizetni az 5. alternatívában ismertetett, a VKI előírásnak megfelelő, tizenkét mintavételi ponttal rendelkező mintavételi hálózat esetén.

10.4.3.3 Részösszefoglaló

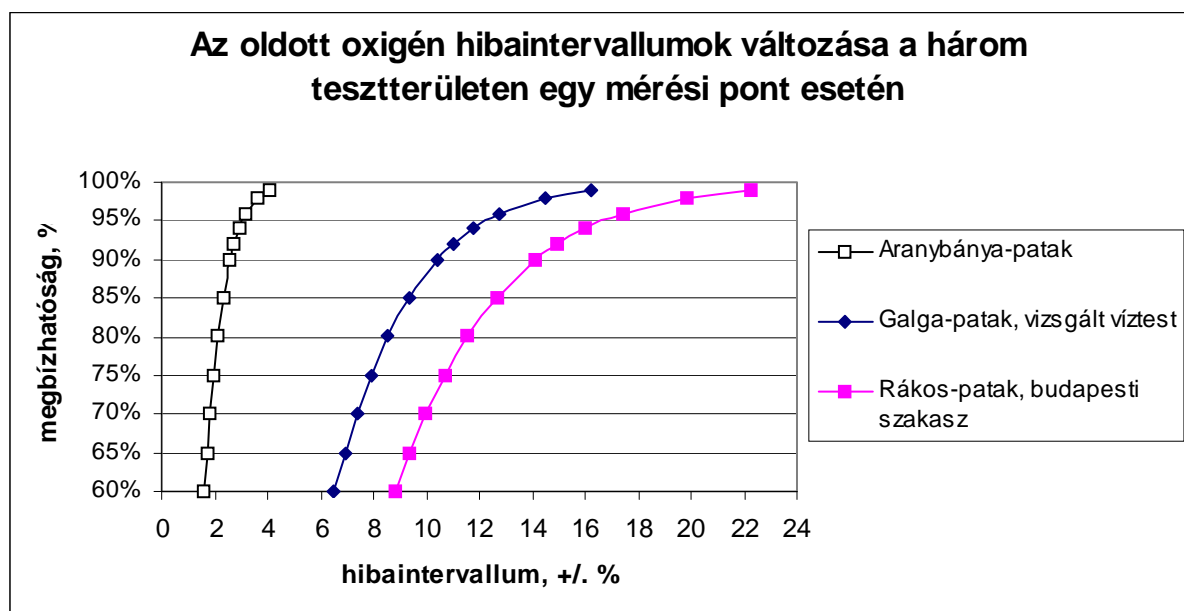
Az Aranybánya-patak folyásirány mentén nagy változékonyságot kémiai paraméterek esetében annak ellenére, hogy antropogén hatás gyakorlatilag nem éri. Az Aranybánya-patak részletes térbeli felméréséből megállapítható, hogy patakból minden kémiai komponensre nem elegendő egyetlen ponton mintát venni ahhoz, hogy a VKI szerint meghatározhassuk a víztest térbeli jellemző állapotát. A redox-potenciál, oldott oxigén telítettség, pH mérésére továbbra is elegendő az Aranybánya-patakon egyetlen mintavételi pont is, a többi paramétert többször kellene mintázni, 2-12 alkalommal komponenstől függően. Ha térben növeljük a mintaszámot, akkor csökken az elkövetett hiba komponensenként. A legváltozékonysabbak a nátrium-, a klorid-ion és a nitrogénformák voltak. A kémiai paraméterek esetén megoldható a megadott hibahatár betartása a mintavételi pontok megfelelő megválasztásával. A patakra a szükséges mintavételi pontokra több alternatívát is kidolgoztunk, mivel a VKI által kiemelt fontosságú paraméterek közül a főleg a nitrogénformák nagy változékonyságot mutattak, de a számítások alapján kapott szükséges térbeli mintavételi gyakoriság alig megvalósítható. A

kémiai komponensek esetében a jelenlegi mintavételi ponthálózatnak megfelelő 1. alternatíva közel 70.000 Ft-os költségéhez képest majdnem háromszoros árat kellene fizetni az 5. alternatívában ismertetett, a VKI előírásnak megfelelő, tizenkét mintavételi ponttal rendelkező mintavételi hálózat esetén. Létezik olyan megoldási lehetőség is a felmerült problémára, hogy víztestenként a legváltozékonyabb komponens szerint mintázunk, majd a minták aliquot, vagy vízhozammal súlyozott mennyiségét összeöntve integrált mintát készítünk, és azt elemezzük mindegyik komponensre. Ebben az esetben a mintavételi költségek kis mértékben nőnek, de az elemzés költsége az 1. alternatívának felel meg (vagyis olcsó).

10.4.4 Az emberi hatások és a fiziko-kémiai jellemzők értékeinek térbeni változékonysága

A mintaterületek elemzését követően arra kerestük a választ, hogy a terhelések ismeretében lehet-e előzetes következtetést levonni a vízminőségének alakulásáról, azaz a komponensek változékonysága a vártnak megfelelően alakul-e. Az eredmények alapján elmondható, hogy a terhelési hatások nem jelentkeznek tisztán a teszterületeken az egyes paraméterekre. Néhány komponens változékonysága indokolható a terheléssel, a többi azonban nem. Az oldott oxigén (45. ábra) esetén látható, hogy a változékonyság a vártnak megfelelően alakul, azaz legváltozékonyabb a Rákos-patak és a legkevésbé ingadozó koncentrációk az Aranybánya-patakon mérhetők. Ez a jelenség magyarázható a terhelések hatásával, hiszen a Rákos-pataknak legnagyobb az antropogén terhelése, ami miatt az oxigéntartalom a forrástól a torkolat felé csökken, ezért a patak nagyobb szakaszát vizsgálva széles tartományban ingadozik.

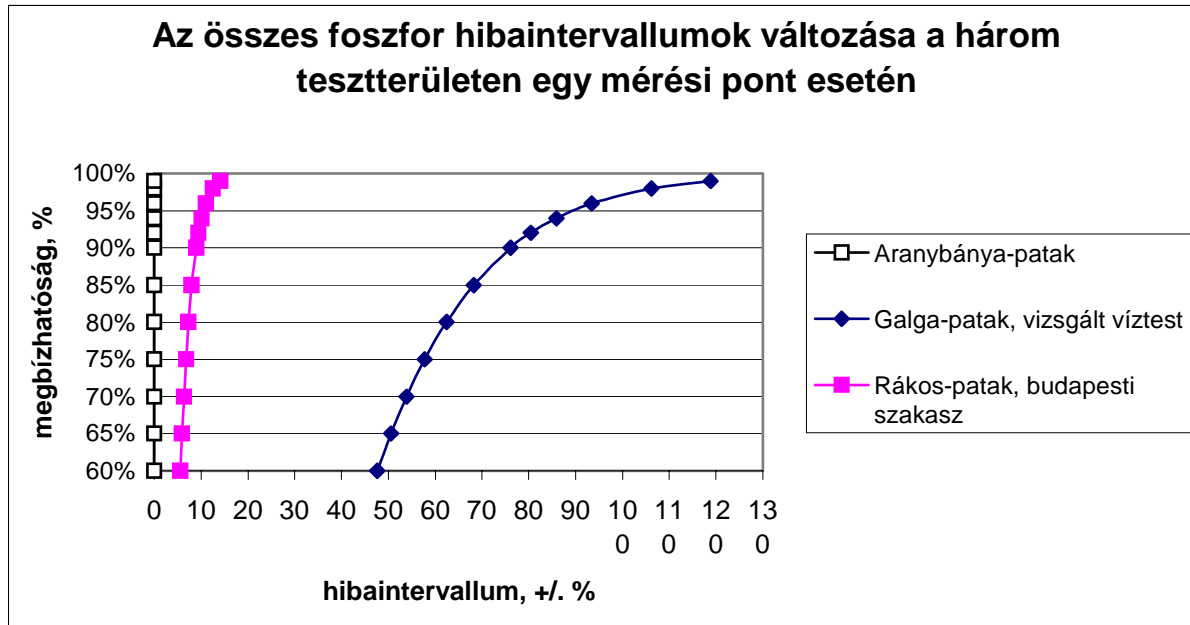
45. ábra: Az oldott oxigén tartalom hibaintervallumainak változása a teszterületeken egy mérési pont esetén



Az TP (46. ábra) tartalom esetén szintén látszik a terhelések hatása, a Galga-patak a legváltozékonyabb erre a komponensre, ami a műtrágya-bemosódással magyarázható. A

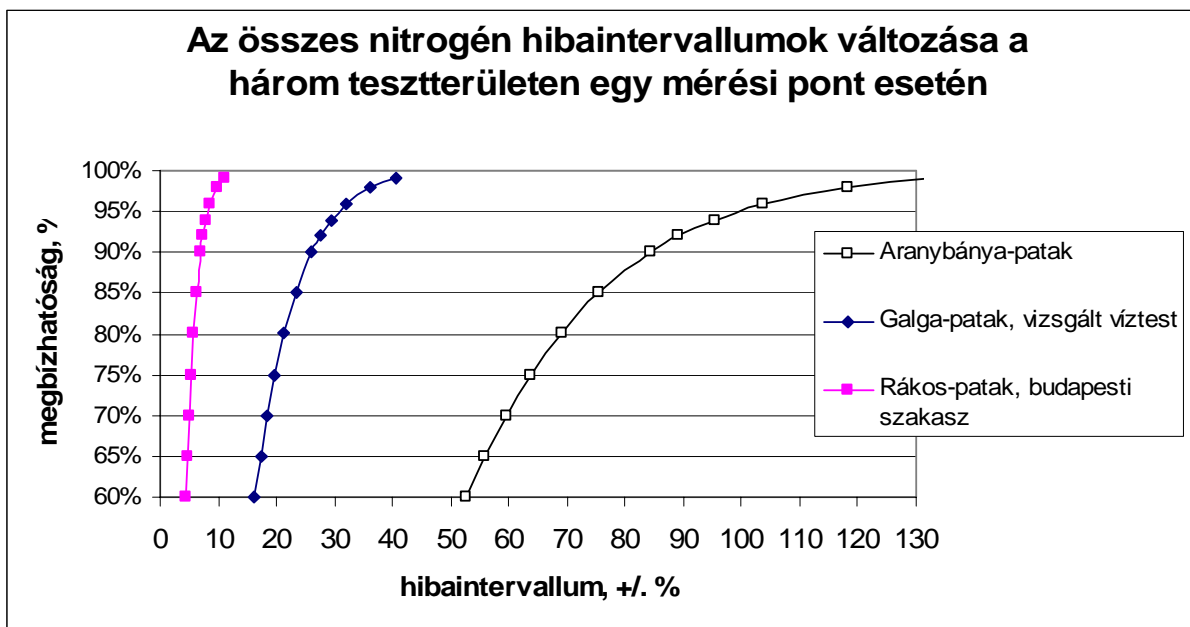
Rákos-patak a második, legkevésbé ingadozó az TP tartalom az Aranybánya-patakon, mivel itt emberi behatás, szennyvízbevezetés nincs.

