

Csapadék cseppspektrum adatok elemzése az OMSZ mérőhálózatában

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
METEOROLÓGUS SZAKIRÁNY



Készítette:

Kovács Dorottya

Témavezető:

Sebők István

Országos Meteorológiai Szolgálat

Tanszéki konzulens:

dr. habil. Ács Ferenc

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2015

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Csapadékmérés.....	4
3. Csapadékmérő műszerek.....	6
3.1. Hagyományos csapadékmérés	6
3.1.1. Oláh-Csomor-féle csapadékmérő	6
3.1.2. Hellmann-féle csapadékíró.....	9
3.2. Billenőedényes csapadékmérő	10
3.3. Súlyméréses csapadékmérő	14
3.4. Lambrecht DGN csapadékmérő.....	18
3.5. Cseppspektrum mérő	20
4. Esettanulmányok.....	27
4.1. Havi csapadékösszegek.....	27
4.2. Budapest – 2015. május 2-3.	32
4.3. Paks – 2015. május 6.	35
5. Összefoglalás	38
Köszönetnyilvánítás	40
Irodalomjegyzék.....	41
Internetes források.....	42
Függelék	43

1. Bevezetés

A csapadék fontos alkotórésze a vízkörforgalomnak és nagy befolyása van a környezetre és az élőhelyekre. A meteorológiai paraméterek közül a csapadék rendelkezik legnagyobb térbeli és időbeli eloszlással, azonban számos területnek szüksége van a pontos mérésre, illetve az előrejelzésére, például árvizek előrejelzésénél. Gazdasági és társadalmi szempontból is fontos, hiszen egy-egy csapadékos helyzet befolyással lehet a mezőgazdaságra, turizmusra, közlekedésre, valamint az éghajlat alakulását is erősen befolyásolják a csapadékviszonyok.

Csapadék mérésénél számos tényező torzíthatja az eredményeket, így nem meglepő, hogy többféle módszert kidolgoztak már a csapadék mérésére. A szakdolgozatom egyik célja, hogy bemutassam az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásain használatos csapadékmérő műszereket. Ismertetem a hagyományos mérés során alkalmazott eszközöket, a súlymérésen alapuló műszert, valamint külön hangsúlyt fektetek a billenőedényes és a cseppspektrum mérő műszerekre és részletesebben bemutatom ezeket az eszközöket.

Az országban jelenleg 460 helyen történik hagyományos csapadékmérés, 105 állomáson alkalmaznak billenőedényes műszert, 156 súlymérés elvén működő eszközt és 18 cseppspektrum mérőt telepítettek különböző állomásokon. A 4 különböző típusú mérés mellett radar mérések is rendelkezésre állnak a csapadék meghatározására. Elmondható tehát, hogy az OMSZ csapadékmérő hálózata jól lefedi az ország területét.

Mivel a műszerek működési elve eltérő módszereken alapul, így a mérés során különböző hibák léphetnek fel. A mérést befolyásoló tényezők műszertípusonként eltérő természete miatt eltérő értékeket kaphatunk egy-egy időjárási helyzetben. Szakdolgozatom második részében a csapadékmérő műszerek által mért adatokat dolgoztam fel. Különböző eseteket figyelembe véve elemeztem és összehasonlítottam az egyes méréseket. Szemléltettem többek között hagyományos, billenőedényes és cseppspektrum mérő méréseiből származó havi csapadékösszegeket. A legnagyobb havi csapadékösszeg eltéréseket napi szinten is megvizsgáltam keresve a mérések közötti eltérés okait. A rendelkezésre álló 10 perces adatokból sikerült magyarázatot találni a különbségek okaira. A budapesti állomásról a közelmúltból perces felbontású csapadékmennyiségeket is összevettem különböző esetekre vonatkozóan. A következtetéseket, tapasztalataimat az utolsó fejezetben foglaltam össze.

2. Csapadékmérés

Csapadéknak nevezzük azt a légkör vízgőztartalmából származó cseppfolyós vagy szilárd halmazállapotú vízmennyiséget, ami a földfelszínre hullik vagy a talajfelszíni tárgyakon kicsapódik (*World Meteorological Organization, 2008*). A csapadékfajtákat különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk. Az egyes csapadékokat rendszerezhetjük keletkezésük, halmazállapotuk és intenzitásuk szerint is.

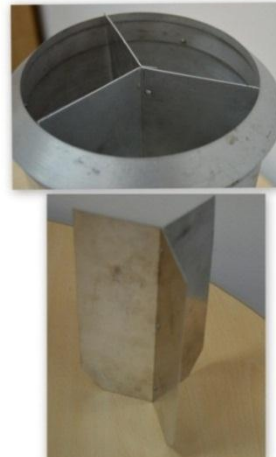
Keletkezésük helye alapján előfordulhatnak a térfogaton belüli kondenzációból kialakuló hulló csapadékok, más néven makrocsapadékok; illetve a felszíni tárgyak felületén kicsapódó felszíni, mikrocsapadékok. Az utóbbihoz tartozik a harmat, a dér és a zúzmara is. Hulló csapadék a szitálás, eső, záporosó, havazás, havas eső, hódara, jégdara, jégeső, ónos eső. Halmazállapot szempontjából cseppfolyós és szilárd csapadékokat különböztetünk meg. A szilárd halmazállapotúak esetében lehet kristályos csapadék (jégtű, hó, závorszerű hóesés, havaseső, závorszerű havaseső) vagy szemcsés csapadék (szemcsés hó, jégzemcsék, hódara, jégdara, jégeső) (*Baros et al., 2006*). Intenzitás szerint lehet a csapadék gyenge, közepes vagy erős intenzitású.