46. ábra: Az TP koncentráció hibaintervallumainak alakulása a három teszterületen egy mérési pont esetén



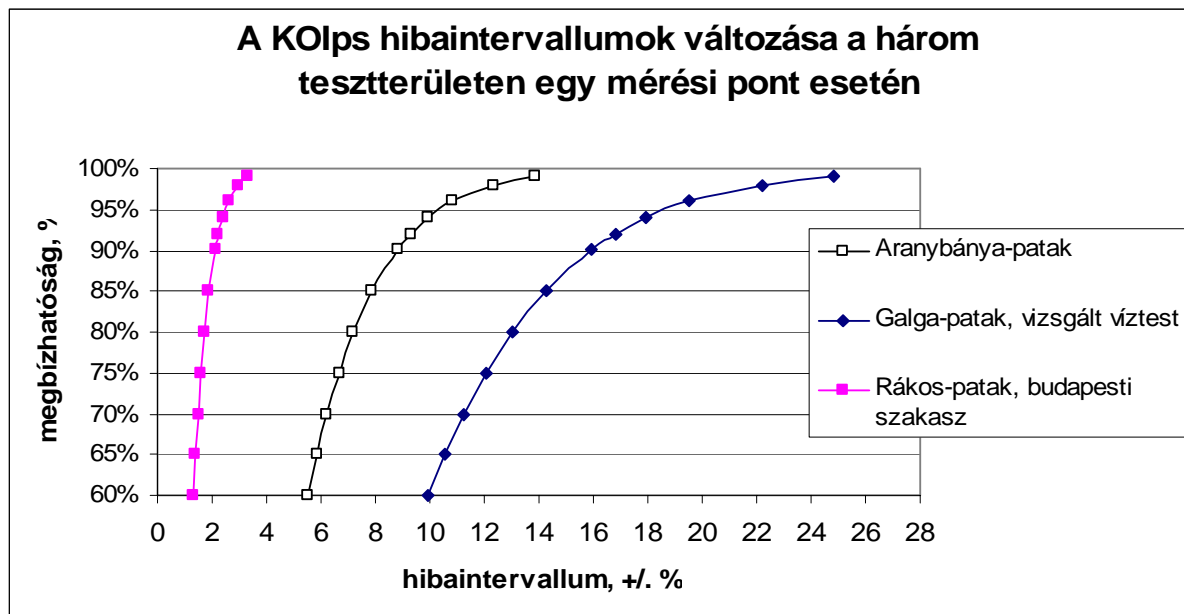
Az TN (47. ábra) esetén azt váránk, hogy az antropogén terhelések miatt a Galga- és a Rákos-patak hibaintervallumai lesznek szélesebbek, ezzel szemben az Aranybánya-patak kiugróan vezet.

47. ábra: Az TN tartalom hibaintervallumainak változása a három teszterületen egy mérési pont esetén



A legnagyobb terhelésű Rákos-patakon lenne várható a KOI_{ps} nagy ingadozása, de a méréseink szerint a másik két mintaterület felülmúlja (48. ábra).

48. ábra: A KOI_{ps} hibaintervallumok változása a három teszterületen egy mérési pont esetén



Összegezve: A terhelési hatások a mintaterületeken nem jelentkeznek tisztán az egyes komponensekre, nem lehet belőlük a szükséges mintaszámra következtetni. A fenti ábrákon illusztráltuk a méréseink eredményeit, csak a legjellegzetesebb példákat bemutatva. Természetesen a vizsgálataink expedíció jellege miatt a következtetések helytállóságát más hidrológiai körülmények között is elemezni kellene, hiszen a vízminőség a vízhozam függvénye is. A méréseink alkalmával átlagos hidrológiai körülmények között mértünk, a VKI pedig a jellemző állapot meghatározását tűzi ki célul, erre eredményeink megfelelőek. Ezzel együtt javasolható, hogy a mérési gyakoriság és mintavételi helyek vízjárástól való függését egy külön projektben vizsgáljuk.

10.5 A biológiai jellemzők területi változékonysága

A biológiai jellemzők területi változékonyságát a fitoplankton adatok és a makrogerinctelenek körében elvégzett részletes vizsgálatok eredményei alapján ismertetjük. A többi élőlény együttes esetében hasonló részletességű felmérés nem készült, de azok is nagy valószínűséggel hasonló mértékű változatosságot mutatnak.

10.5.1 *Fitoplankton*

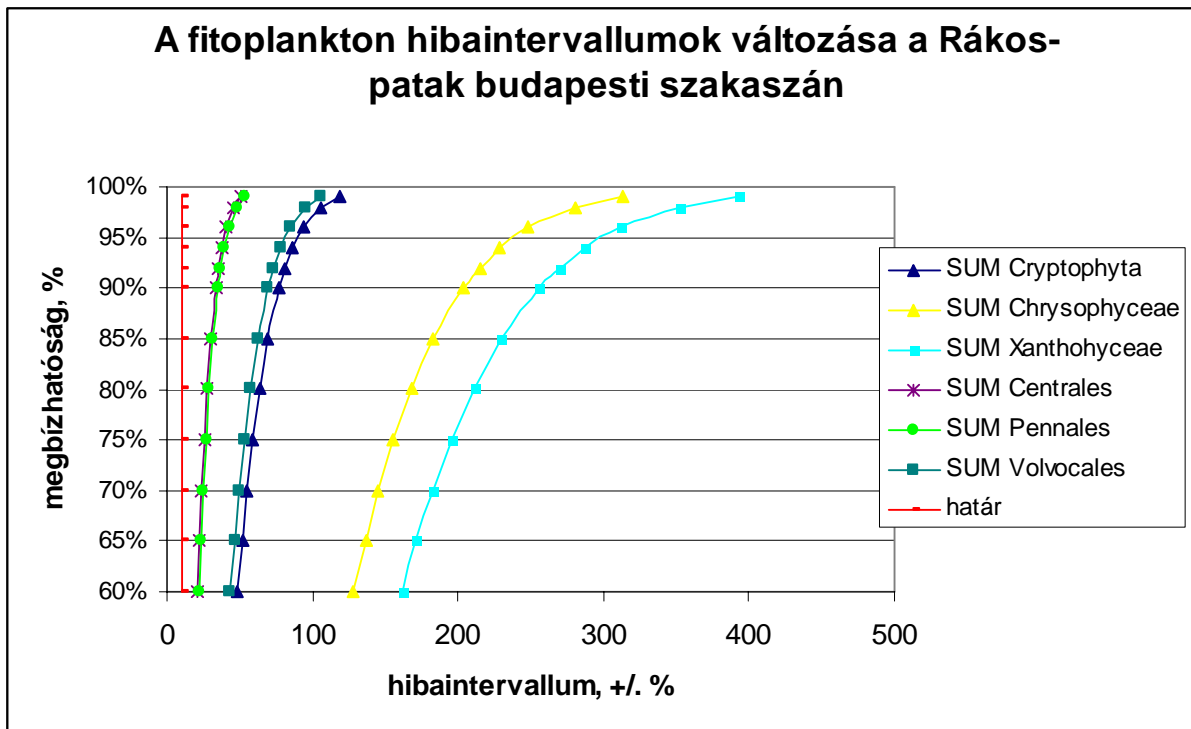
10.5.1.1 Rákos-patak

A fitoplankton jellemzők részletes és rendszeres felméréseinek eredményei közül, csak térben sűrített vizsgálatok adatsorát vizsgáltuk (2004. június). A Rákos-pataknál is jellemző a biológiai paraméterek a kémiaiakhoz viszonyított széles hibaintervalluma. Az **49. ábra** mutatja, hogyan alakulnak a fitoplankton hibaintervallumok egy mintavételi pont esetén. A 90%-os megbízhatóságon is jóval szélesebbek a hibaintervallumok +/-10%-nál, általában +/-16-256% között alakulnak. Egy mintavételi pont tehát nem elég a patakon, ezért megnéztük, hogyan csökken a hibaintervallum a mintaszám növelésével (**50. ábra**).

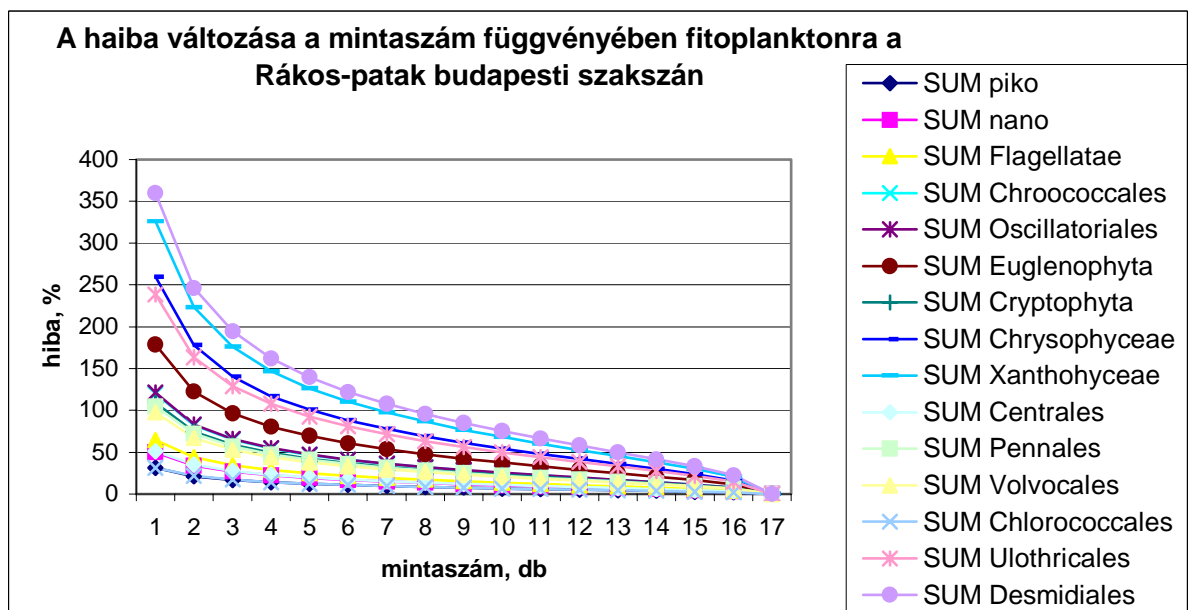
Az ábrákon látható, hogy ha az osztályba sorolás miatt megadott átlagtól számított +/-10%-os hibaintervallumot minden biológiai komponensre be akarjuk tartani, akkor minden komponensre 5-17 ponton kellene nézni a vízminőséget. Egyedül a Chlorococcales csoportnak elég csupán 5 mintavételi pont, a többit 11-17 helyen kellene mérni. Ez nagy költségekkel járna, valamint emberi erőforrásigény szempontjából is kivitelezhetetlen feladat az országos monitorozás megvalósításánál a hasonló kisvízfolyásokon. A **50. ábra** csak elméletileg érdekes, hiszen ha már veszünk mintát, mindegyik taxont meghatározzuk benne. Azt azonban mégis jól mutatja az ábra, hogy az egyes taxonok mérési hiába jelentősen eltérhet egymástól.