A csapadékmérés célja, hogy információt kapjunk a csapadék területi eloszlásáról adott időtartamon (1 óra, 1 nap, 1 év stb.) belül, illetve az időbeli eloszlásáról egy adott pontban (intenzitás). Különösen nagy jelentősége van a csapadék intenzitásának egy adott pontban, ha rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadék hullik (*Baros et al., 2006*). Mérés során megadjuk a csapadékmennyiséget, az intenzitást és a csapadékhullás időtartamát. A mennyiséget annak a vízrétegnek magasságával adjuk meg, amely egy teljesen sima és vízszintes talajfelszínen állna, ha a lehullott csapadékból (hó esetén a felolvadt hóléből) semmi nem folyna, párologna el és nem szivárogná be a talajba. Milliméterben (mm) fejezzük ki ezt az értéket és a mérést 0,1 mm pontossággal adjuk meg (*Czelnai, 1980*). Egy milliméter csapadék egy négyzetméternyi vízszintes felszínen egy liter vízmennyiséggel egyezik meg. A hó esetében a vastagságot centiméterben adjuk meg, egy centiméter friss hó körülbelül egy milliméter csapadékmennyiséggel egyenlő, de ez függ a hókristályok szerkezetétől, méretétől és a hó sűrűségétől (*Baros et al., 2006*). Az időegység alatt lehullott csapadék mennyiségét, az intenzitást milliméter/óra (mm/h) mértékegységben adjuk meg. Csapadékhullás esetén a jelenség elejét és végét is meg kell határozni. Egy csapadéknapi időtartama 24 óra, adott nap 6:45 órájától a következő nap 6:45 óráig tart. A hagyományos állomásokon naponta egy alkalommal, vagy ha lehetőség van rá, többször (12, 6 óránként) lemérik a hullott csapadékot, melyből megkapjuk a napi

csapadékösszeget. Az automata mérőműszerekkel ellátott állomások esetében 10 perces mérési adatok állnak rendelkezésre. Ha 0,1 mm alatti csapadék hullik, azt nyomcsapadéknak nevezzük (Baros et al., 2006).

A csapadékmérő műszereket átfogóan ombrométereknek nevezzük. Megkülönböztetünk hagyományos és automata eszközöket. Hagományos mérők közé tartozik az Országos Meteorológiai Szolgálat által is használt Oláh-Csomor-féle kettősfalú csapadékmérő, valamint ennek elődje a Hellmann-féle csapadékmérő. Automata műszerek közé tartozik a billenőedényes (billenőcsészés) csapadékmérő, a súlyméréses csapadékmérő, valamint a cseppspektrum mérő (diszdrométer), melyek mind megtalálhatóak az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásain. A csapadék mérésére szintén alkalmasak a csapadékírók, az úgynevezett ombrográfok. Hagományos csapadékíró többek között a Hellmann-rendszerű és az Anderkó-Bogdánffy-féle mérleges csapadékíró (Baros et al., 2006).

Minden csapadékíró és csapadékmérő elhelyezése során oda kell figyelni különböző paraméterekre. A műszereket szabad helyen, minden kiemelkedő tereptárgytól (épülettől, fától, bokortól, stb.) legalább olyan távol, mint amilyen magas az adott tárgy, azaz árnyékmentesen kell elhelyezni (Bacsó et al., 1951). Így a csapadék legalább 45°-os szögben akadálytalanul juthat be minden irányból a felfogóedénybe. Az erős szél is befolyásolhatja a mérést, csökkentheti a felfogott csapadékot, főként havazásnál. Ennek kiküszöbölésére szélárnyékoló esőgallért (1. ábra), vagy télen hókeresztet (2. ábra) használnak. A csapadékmérő műszerek elhelyezésénél arra kell még ügyelni, hogy a felső gyűrűjének éle a talajtól 1 méter magasságban legyen (Baros et al., 2006). Ez a kritérium teljesül a hagyományos, a billenőedényes és súlyméréses csapadékmérőkre, a cseppspektrum mérő esetében azonban nem.



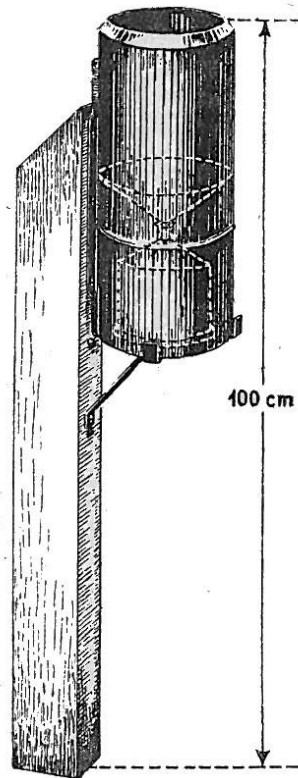
1. ábra: Szélgallérral ellátott csapadékmérő (Vaisala VRG-101) 2. ábra: Hókereszt

3. Csapadékmérő műszerek

3.1. Hagyományos csapadékmérés

3.1.1. Oláh-Csomor-féle csapadékmérő

Az Országos Meteorológiai Szolgálat hagyományos állomásain jelenleg Oláh-Csomor-féle kettősfalú állomási csapadékmérőt használnak a csapadékmennyiség mérésére [5 - Útmutató]. Ez az alumíniumból gyártott műszer a régi horganylemezről vagy rézlemezről álló Hellmann-féle csapadékmérő (3. ábra) továbbfejlesztése során készült el (Czelnai, 1980). 1966-ra már az egész hálózatban lecserélésre kerültek a Hellman-féle eszközök, és átvette helyüket az Oláh-Csomor-féle csapadékmérő (4. ábra).