Összegezve: A Rákos-patak budapesti szakaszának részletes vizsgálata alapján a víztestet biológiai komponensekre 5-17 ponton kellene vizsgálni. Mivel a laborvizsgálat során minden komponenst megmérnek minden vízmintában, nincs lehetőség rétegzett mintavételezésre, ezért a folyásnak ezen a szakaszán 17 mintavételi pontot kell kijelölni. A feladat mind anyagi, mind emberi erőforrás-igénye miatt ilyen formában, országos léptékben alig megvalósíthatató.

49. ábra: A fitoplankton hibaintervallumok alakulás a Rákos-patakon egy mérési pont esetén



50. ábra: A hiba alakulása a mintaszám függvényében fitoplanktonra a Rákospatak budapesti szakaszán



A biológiai vizsgálatok eredményei alapján a Rákospatak budapesti szakaszán 17 mintavételi pontot kellene kijelölni, csak ebben az esetben tudunk a hibahatáron belül maradni. A tizenhét mintavételi pontot egyenletesen célszerű a víztesten elosztani. Ennek megvalósítása rendkívül nagy költségekkel járna. Összehasonlításként a szükséges és az egy ponton történő mintavételezés ára (ha nem számítjuk külön az 56.000 Ft-os kiszállási költséget):

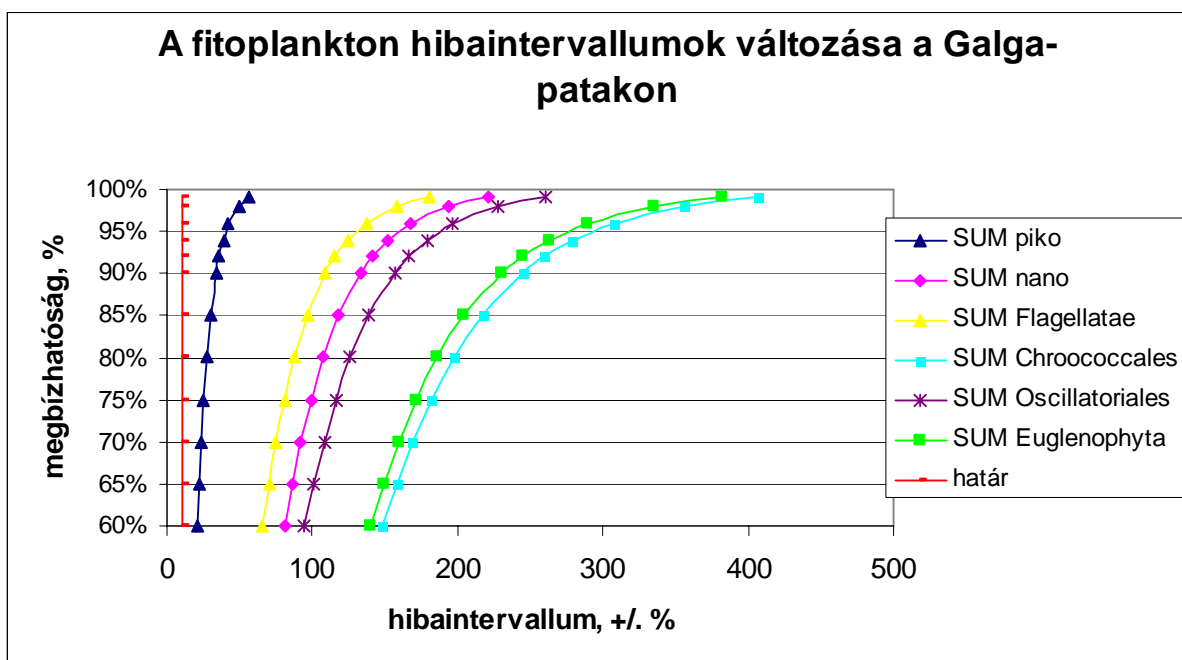
- 1 pont: **19.600 Ft**
- 17 pont: **333.200 Ft**

A biológiai komponensek esetében a minimális mintaszám jóval meghaladja a megvalósítható értéket, erre az esetre költségbecslést készítettünk.

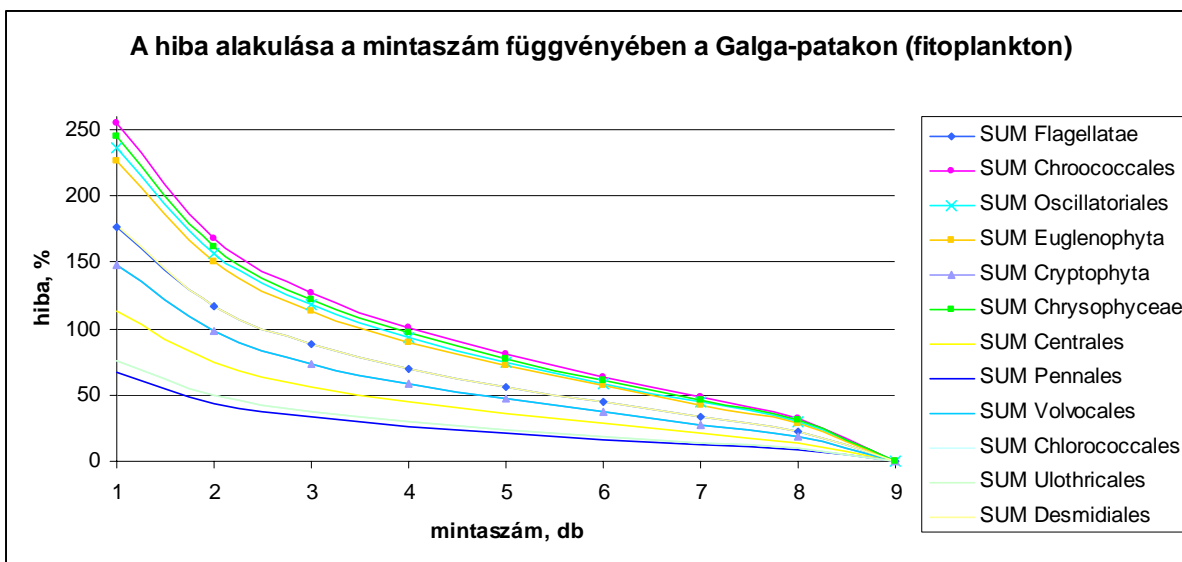
10.5.1.2 Galga-patak

A teljes patakot vizsgáltuk, hogy egyetlen ponttal jellemezve a patakot a különböző biológiai paraméterekre mekkora hiba jellemző. A **51. ábra** mutatja, hogy a hibaintervallumok szélesek, 90%-os megbízhatóságon a legjobb esetben is +/- 100% felett vannak. Mind a fitoplankton, mind a bevonat eredményei szerint sokkal több mérési pont kellene a patakon, mint amennyi megvalósítható (**52. ábra**). A kémiai paraméterek a patak hosszán egyetlen mintát véve jóval kisebb hibával jellemzik a vizet, mint a biológiai komponensek.

51. ábra: A fitoplankton hibaintervallumok alakulása a Galga-patakon egy mintavételi pont esetén



52. ábra: A hiba alakulása a mintaszám függvényében fitoplanktonra a Galga-patakon



A felhasználható adatsorokat elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy a Galga-patakon részletesen vizsgált víztesten a biológiai adatok esetében minden mintavételi ponton kellene mintát venni ahhoz, hogy a hibahatárt ne lépjük túl. Ez jelentős költségekkel járna, amit nem lehet rétegzett mintavétellel sem csökkenteni, mivel biológiai minták esetében minden komponenst vizsgálnak az adott vízmintában. Összehasonlításként

bemutatjuk az egy ponton történő és a 9 pontos mintavétel költségei (ha nem számítjuk külön az 56.000 Ft-os kiszállási költséget):

- 1 pont: **19.600 Ft**
- 9 pont: **176.400 Ft**

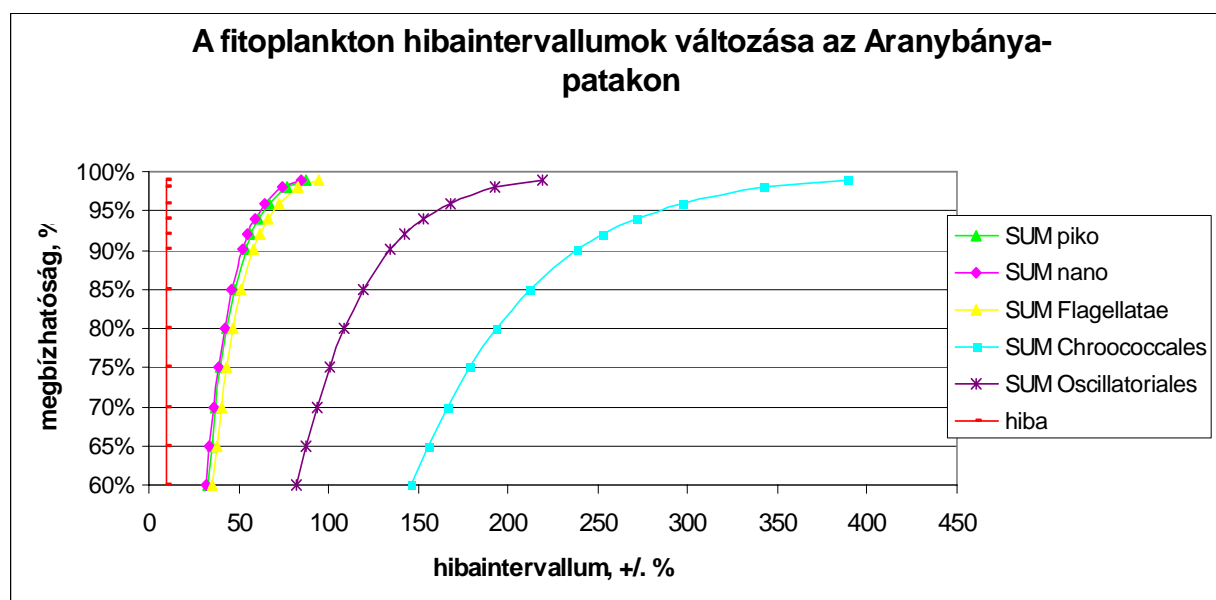
A szükséges kilenc pontot a víztesten egyenletesen célszerű elosztani.