3. ábra: Hellman rendszerű csapadékmérő (Bacsó et al., 1951)

Az Oláh-Csomor-féle műszer egy oszlopra rögzített fém tartókosárban helyezkedik el, és a csapadékmérő három részből áll: felfogóedény, tartóedény, gyűjtőedény. A felfogó rész egy 159,6 mm belső átmérőjű, éles peremű, alumínium gyűrű. A műszer felfogó területe 200 cm^2 . A két vékonyfalú alumíniumhengert, a belül található tölcserűt és a kívül látható műszerköpenyt az alumíniumgyűrű tartja össze (Czelnai, 1980). A kettős falú alumínium réteg célja, hogy csökkentse a műszer saját felmelegedését és ez által a csapadék párolgását

is. A belső tölcseken keresztül a felfogott vízmennyiség a gyűjtőedénybe kerül, melynek befogadóképessége 90 mm (Baros *et al.*, 2006).

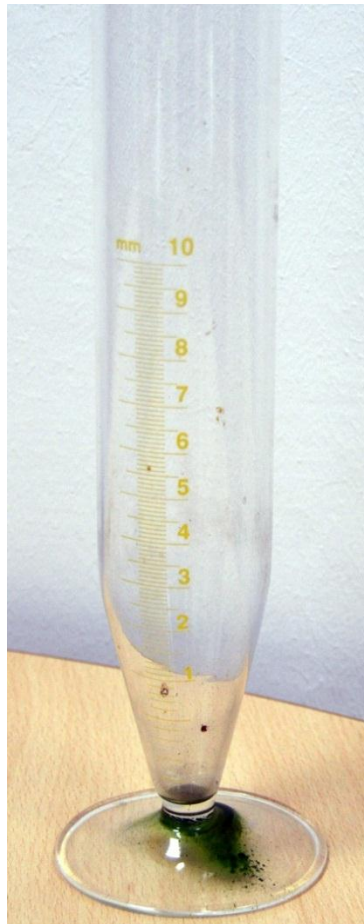


4. ábra: Oláh-Csomor-féle csapadékmérő az Országos Meteorológiai Szolgálat pestszentlőrinci állomásán



5. ábra: Oláh-Csomor-féle csapadékmérő részei:
a) tartóedény, b) gyűjtőedény, c) felfogóedény, d) hókereszt

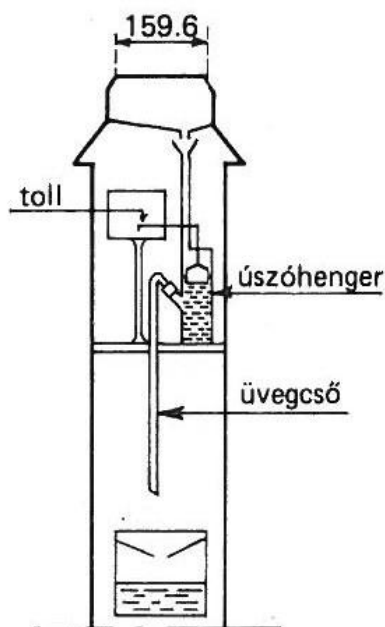
Az észlelő a méréskor leemeli a felső részt, kiveszi a gyűjtőedényt és a csapadékvizet egy tizedmilliméteres beosztással rendelkező csapadékmérő üveghengerbe (5. ábra) tölti (Czelnai, 1980). A leolvasásnál figyelni kell arra, hogy a mérőhenger talpa vízszintes legyen (Baros et al., 2006). Az edény keresztmetszete folyamatosan szűkül alul, 1 mm beosztás alatt. Ennek oka, hogy így a kis mennyiségű, 1 mm-nél kisebb csapadékot is pontosan tudják mérni (Bacsó et al., 1951). A csapadék mérése hasonló módon történik, ha az hó vagy más szilárd halmazállapotú csapadék formájában esik. Szobahőmérsékleten megolvasztják és úgy mérik meg a mennyiséget, illetve van olyan típus, amelynél már fűtőszálakkal vannak felszerelve a felfogóedények. A téli időszakban úgynevezett hókeresztet (2. ábra) használnak, ami kisebb részekre osztja a felfogóteret csökkentve a szél hatását, így megakadályozza a hó kifúvását (Baros et al., 2006). Azokon a csapadékmérő állomásokon, ahol naponta egy megfigyelést végeznek, az észlelés 6 óra 45 perckor történik és a csapadékmennyiség a mérést megelőző naptári napra vonatkozó csapadékösszeg. Ez a műszer nem igényel rendszeres ellenőrzést, azonban figyelni kell, hogy a felfogóedénybe ne kerüljön olyan tárgy (pl.: falevél, bogár stb.), ami eltömheti az elvékonyodó tölcsért [5 - Útmutató].



6. ábra: Csapadékmérő üveghenger

3.1.2. Hellmann-féle csapadékíró

A csapadék mérésére az úgynevezett ombrográfok (csapadékírók) is használhatók. A hazai meteorológiai szolgálat állomásain a Hellmann-féle úszóhengeres csapadékíró (7. ábra) terjedt el. A műszer a csapadékmennyiség meghatározása mellett az intenzitás számszerűsítésére is használható. Ennek az eszköznek a segítségével a lehullás idejét is megadhatjuk. Azonban csak cseppfolyós halmazállapotú csapadék mérésére használható, ezért a téli időszakban ezt a műszert megfelelő fűtőtesttel kell felszerelni. A felfogó résznél a műszernél is egy 159,6 mm átmérőjű gyűrű. A felfogó nyíláson, a tölcserén és a csövön keresztül befolyik a víz az úszót tartalmazó hengerbe, ami vékony rézlemezéből készült. Az úszó függőleges rúdja egy írókar van felszerelve. Ahogy a víz bejut a hengerbe, az felemeli az úszót és vele együtt az írókart is, melynek a végén az írótoll a forgódobozhoz ér. A mért érték tizedmilliméteres pontossággal megadható, mivel a rajz a csapadékot nagyítva mutatja. Ha a gyűjtőhengerben a csapadék mennyisége eléri a 10 mm-t, akkor a ferdén kinyúló szívócső üríti a hengert és az írókar visszakerül alaphelyzetbe. Hosszabb, folyamatos esőzések folyamán, amikor többször kiürül a henger, a műszer „fűrészfogas” regisztrátumot ad. A csapadék intenzitásáról ad információt a ferde szakaszok meredeksége, valamint a fűrészfogak időbeli sűrűsége (Baros et al., 2006).



7. ábra: Hellmann-féle úszóhengeres csapadékíró (Czelnai, 1980)

3.2. Billenőedényes csapadékmérő

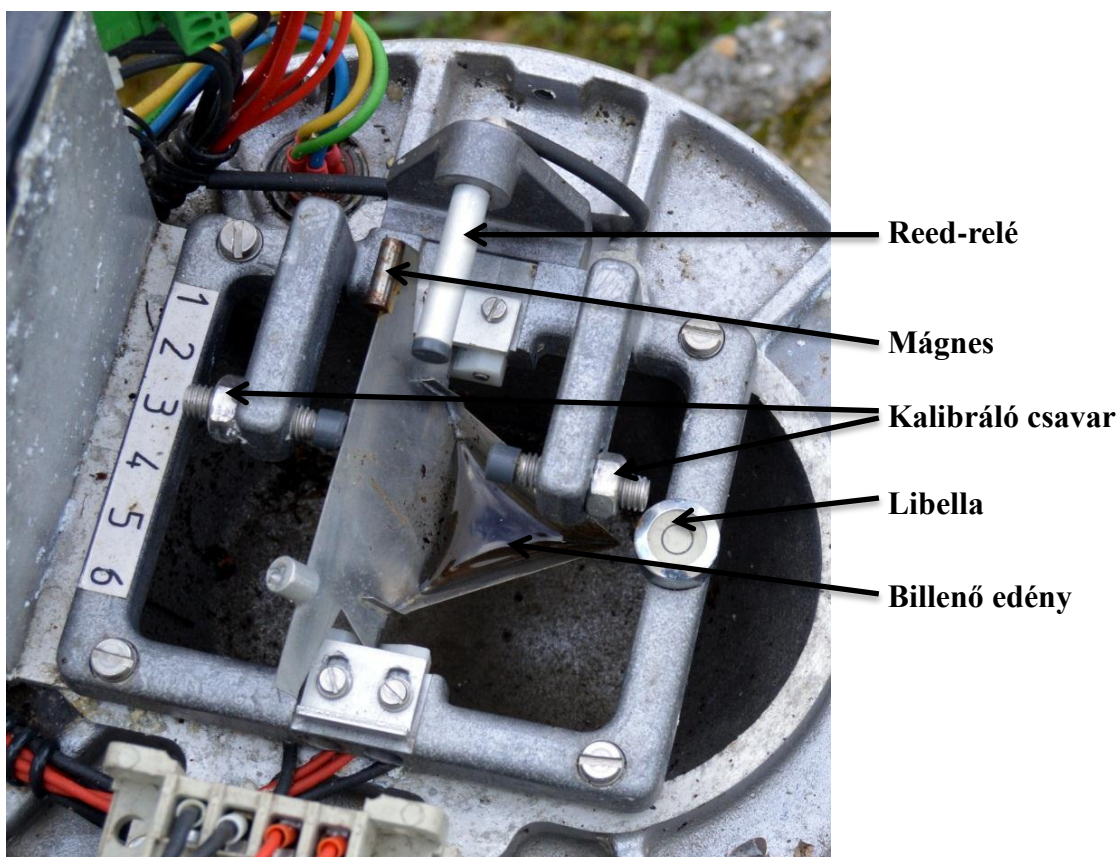
Ahogy a legtöbb meteorológiai műszer esetén, úgy a csapadékmérés terén is megkezdődött XX. században a műszerek automatizálása. Az 1990-es évektől megjelentek a hazai mérőhálózatban a billenőedényes („billenőcsészés”) csapadékmérők (8. ábra). Ez az eszköz a jelentő automaták csoportjába tartozik. A jelentő automaták esetében a mérési adatok továbbítása kétféleképpen történhet, vagy szabályos időközönként történik az eredmények továbbítása vagy a központból kérdezik le az állomás adatait (Baros *et al.*, 2006). A fent említett billenőedényes műszer terjedt el legjobban, amelynek segítségével a csapadék mennyiségét és intenzitását kaphatjuk meg.



8. ábra: Billenőedényes csapadékmérő az Országos Meteorológiai Szolgálat pestszentlőrinci állomásán

A meteorológiai állomásokon LAMBRECHT gyártmányú (15188H, 1518H3 típusú) német műszereket telepítettek, működési elvük egyszerű. Ezek a mérőeszközök kétkamrájú billenőcsészével vannak ellátva, melyek könnyűfémből vagy nemesacélból készülnek. A csapadékvíz befolyik a cseppgyűjtő tölcseréből és beleesik az egyik csészébe. Ha a csapadék elér egy bizonyos szintet ebben az edényben, akkor a szerkezet átbillen. Az edényben összegyűlt csapadék kifolyik alul a műszerből, a további beérkező csapadékvíz

pedig a másik csészébe esik. Majd ha az is megtelik, megismétlődik az előbbi átbillenés, így felváltva esik a két csészébe a csapadék. A billenések számából kaphatjuk meg a csapadék mennyiségét (Baros et al., 2006). A szerkezet átbillenésekor elektromos jel létrejöttére is szükség van, hogy a műszer regisztrálni tudja az adatot, ezt reed-relé segítségével érik el (9. ábra). Az áramkör alapesetben nyitva van és átbillenéskor az edényhez rögzített mágnes elhalad a reed-relé mellett, mely egy pillanatra zárja az áramkört. A telepítéskor libella segítségével állítják vízszintes helyzetbe a műszert.