10.5.1.3 Nagy-patak

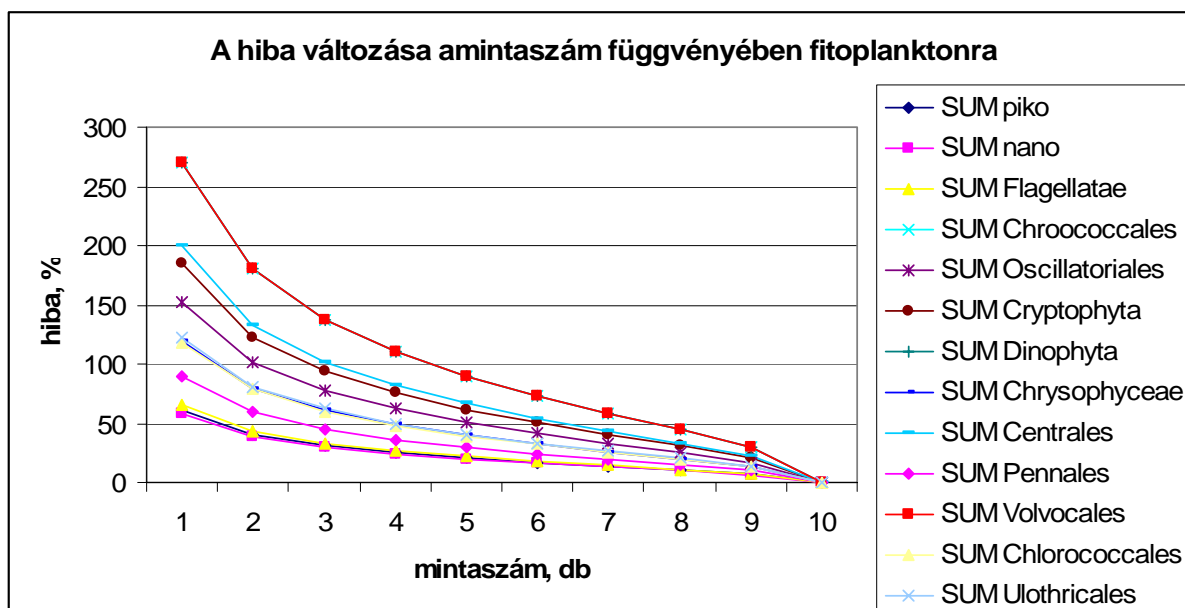
A biológiai mintavételezésekből származó adatsorok közül mindössze a fitoplankton és a bevonat vizsgálat 2004. évi részletes, valamint egy rendszeres mintázás adatai 2004. júliusról eredményeit használtuk fel. Az adatok a részletes mintavételi pontjainkat jellemzik, a biológiai vizsgálatok során, a patakon 10 ponton vettek mintát.

A meglévő adatsorok alapján elmondható, hogy a biológiai paraméterek változékonysága jóval nagyobb a kémiaiakénál. (A hiba ered a nagy területi változékonyságból és a meghatározás pontatlanságából.) A patakon minták adatainak a szórása 51-238% között változott, folyásirány szerint tehát az egyes taxonok előfordulása nagyon változékony. Ahhoz, hogy a vízfolyást kis hibával jellemezhessük, jóval több mintavételi pontra lenne szükség. A **53. ábra** a fitoplankton hibaintervallumainak alakulását mutatja akkor, ha egyetlen ponton veszünk mintát. A hibaintervallumok a 90%-os megbízhatósági szinten az egyes családoknál nagyon szélesek, a legjobb esetben +/- 51%-os, a legrosszabban pedig +/- 240%-os.

53. ábra: A fitoplankton hibaintervallumának változása az Aranybánya-patakon egy mintavételi pont esetén



54. ábra: A hiba változása a mintaszám függvényében fitoplanktonra az Aranybánya-patakon



Ha az **54. ábra** alapján megnézzük, hogyan csökken a mintaszám emelésével a hiba, jól látható, hogy a hiba elfogadható szintre való csökkentéséhez nagyon nagy mintaszám szükséges, az ilyen gyakori mintavételezés kis vízfolyásoknál kivitelezhetetlen és költséges feladat. (Az Aranybánya-patakon 9-10 ponton kellene mintát venni, a hiba még ekkor is nagy.)

Mivel a biológiai és kémiai minták hibájának arányáról tudjuk, hogy jóval eltolódik a biológiai irányába. A biológiai komponensek majdnem maximális mintavétel számot igényeltek, az Aranybánya-patak vizét biológiai vizsgálatra is, minden komponensre 9-12 minta kellene ahhoz, hogy az alapsokaságot visszakapjuk +/-10%-os hibahatárt megengedve. Tehát a patakon 12 mintavételi pontot minimum ki kellene jelölni a biológiai minták esetében, mivel nincs lehetőség rétegzett mintavételre, ami igen költséges és az Aranybánya-patak esetében megvalósíthatatlannak tűnő feladat.

Összehasonlításként a jelenlegi, egy ponton történő és a 13 pontos mintavétel költségei (ha nem számítjuk külön az 56.000 Ft-os kiszállási költséget):

- 1 pont: **19.600.-Ft**
- 12 pont: **235.200.- Ft**

A biológiai mintavételezés és laboranalízis során elkövetett hiba nagyságrenddel nagyobb, mint a kémiai paraméterek esetében, erre rátevéődik a nagy területi változékonyság. A hibaintervallumok +/- 50-240% között mozogtak. Ezek eredőjeként annyi mintavételi pont kijelölése válna szükségessé (9-12 pont), hogy az sem emberi erőforrás, sem anyagi okokból nem lenne megvalósítható, hiszen ha 12 ponton vennénk biológiai mintát a patakából, annak költsége egy alkalommal több, mint 235.000 Ft.

Összevetve a részletes patakfelmérés eredményeit a 2004. júliusi rendszeres mintázás adataival, megállapítható, hogy a Csórréti-tározó öt befolyó patakjának torkolat közelében

vett mintái és az Aranybánya-patak változékonyságának mértéke a biológiai komponensekre hasonlóan mértékben nagy, a hibaintervallumok itt is +/- 50-230% között mozognak. Az azonos kőzeten, azonos vízgyűjtőn lefolyó hasonló vízhozamú patakok vízminősége tehát egymáshoz képest hasonlóan változékony biológiai szempontból, mint a patakok maguk a lefolyás mentén.

10.5.2 Makroszkópikus gerinctelenek

A térbeni változékonyság vizsgálatára kétféle térben sűrített makroszkópikus gerinctelen mintavételezésre került sor, amelyek során két módszertani alapkérdésre kerestük a választ:

- Mennyire homogén egy mintavételi szelvény **közvetlen környezetében** vett 10 minta.
- Ehhez képest mennyire homogén **egy víztest mentén** vett mintasorozat.

A júliusi mintavétel alkalmával a Csórréti-tározó 2. befolyó patakja, az Aranybánya-patak torkolata feletti szelvényben (P2), a Galgán Galgagyörknél (G11), valamint a Rákos-patakon a X. Hortobágyi utca környékén (RP 11) került sor 10 járulékos minta vételére.

Az októberi- novemberi alkalommal az Aranybánya-patak 1 víztestén, a patak felső szakaszán 10, a Galgán a középső víztesten 12 szelvényben, valamint a Rákos-patakon a budapesti szakasz mentén, az alsó víztesten 17 mintát vettünk.

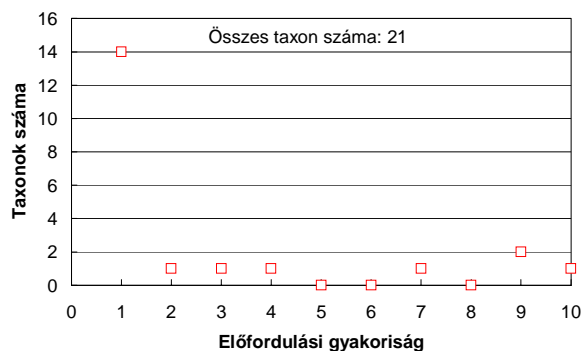
A két eltérő típusú vizsgálat során, vagyis az egy szelvény környezetében vett több párhuzamos minta, valamint az egy víztesten belül vett több párhuzamos minta vizsgálata alapján megközelítőleg azonos faunisztikai eredményeket kaptunk.

10.5.2.1 Rákos-patak

A júliusi mintavételkor az **RP11** szelvényben összesen kimutatott 21 taxonból a tíz minta közül 14 szerepelt csupán egy-egy alkalommal. Két taxon 9, egy pedig mind a tíz mintában előfordult. A két, három, négy és 7 alkalommal kimutatott taxonok száma is csupán egy (**55. ábra „A”**). A térben sűrített program során a Rákos patak 17 szelvényében összesen 40 taxon került elő, s ezek gyakorisága/ritkasága az **55. ábra „B”** szerepel. A 40-ből 16 olyan faj van, amely csak egyetlen esetben került elő a mintavétel során, s egyetlen sincs, amely a 17 szelvény mindegyikében megtalálható lett volna. A legközöségebb 3 taxon volt, 14 alkalommal történő detektálhatósággal.

55. ábra: Taxonok száma és előfordulási gyakoriságuk a Rákos-patak részletes vizsgálatsorozata alkalmával (A = júliusi vizsgálat - 10 minta egy szelvény környezetében; B = októberi vizsgálat - 16 minta egy víztest mentén)

A



B



Az egyetlen szelvényben vett tíz al minta minősítési eredményeit a **71. Táblázat** mutatja be. A szelvény minősége IVB és IIIA minőség között változik, amely nem mutat túl nagy szórást.