9. ábra: A billenőedényes műszer szerkezeti felépítése

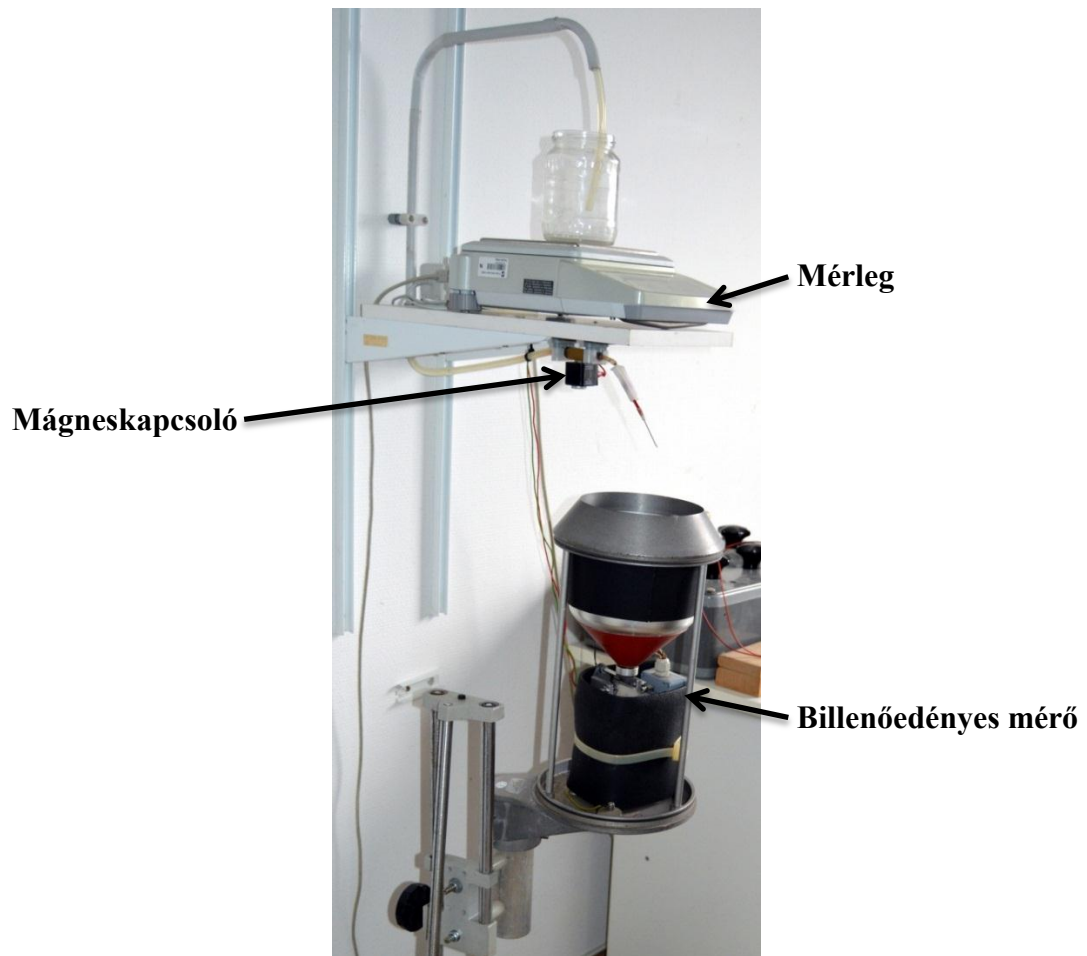
Az átbillenés általában 0,1 mm csapadékmennyiség után történik, de ez változhat a különböző típusú műszereknél. Ez az érték függ attól, hogy mekkora a billenőcsésze térfogata. Például ha a felfogó felület 500 négyzetcentiméter, akkor 0,1 mm csapadékmennyiség esetén 5 köbcentiméternyi vizet fog fel a műszer [2 - Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek]. A billenőedényes csapadékmérők felfogó felülete azonban általában a WMO szabványnak megfelelően 200 négyzetcentiméteresek. Ezekhez 2 vagy 4 köbcentiméteres csészék tartozhatnak. Két köbcentiméteres esetén a mérési tartomány 0,1 mm, négy köbcentiméteresnél 0,2 mm [1 - www.lambrecht.net]. A billenőedényes műszerek mérési pontossága $\pm 3\%$ [4 - Részjelentés]. A csapadékinzítás mérési

tartománya két köbcentiméteres billenőedény esetén 0-10 mm/ min, négy köbcentiméteresnél pedig 0-20 mm/min [1 - www.lambrecht.net].

A billenőcsészés csapadékmérő műszereket úgy alakították ki, hogy azok fűthetőek legyenek, így télen is képesek adatokat szolgáltatni a csapadékról. A fűtőberendezés megoldja a havat vagy egyéb csapadékot. A melegítés során a csapadékvíz egy része elpárologhat, fűtési veszteség léphet fel, ezért a mérés nem lesz pontos, alulbecsli a csapadékot a műszer. A fűtés paraméterezésénél ügyelni kell arra, hogy a fűtési veszteség minimális legyen, viszont a lehullott szilárd halmazállapotú csapadék rövid időn belül folyékony lesz a tölcserén keresztül.

Nagyon gyenge szitálás, vagy nagyon gyenge esőnél előfordulhat, hogy nem telik meg az edény, nem történik átbillenés, így nem detektálja a csapadékot. Ekkor később még megtelhet a csésze, viszont így a csapadék kezdetének és megszűnésének idejét nem lehet pontosan megállapítani. Az is megtörténhet nyáron magas hőmérsékletek mellett, hogy a szitálás vagy gyenge eső elpárolog, mire megtelne a csésze, így a mérő alulbecsli a csapadékmennyiséget. Probléma adódhat akkor is, mikor hirtelen nagy mennyiségű csapadék hullik (erős zápor, felhőszakadás). A túl nagy intenzitásnál nem tudják követni a billenések a csapadékot, nem tud olyan gyorsan átbilleneni (és kiüríteni a tele csészét) a szerkezet, mint amire szükség lenne és a csapadék lefolyik a csészék mellett (World Meteorological Organization, 2008).

Az Oláh-Csomor féle csapadékmérővel ellentétben a billenőcsészés csapadékmérő sokkal több karbantartást igényel, és szükséges a műszer rendszeres kalibrálása. Az Országos Meteorológiai Szolgálat évente cseréli és kalibrálja a billenőszerveket [5 - Útmutató]. A műszer kalibrálása az Országos Meteorológiai Szolgálat kalibráló laboratóriumában történik (10. ábra). Egy nagy pontosságú (0,01 gramm) mérlegre helyeznek egy vízzel töltött tartályt. A mérleget és a billenőedényes mérőt összekapcsolják egy számítógéppel, így egy program segítségével követni lehet a két eszköz által megadott értékeket. A mágneskapcsolót a program kinyitja, így elkezd csepegni a víz az edényből a csapadékmérőbe. A számítógép minden billenés után rögzíti a mérleg adatait, így számszerűsíthető a mérés pontossága. Szükség esetén a kalibráló csavarokon állítva szabályozhatják be a műszert.



10. ábra: Csapadékmérő kalibrálása

3.3. Súlyméréssel csapadékmérő

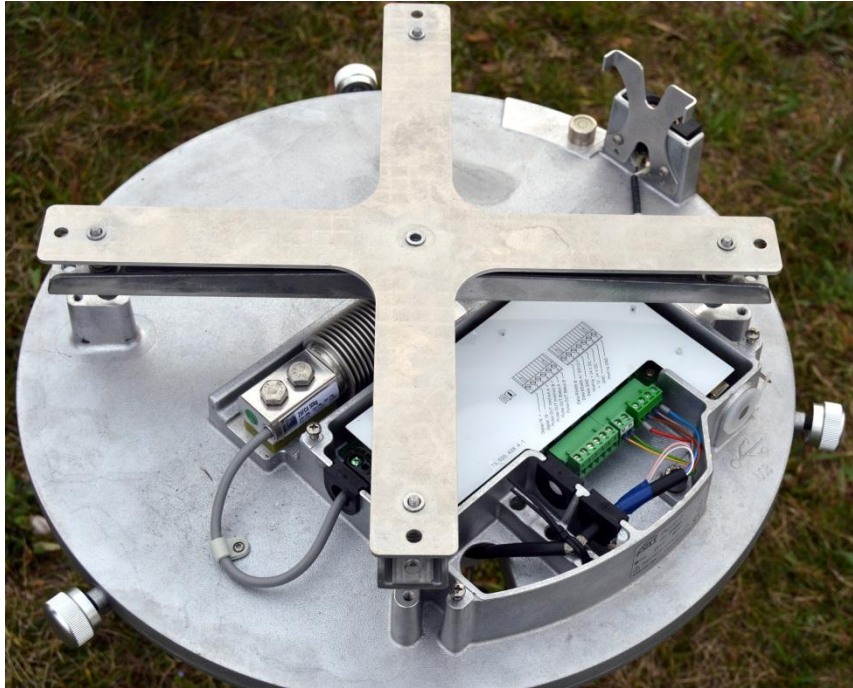
Az Országos Meteorológiai Szolgálat állomásain a 2006-os évtől jelentek meg a súlymérés elvén alapuló automata műszerek [4 - Részjelentés] (11. ábra). Jelenleg 157 ilyen eszközt használnak az országban, ezekből 15 az Országos Meteorológiai Szolgálat tulajdonában van, 141 pedig az Országos Vízügyi Főigazgatóság tulajdonában lévő vízügyi hálózathoz tartozik, de a rendszer üzemeltetéséért, kezeléséért az OMSZ felelős. A súlyméréssel csapadékmérő fő alkotóelemei a gyűjtőtartály (12. ábra) és a nagyon pontos mérleg (13. ábra). Ezeknél a műszereknél a tartály és a benne felhalmozódott csapadék tömegét rögzítik folyamatosan (*World Meteorological Organization, 2008*). A mért értékekből kaphatunk adatokat a csapadék mennyiségéről és intenzitásáról. Ez a műszer alkalmas mindenféle halmazállapotú csapadék detektálására, a folyékony és a szilárd halmazállapotú is méri. Ezek az eszközök általában nem képesek az önálló ürítésre, így nagy kapacitású tartályokra van szükség (*World Meteorological Organization, 2008*). A műszer felfogó területe is különböző nagyságú lehet, van olyan, amelynek a felfogó felülete 200 cm² és 1500 mm csapadékot képes felvenni, illetve van olyan is, amely a 400 cm²-es felfogó terület mellett 750 mm csapadék felfogására képes (*OTT Hydromet GmbH*).