71. Táblázat: A júliusi részletes vizsgálat (10 al minta/1 mintavételi szelvény) vízminősítési eredményei a Rákos-patak budapesti felső szakaszán

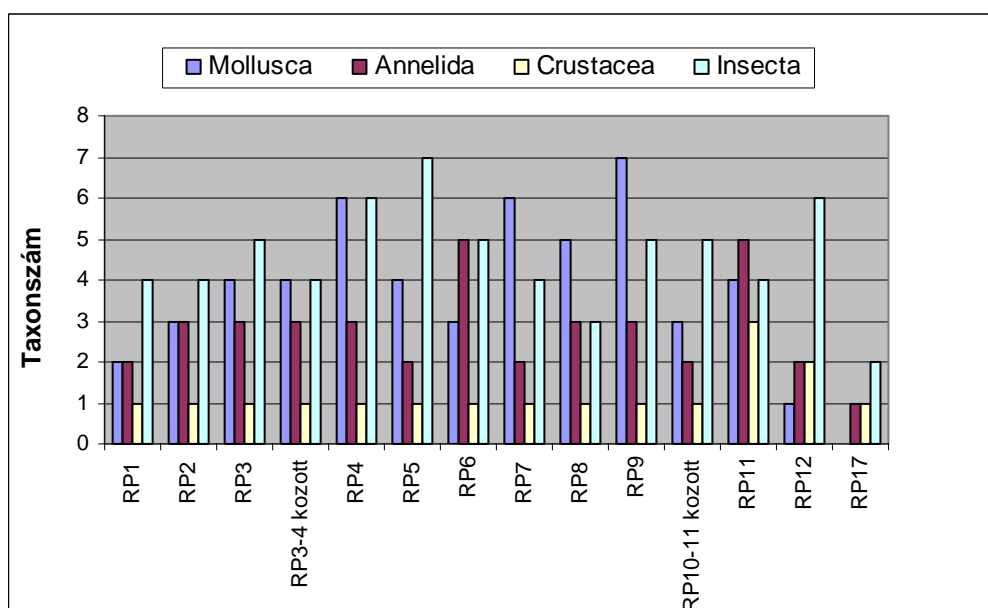
Minta sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taxonszám	7	9	10	10	9	11	10	10	8	9
Egyedszám	32	115	138	89	67	156	73	85	67	69
BMWP	18	29	31	33	27	31	37	32	25	30
ASPT	2,57	3,22	3,10	3,30	3,00	2,82	3,70	3,20	3,13	3,33
Minősítési osztály	IV.B.	III.B.	III.B.	III.B.	IV.A.	IV.A.	III.A.	III.B.	III.B.	III.B.
Minősítési alosztály	9	7	7	7	8	8	6	7	7	7

A Rákos-patak alsó víztere mentén lebonyolított, térben sűrített mintavétel vízminősítéssel kapcsolatos eredményei szerint a 17 szelvényben a biológiai állapot szerint megfogalmazott vízminőségi osztály-kategóriák értékei II. B és IV. A között váltakoznak. Egyetlen kivételtől eltekintve tehát a budapesti szakasz minősége III. és IV. osztály között változik, ami azt mutatja, hogy a térben sűrített mintavétel nem igazol jelentős változékonyságot a vízminőségben. Ugyanakkor látható, hogy ezek alapján a szakasz a kockázati víztestek közé sorolható (**72. Táblázat**).

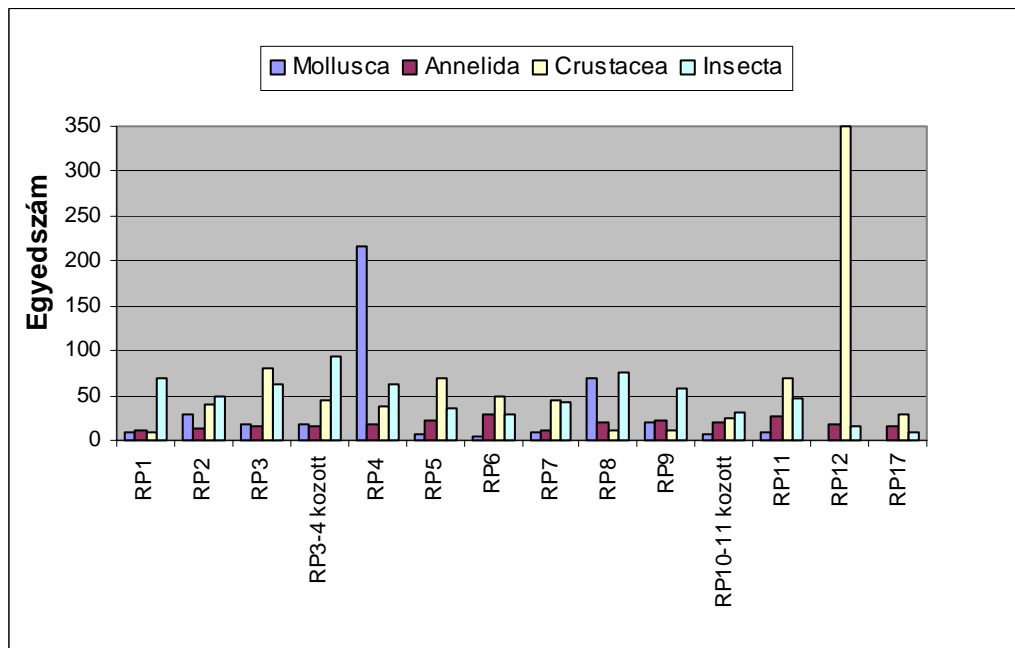
72. Táblázat: A novemberi részletes vizsgálat (14 alminta/1 víztest) vízminősítési eredményei a Rákos-patak mentén

Minta sorszáma	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10	RP11	RP12	RP13	RP14
Taxonszám	9	11	13	12	16	14	14	13	12	16	11	16	11	4
Egyedszám	98	130	175	170	334	134	113	109	177	112	81	151	384	52
BMWP	30	38	43	39	53	51	42	39	34	49	30	50	35	13
ASPT	3,33	3,45	3,31	3,25	3,31	3,64	3,00	3,00	2,83	2,88	3,00	3,33	3,50	3,25
Minősítési osztály	III.B.	III.B.	III.B.	III.B.	III.A.	II.B.	IV.A.	IV.A.	IV.A.	IV.A.	IV.A.	III.B.	III.B.	IV.A.
Minősítési alosztály	7	7	7	7	6	5	8	8	8	8	8	7	7	8

56. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak taxonszámai a térben sűrített mintavétel alkalmával a Rákos-patakon (2004. október 28.)



57. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak egyedszámai a térben sűrített mintavétel alkalmával a Rákos-patakon (2004. október 28.)



10.5.2.2 Galga, Galgagyörk

A Galgán végzett kétféle vizsgálat a taxonok gyakoriság-eloszlásával kapcsolatban jelentősen különböző eredményekre vezetett. Az egy mintavételi szelvény környezetében (**G11**) vett 10 mintában összesen 20 taxon szerepel. A gyakoriság alapján a Nagypatakéhoz hasonló megállapításokat tehetünk. A 20 taxon közül 10 szerepel csak egyetlen egy alkalommal, valamint összesen három taxon mondható gyakorinak, mivel egy-egy közülük mind a 10, 9, illetve 8 mintában előfordult (**58/A. ábra**).

A novemberi, térben sűrített mintavételkor 14 szelvényben vettünk mintát a Galga középső víztestén, ahol összesen 75 taxon került elő. Az előfordulási gyakorisággal kapcsolatos viselkedésük az előzőekben vázolt jelenséget követi: igen nagy a számuk azon taxonoknak, amelyek csupán egyetlen alkalommal kerültek kimutatásra (41). Egy-egy taxonról mondható el, hogy 11, illetve 10 mintában megtalálható volt. A víztest mentén tehát jelentős különbségeket lehet tapasztalni a mintákban előforduló taxonok gyakorisága között (**58./B ábra**).

58. ábra: Taxonok száma és előfordulási gyakoriságuk a Galga részletes vizsgálatsorozata alkalmával (A = júliusi vizsgálat - 10 minta egy szelvény környezetében; B = októberi vizsgálat - 12 minta egy víztest mentén)

A



B



A vízminőségben tapasztalható eltérés júliusban az egy szelvényen belül (**73. Táblázat**) jóval jelentősebb, mint novemberben az egy víztesten belül (**74. Táblázat**). A szelvény júliusi eredményei általában kockázati besorolást kapnak, míg a novemberi alkalommal 9 szelvény nem, három pedig igen.

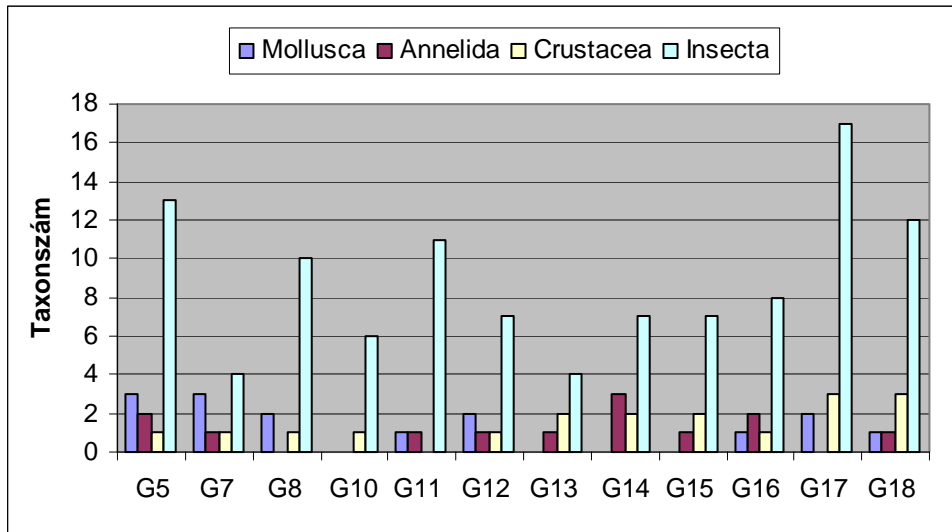
73. Táblázat: A júliusi részletes vizsgálat (10 alminta/1 mintavételi szelvény) vízminősítési eredményei a Galga-patak középső szakaszán

Minta sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taxonszám	12	7	5	6	5	6	7	3	6	7
Egyedszám	145	101	121	84	86	137	49	72	78	85
BMWP	44	32	19	18	18	26	23	10	19	29
ASPT	3,67	4,57	3,80	3,00	3,60	4,33	3,29	3,33	3,17	4,14
Minősítési osztály	III.A.	II.A.	III.B.	IV.B.	III.B.	II.B.	IV.A.	IV.A.	IV.A.	II.B.
Minősítési alosztály	6	4	7	9	7	5	8	8	8	5

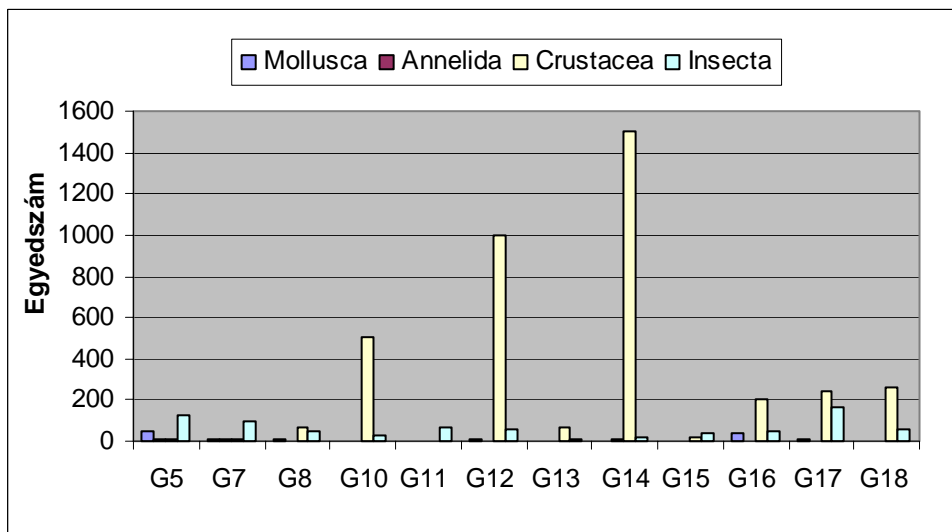
74. Táblázat: A novemberi részletes vizsgálat (12 alminta/1 víztest) vízminősítési eredményei a Galga-patak középső szakaszán

Taxonszám	19	9	13	7	13	11	7	12	10	12	22	17
Egyedszám	195	130	126	529	74	1073	77	1525	54	287	418	328
BMWP	76	29	53	27	62	46	30	42	42	39	85	76
ASPT	4,00	3,22	4,08	3,86	4,13	4,18	4,29	3,50	4,67	4,33	4,05	4,47
Minősítési osztály	II.B.	III.B.	II.B.	III.A.	II.A.	II.B.	II.B.	III.B.	II.A.	II.B.	II.A.	II.A.

59. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak taxonszámai a térben sűrített mintavétel alkalmával a Galga-patakon (2004. október 29.)



60. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak egyedszámjai a térben sűrített mintavétel alkalmával a Galga-patakon (2004. október 29.)



10.5.2.3 Aranybánya-patak, Csórréti-tározóba való torkolat feletti szakasz

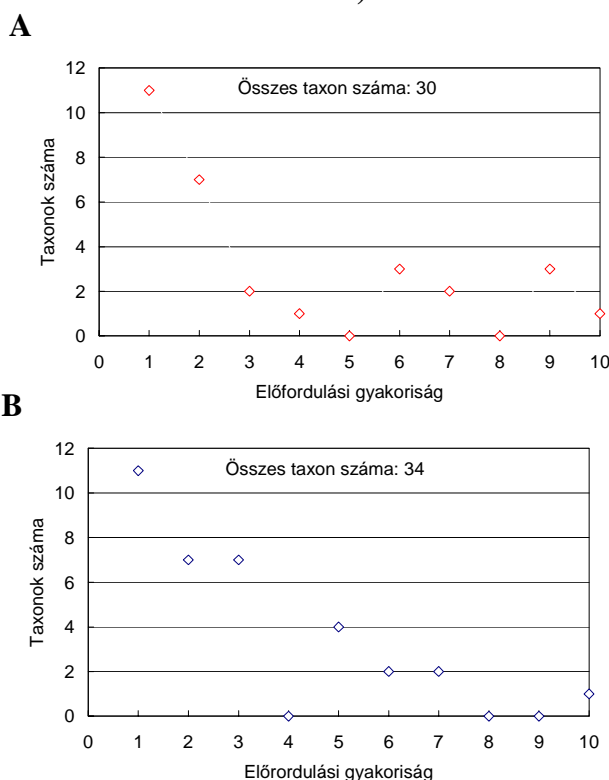
Az Aranybánya-patakon a 10 mintában összesen 30 makrogerinctelen taxon került elő. Közülük csupán egyetlen fordult elő az összes (10) mintában, 3 került elő 9, 2 fordult elő 7, s szintén 3 taxon 6 helyszínen (**61. ábra „A”**). A csupán egyetlen alkalommal kimutatott taxonok száma viszonylag nagy (11 féle élőlény), vagyis az összes taxon számának körülbelül az egyharmada. 7 taxon került elő két, s csupán 2 taxon 3 mintából.

Ha szemügyre vesszük a novemberi, egy víztest mentén vett részletes minták taxonómiai eredményeit, szintén hasonló jelenség észlelhető. A kimutatott 34 taxon között ugyanis nagy számban vannak a természetesen ritka taxonok (egyszeri előfordulású 11 állat,

kétszeri, illetve háromszori előkerülés regisztrálható 7 taxon esetében, s nagyobb előfordulási gyakoriság csupán néhány taxon esetében mutatható ki. Ebben a vizsgálat típusban is csak egyetlen taxont találtunk, amely az összes mintában jelen volt (61. ábra „B”).

Az eredmény azért meglepő, mert ugyanazon erőfeszítéssel, ugyanannyi idő ráfordításával történtek a mintavételek a júliusi és a novemberi esetben egyaránt, így a taxon számokban tapasztalható jelentős eltérések felhívják a figyelmet arra, hogy a pontos faunaösszetétel meghatározásához részletesebb, nagyobb energiaráfordítással végzett mintavételre van szükség. Ha azonban a vízminősítés eredményeit vesszük szemügyre, akkor nyilvánvalóvá válik, hogy nincs döntő különbség az egyes minták között, hiszen a vízminőségi osztályok értékei viszonylag szűk tartományban változnak csupán (75. Táblázat és 76. Táblázat).

61. ábra: Taxonok száma és előfordulási gyakoriságuk a Csórréti-tározó: Aranybánya-patak részletes vizsgálat sorozata alkalmával (A = júliusi vizsgálat - 10 minta egy szelvény környezetében; B = novemberi vizsgálat - 10 minta egy víztest mentén)



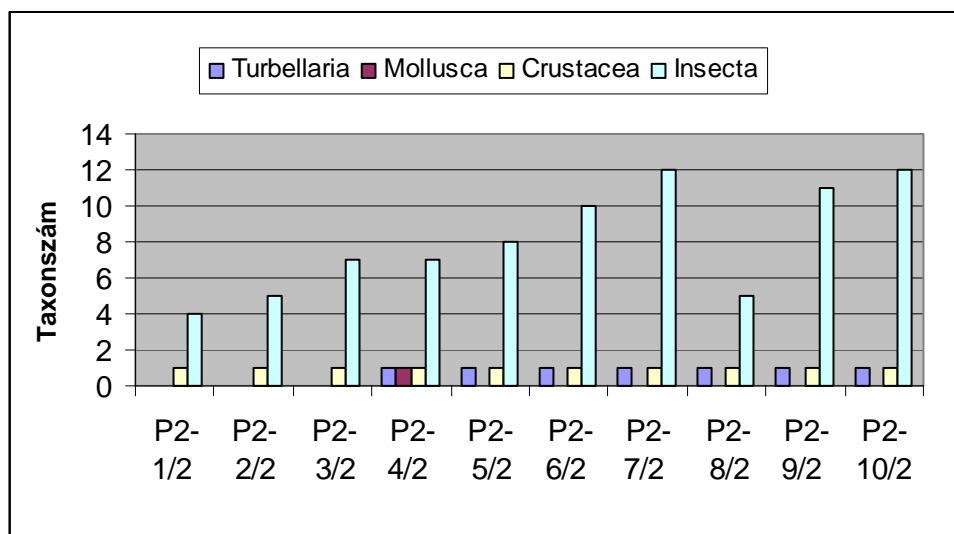
75. Táblázat: A júliusi részletes vizsgálat (10 alminta/1 mintavételi szelvény) vízminősítési eredményei az Aranybánya-patak alsó szakaszán

Minta sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egyedszám	35	32	83	102	188	55	43	143	44	100
Taxonszám	9	7	14	12	9	15	10	7	10	11
BMWP	32	38	86	56	42	96	63	39	63	68
ASPT	4,57	5,43	6,14	5,09	5,25	6,40	6,30	5,57	6,30	6,18
Minősítési osztály	II.A.	I.C.	I.A.	I.B.	I.C.	I.A.	I.B.	I.C.	I.B.	I.B.
Minősítési alosztály	4	3	1	2	3	1	2	3	2	2

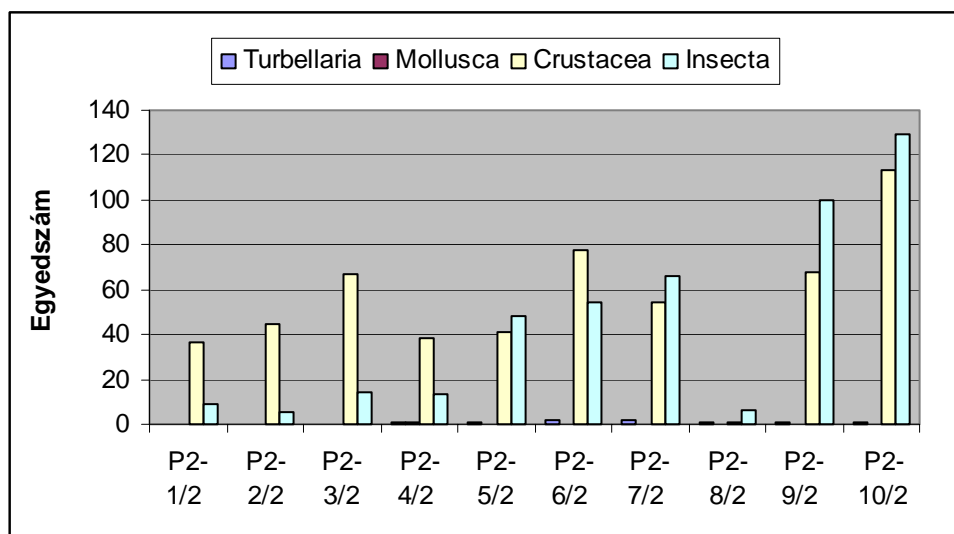
76. Táblázat: A novemberi részletes vizsgálat (10 alminta/1 víztest) vízminősítési eredményei az Aranybánya-patak felső szakaszán

Minta sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taxonszám	5	6	8	10	10	12	14	7	13	14
Egyedszám	46	50	81	53	90	134	122	8	169	243
BMWP	37	41	51	51	54	52	85	52	75	89
ASPT	7,40	8,20	6,38	5,67	5,40	4,73	6,54	6,50	6,25	6,36
Minősítési osztály	I.C.	I.C.	I.B.	I.B.	I.B.	I.C.	I.A.	I.B.	I.B.	I.A.
Minősítési alosztály	3	3	2	2	2	3	1	2	2	1

62. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak taxonszámai a térben sűrített mintavétel alkalmával az Aranybánya-patakon (2004. november 4.)



63. ábra: A makrozoobenton együttes főbb rendszertani csoportjainak egyedszámjai a térben sűrített mintavétel alkalmával az Aranybánya-patakon (2004. november 4.)



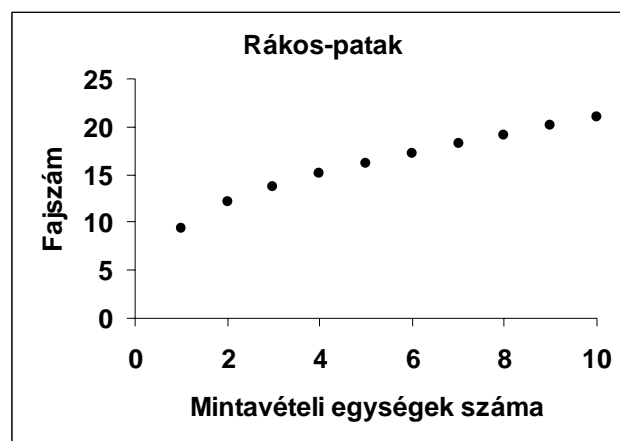
10.5.2.4 A mintavételi erőfeszítéssel és mintaszámmal kapcsolatos értékelés

2004 júliusában módszertani kísérletet végeztünk annak eldöntésére, hogy a standardizált „kick & sweep” mintavétel mennyire reprezentatív egy adott helyszín makroszkópikus gerinctelen együttesének jellemzésére, a fajszám (helyesebben taxonszám), mint az egyik legfontosabb közösségszerkezeti változó alapján. Három patak (Aranybánya-, Galga- és Rákos-patak) egy adott mintavételi helyszínén összesen 10-10 „kick & sweep” mintát gyűjtöttünk, hogy meghatározzuk, hogyan változik a mintavételi egység szám növekedésével (1-től 10-ig) a taxonszám. Az egyes mintavételi egységszámokra várható átlagos fajszámot randomizációs alapú rarefaction elemzés segítségével határoztuk meg (Gray and Ugland 2004).

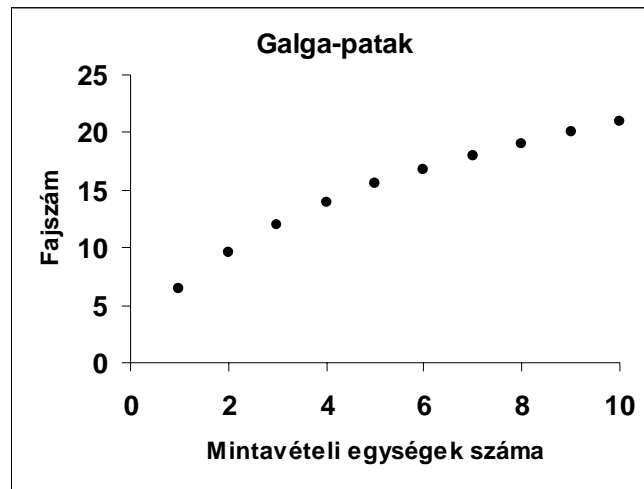
A mindhárom-patakra vonatkozó eredményeket együtt értékelve megállapítható, hogy 10 mintavételi egység (azaz 10 kick & sweep” mintavétel) nem volt elegendő arra, hogy a mintavételi helyszínekről kimutathassuk az ott jelen levő fajokat (taxonokat); a fajtelítődési görbék még 10 egység esetén is a felszálló águkban vannak.

A maximális fajszámot (taxonszámot) a görbék lefutásából nem tudjuk megbízhatóan becsülni. Összehasonlítva azonban a különbségeket egyetlen minta és tíz minta között elmondható, hogy egyetlen mintavétel messze nem volt elegendő a taxonok számának megbízható becsléséhez. Az Aranybánya-patak esetén egyetlen minta gyűjtésével átlagosan 10 taxont lehetett kimutatni, míg 10 minta már 30 taxont igazolt. A Galga-patak esetében egyetlen minta 6 taxont eredményezett szemben a 10-es ismétlés 21 taxonjával. A Rákos-patak esetében pedig ez az összehasonlítás 9 faj volt a 21-ből (64. ábra, 65. ábra, 66. ábra).

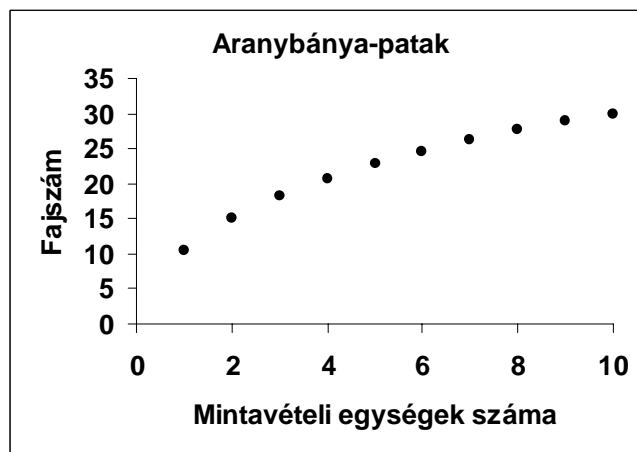
64. ábra: A taxonszám változása a mintavételi erőfeszítés függvényében a Rákos-patakon



65. ábra: A taxonszám változása a mintavételi erőfeszítés függvényében a Galga-patakon



66. ábra: A taxonszám változása a mintavételi erőfeszítés függvényében az Aranybánya-patakon



Módszerelméleti és gyakorlati szempontból egyaránt fontos kérdést jelent annak eldöntése, hogy miképpen lehet és érdemes optimalizálni a mintaszámot. Könnyen belátható, hogy a probléma a ritka fajokkal van, ezeknek azonban általános esetben kevésbé van beleszólásuk a mintavételi szelvény biológiai minőségének alakításába. Általánosan megállapítható, hogy csak a fajszámra különösen érzékeny metrikák alkalmazásánál kell különösen ügyelni arra, hogy a faj-telítési görbék mely fázisában járunk. A tömegesen előkerülő, de emellett érzékeny taxonok/fajok dominanciájuk révén a minősítésben döntő módon részesednek, ezért úgy tűnik, hogy a költségigényes és fáradtsággal kivitelezhető nagyobb mintaelem-számú mintavétel bonyolultságánál fogva megkerülhető, illetve helyettesíthető optimálisan megállapított, kisebb erőfeszítést igénylő egyéb mintavételi módszerekkel.

10.6 Időbeni változékonyság

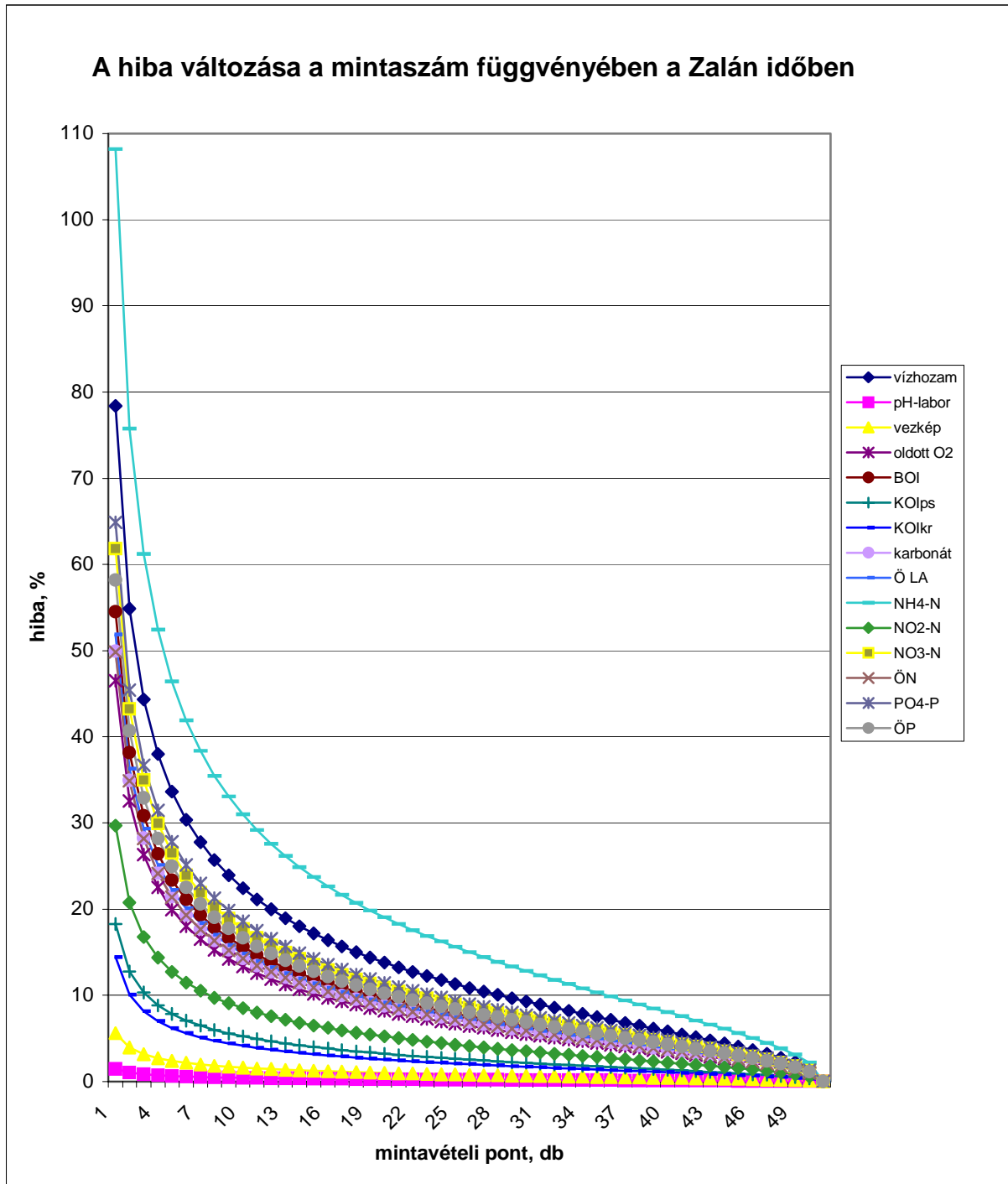
Mivel a három mintaterület egyikén sem állt rendelkezésre olyan adatsor, amely időben sűrített, heti-kétheti gyakoriságú méréseket tartalmazott volna, ezért hazánk legjobban

vizsgált vízfolyásnak, a Zala-folyónak a kémiai adatait használtuk fel. Biológiai (fitoplankton és bevonat) adatok nem álltak rendelkezésünkre. A 2003-as év heti gyakoriságú méréseit vizsgáltuk a folyó Zalaapátinál található mintavételi pontján. A legtöbb kémiai paraméter esetén heti egy, a lúgosság, az ÖOA tartalom, illetve a kalcium-, a magnézium-, a szulfát-, a kálium-, a nátrium és a szulfát-ionok esetén havi egy mérési adat állt rendelkezésünkre.

A három mintaterület térbeli felmérésének elemzésénél alkalmazott módszerekkel végeztünk a számításokat. A

67. **ábra** mutatja az eredményeket, azt, hogy hogyan csökken a hiba a mintavételezések számának időben történő besűrítésekor a Zala-folyó egy mintavételi pontján.