11. ábra: Súlyméréssel csapadékmérő az Országos Meteorológiai Szolgálat pestszentlőrinci állomásán



12. ábra: Mérlegen elhelyezett gyűjtőtartály



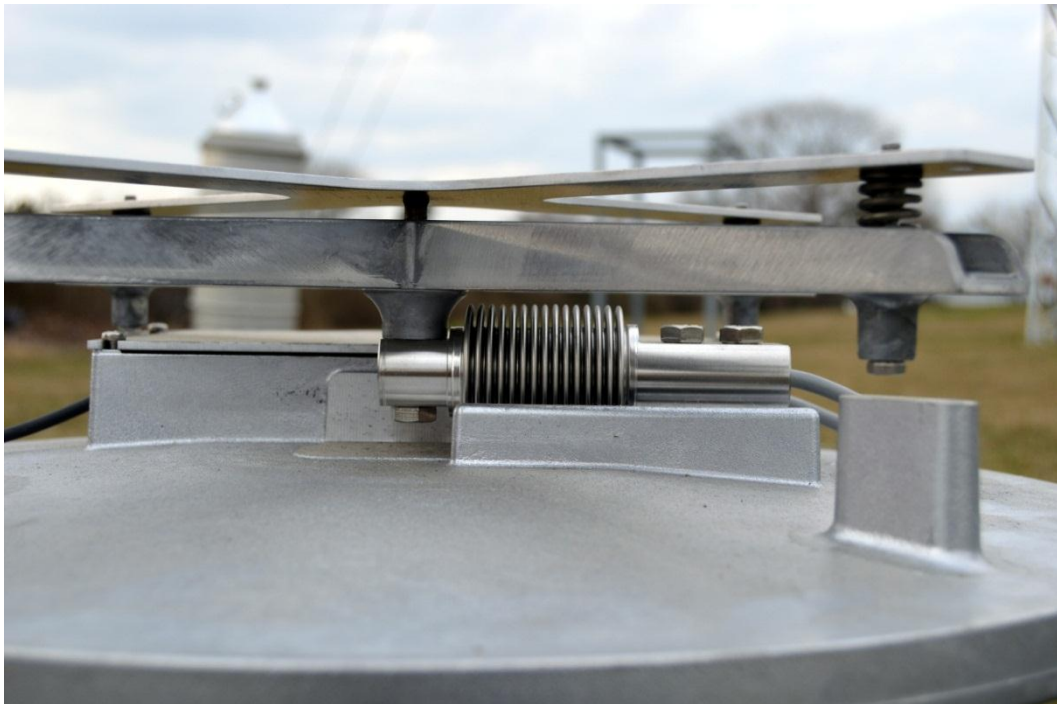
13. ábra: Mérlegszerkezet

Az Országos Meteorológiai Szolgálat pezsztentlőrinci állomásán OTT Pluvio² gyártmányú, 200 cm² felfogó területű, 1500 mm csapadék befogadására képes mérő található. A műszer mérő szerkezete egy nagy pontosságú, stabil, rozsdamentes acélból készült mérlegcella (14. ábra), amely el van szigetelve a környezeti hatásoktól. A mérlegcellát egy mechanikus túlterhelés elleni védelem óvja meg a túl nagy erők okozta károsodástól.

A szenzor hat másodpercenként meghatározza a gyűjtőedény súlyát és vele együtt a tartalmát is 0,01 mm-es felbontással. A mért érték és az üres gyűjtőedény alapsúlyának különbségéből megadja a tartály pillanatnyi feltöltési szintjét. Az aktuális és az előtte lévő felöltési szint közötti különbség megadja a csapadékkintenzitást mm/min vagy mm/h mértékegységben.

Egy speciális szűrő algoritmus megakadályozza a mérési eredmények meghamisítódását, (pl.: szél hatása). Ha viharos légáramlatok haladnak át a műszer felett, akkor az egész vízgyűjtő tartályban, oszcilláció (ingadozás) figyelhető meg a mérleg értékeiben. Valós és nem valós idejű adatok állhatnak rendelkezésre, attól függően, hogy a szűrő algoritmus fut-e. Valós idejű eredmény esetén a Pluvio² kiadja a mérési eredményeket a csapadékos esemény fellépése utáni egy percen belül. Ennek előnye, hogy gyors a reakcióideje és a csapadékkintenzitásról pontos értéket kaphatunk. A nem valós idejű eredményt a műszer a csapadék megjelenése után 5 perccel adja ki. Finom csapadék

(< 0,1 mm/ min) esetében a kiadás késleltetése akár 65 perc is lehet. Az algoritmus előnye, hogy a csapadékmennyiség értékéről precízebb értéket kaphatunk. A műszer által szolgáltatott adatsor tartalmazza többek között a valós idejű intenzitást, a műszer újraindítása óta hullott csapadékmennyiséget, a mérőcella hőmérsékletét, stb. A csapadékintenzitást 0,2 és 30 mm/min közötti tartományon tudja mérni ± 6 %-os pontossággal. A csapadékmennyiség esetén a mérési tartomány 0,2 – 500 mm, az értéket 0,01 mm felbontással és ± 5 %-os pontossággal adja meg (*OTT Hydromet GmbH*).



14. ábra: Súlymérő (mérlegcella)

Az ilyen típusú műszereket úgy kell üzemeltetni, hogy a párolgási veszteség minimális legyen. Ez megvalósítható pl. azáltal, hogy elegendő olajat vagy más párolgás gátlót tesznek a tartály belsejébe, így egy vékony réteg lesz a víz felszínén, mely megakadályozza a párolgást. A súlyméréses csapadékmérők különösen hasznosak a hó, jégeső, hó és eső keverékeinek detektálásakor, mivel a szilárd csapadékot nem kell a mérés előtt megolvasztani. Télen a vízgyűjtő tartályt feltöltik fagyálló folyadékkal. A fagyálló mennyisége függ a várható csapadék mennyiségétől és a minimum hőmérséklettől (*World Meteorological Organization, 2008*). A műszer fűtőberendezéssel is felszerelhető.