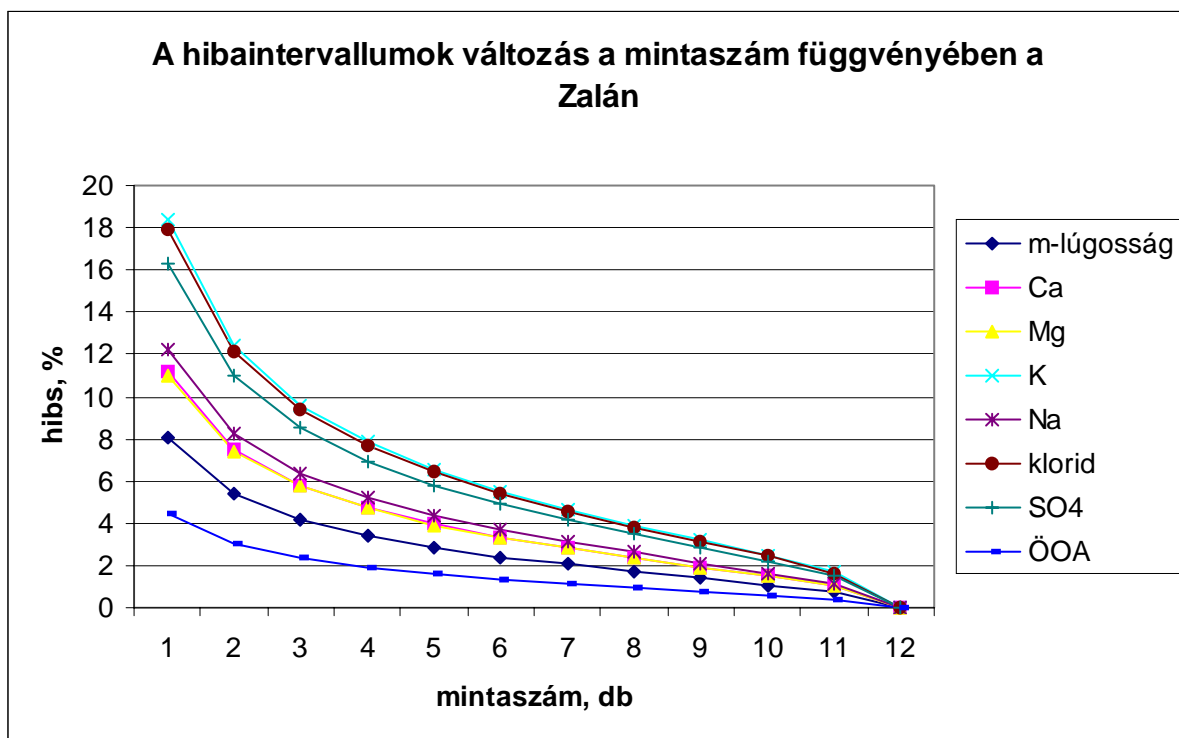
67. ábra: A hiba változása az időbeli mintaszám függvényében a Zala-folyó egy mintavételi pontján



A Zala vize időben elég változékony, van olyan komponens, melyet elég egyszer mérni egy évben, de van olyan is, amit 36 alkalommal kellene vizsgálni ahhoz, hogy a hibahatáron belül maradjunk. Ritkábban mérendő komponensek a pH, a vezetőképesség, a KO_{Ips} , a KO_{Ikr} és az TN tartalom, a többi komponens már legalább havi gyakorisággal kell mintázni.

Azokra a komponensekre, amelyeket csak havonta vizsgáltak, jellemző, hogy 1-3 mintázást igényelnek évente, azaz legfeljebb szezonálisan kell azokat vizsgálni (68. ábra). Ezen adatok vizsgálatánál azonban nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy mivel csak havonta vizsgálták őket, nem hetente, ezért kisebb az alapsokaság is, ami azt eredményezi, hogy kisebb mintaszám jöhet ki a minimális mérési gyakoriság számításánál.

68. ábra: A hibaintervallumok változása az időbeli mintaszám függvényében a Zalán



Összegezve: A Zala adatai alapján a három teszterületen 1-36 alkalommal kell mintát venni a paramétereiktől függően. A legváltozékonyabb komponens az ammónium-ion tartalom, a legstabilabb a pH és a vezetőképesség. Abban az esetben, ha harminchatszor mintázzuk a víztesteket évente, óriási költségekkel kell számolnunk, de az információvesztés csak ekkor marad a megengedett keretek között.

10.6.1 *Javaslat az időbeli mintavételi gyakoriság megállapítására*

A Zala adatainak elemzése alapján teszünk javaslatot az időbeli mintavételi gyakoriságra a három teszterületen, mivel időben gyakori mérési adatok itt nem álltak rendelkezésünkre. A Zala-folyón a mérési gyakoriság megállapításáról szóló korábbi vizsgálatok (Somlyódy és Straten, 1986) szerint, ha olyan folyamatokat akarunk nyomon követni, melyek a tápanyagterhelésekre hatással vannak, akkor naponta kell mintáznunk a vízfolyást. Ebben az esetben az alapsokaság pontos visszanyeréséről van szó. A számításaink arra irányultak, hogy 90%-os megbízhatósági szinten, +/-10% hibaintervallumot engedve a heti méréseket véve alapsokaságnak, hány mintaszám szükséges az egyes komponensekre. A számításaink eredményeit, azaz hogy komponensenként hányszor kell mérni a víz minőségét időben, a 77. Táblázat, a 78. Táblázat és a 68. ábra mutatja.

77. Táblázat: A szükséges mintaszám időben komponensenként a Zala egy pontján (heti mérések, pirossal: a VKI szerint kiemelt paraméterek)

<i>Paraméter</i>	<i>Mintaszám</i>
Vízhozam	29
pH-labor	1
Vezetőkép.	1
Oldott O ₂	16
BOI ₅	19
KOI _{ps}	4
KOI _{Cr}	3
Karbonát	17
ÖLA	18
Ammónium-ion	36
Nitrit-ion	8
Nitrát-ion	23
ÖN	17
PO ₄ -P	24
ÖP	21

78. Táblázat: A szükséges mintaszám időben komponensenként a Zala egy pontján (havi mérések, pirossal: a VKI szerint kiemelt paraméterek)

<i>Paraméter</i>	<i>Mintaszám</i>
Ca	2
Mg	2
Na	2
K	3
klorid	3
SO ₄	3
ÖOA	1
m-lúgosság	1

Sajnos a Zala adatsorokban néhány komponens nem szerepelt, amelyeket a méréseink során, a három teszterületen vizsgáltunk, ezért nem tudjuk, azok hány mintavétel igényelnének időben. Így pontos költségeket nem tudunk megadni időben rétegzett mintavétel esetére. Az időbeli mintavételi gyakoriságra a következő alternatívákat javasoljuk:

Alternatíva 1: szezonális rendszerességű mérések, azaz minden évszak közepén egy mérés (ez a minimum követelmény az EU tagországok számára). A pH-t, a lúgosságot, az ÖOA-t, a kalcium-, a magnézium-, a nátrium-, a kálium-, a klorid-, szulfát- koncentrációt,

valamint a KOI_{ps} -t és a KOI_{Cr} -t elegendő alkalommal mérjük. Ekkor a VKI szerint kiemelt paraméterekre a következő hibák adódnak: oldott oxigén: 23%; BOI_5 : 26%; ammónium-ion: 53%; nitrát-ion: 30%; nitrit-ion: 15%; TN: 24%; foszfát: 32%; TP: 28%. **Becsült költség: 280.000 Ft/év/mintavételi pont**

Alternatíva 2: Tizenhat mintavétel évente, azaz nagyjából háromhetente egy minta. Az első alternatívában szereplő szezonális méréseken túl a többi komponenst még tizenkét alkalommal kellene vizsgálni. Ebben az esetben, az egyes alternatívában ismertetett komponenseken kívül az oldott oxigén és a nitrit-ion tartalom esetén a hibahatár alatt maradunk. A többi főbb komponensre a hiba: oldott oxigén: 10%; BOI_5 : 12%; ammónium-ion: 24%; nitrát-ion: 14%; foszfát: 14%; TP: 13%; TN: 19%.

Becsült költség: 1.062.000 Ft/év/mintavételi pont

Ennél a javaslatnál figyelembe vettünk **Szabó et al. (2005)** a Tisza-folyón végzett kutatási eredményeit az időbeli mintavételi gyakoriságra vonatkozóan. Publikációjuk szerint összehasonlítva a napi, heti, kétheti, havi, szezonális és ennél ritkább (4, 3, 2, 1 db/év) méréseket a Tiszán, nem mutatkozik nagy különbség a napi és havi rendszerességű mérésekben, de évi tizenkét mintánál kevesebb a folyók kémiai vízminőségét tekintve már súlyosan hibás eredményeket hozhat.

Alternatíva 3: Huszonhat mintavételi pont, azaz kéthetente egy mintavétel. A második alternatíva szerint vizsgálnánk tizenhat alkalommal, valamint még tízszer azokat a komponenseket, melyeknél még nem elég alacsony a hiba. Ekkor az ammónium-ion tartalmat kivéve minden komponenst a hibahatár betartásával mintázunk. Az említett paraméterre a hiba: ammónium-ion: 15%;

Becsült költség: 1.717.000 Ft/év/mintavételi pont

Alternatíva 4: Harminchat mintavételi pont időben egyenletesen elosztatva. Ha ezt az alternatívát választjuk, akkor minden komponenst a hibahatáron belül mérünk.

Becsült költség: 2.372.000 Ft/év/mintavételi pont

Összegezve: Négy alternatívát dolgoztunk ki az időbeli mintavételi gyakoriság meghatározására. Az első alternatívában szezonális mérések szerepelnek, a negyedikben az ammónium-ion miatt szükséges harminchat mérést mutatom be. Csak az utolsó variációnál tartható a hibahatár, de a kisvízfolyásokon ilyen gyakori mérések nehezen kivitelezhetők, így érdemes megfontolni a kisebb mintaszámú, így olcsóbb, ám nagyobb hibával rendelkező alternatívák alkalmazását is. A becsült költségek 280.000-2.400.000 Ft-ig változnak, így a mintavételi gyakoriság megválasztása anyagi okokból kényes feladat, hiszen csak a legdrágább alternatívát választva tarthatók az előírások.

10.6.2 Részösszefoglaló

A Zala adatai alapján, a három teszterületen évente 1-36 alkalommal kell mintát venni a paraméterektől függően. A legváltozékonyabb komponens az ammónium-ion tartalom, a legstabilabb a pH és a vezetőképesség. Abban az esetben, ha harminchatszor mintázunk a víztesteket évente, óriási költségekkel kell számolnunk, de az információvesztés csak ekkor marad a megengedett keretek között. Négy alternatíva került kidolgozásra a mintavételi pontok számának és a hiba optimalizálásának elősegítésére. A négy alternatíva

közül az utolsó mutatja be a számítások alapján szükséges mintavételi gyakoriságot, de mivel az szinte megvalósíthatatlan, vizsgáltunk ritkább gyakoriságú eseteket is.