Ez az automata mérőeszköz azonban egyedül nem tudja azonosítani, hogy milyen típusú csapadék esett. Jelentős probléma lehet az is, hogy a csapadék, különösen az ónos eső vagy a havas eső, hozzátapad a mérő nyílásának belsejéhez és nem esik rögtön a

tartályba, csak valamivel később. Ez korlátozza a súlymérési mérőknél a pontos meghatározását a csapadékos esemény kezdetének (*World Meteorological Organization, 2008*). Arra is ügyelni kell, hogy ne kerüljön olyan szennyeződés (bogár, madárürülék, stb.) a tartályba, amely torzíthatja a mérést.

Ez a műszertípus kevés karbantartást igényel. Ez annak köszönhető, hogy nagy kapacitású a gyűjtőtartály és a műszer nagyon erős, masszív mérleggel rendelkezik. A mérlegcellát a terepen különböző nagyságú hitelesített referencia súlyokkal kalibrálják.

3.4. Lambrecht DGN csapadékmérő

A billenőedényes csapadékmérőt továbbfejlesztették, hogy kiküszöböljék a mérési pontatlanságokat. A LAMBRECHT DGN (15184H) típusú műszer (15. ábra) esetén kombinálták a súlymérési és a billenőedényes csapadékmérő működési elvét, ezáltal egyesítik a kétfajta típusú mérés előnyeit: nagyobb a felbontása és pontossága, mint a hagyományos billenőcsészés műszereknek és lényegesen kisebb, mint a súlymérésen alapuló eszközök (LAMBRECHT meteo GmbH, 2013). Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál még nincs használatban ez az új típusú eszköz, de tesztmérések céljából már beszerzésre került két műszer.

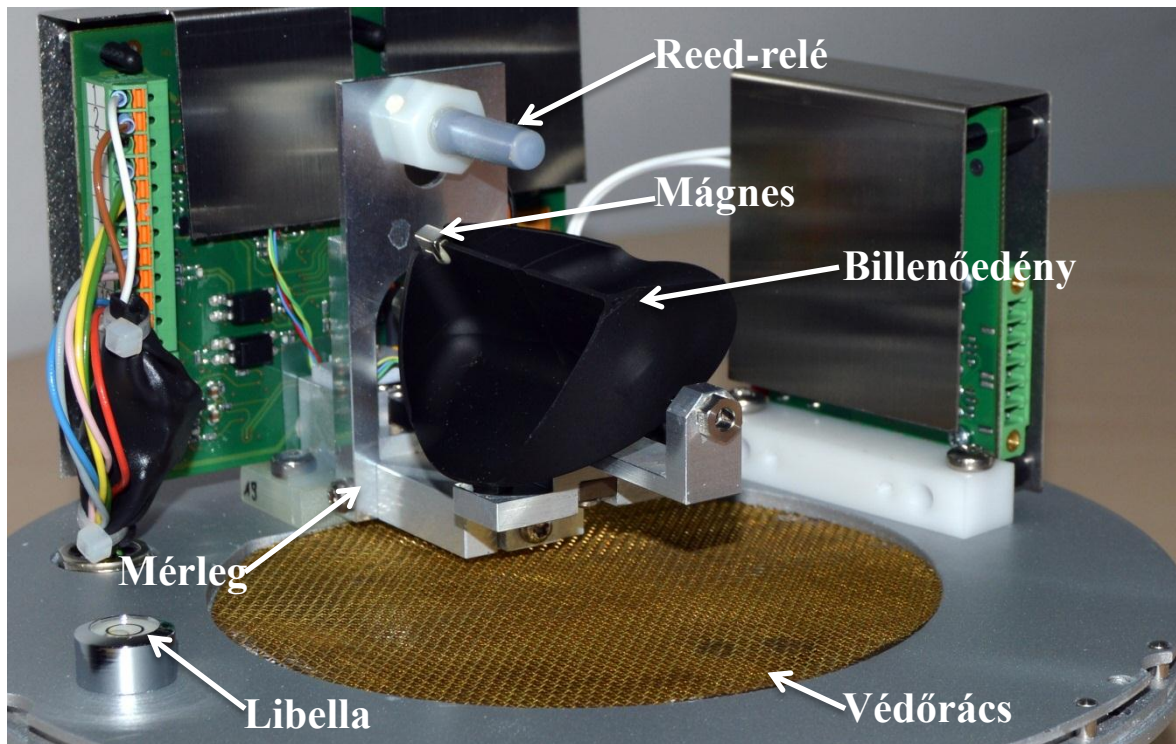


15. ábra: A DGN típusú csapadékmérő

A DGN típusú szenzor is a csapadék mennyiségét és intenzitását méri. A belső felépítése (16. ábra) hasonló, mint a régebbi típusú billenőedényes mérőnek. Folyadék halmazállapotú csapadékfajtákat tudja mérni, a szilárd vagy vegyes halmazállapotúak esetén csak olvasztás után történik a detektálás. A belső fűtés két részre osztható. Az első a gyűjtőtölcsér belső oldalán található és a szilárd csapadékot olvasztja meg, amíg másik pedig a védőrács alatt található és megakadályozza, a kifolyó csapadék megfagyását.

A felfogó területe 200 cm^2 . A súlymérési csapadékmérővel szemben ez a műszer önállóan kiüríti a csapadékot és ez lehetővé teszi a megszakítás nélküli mérést. A DGN a

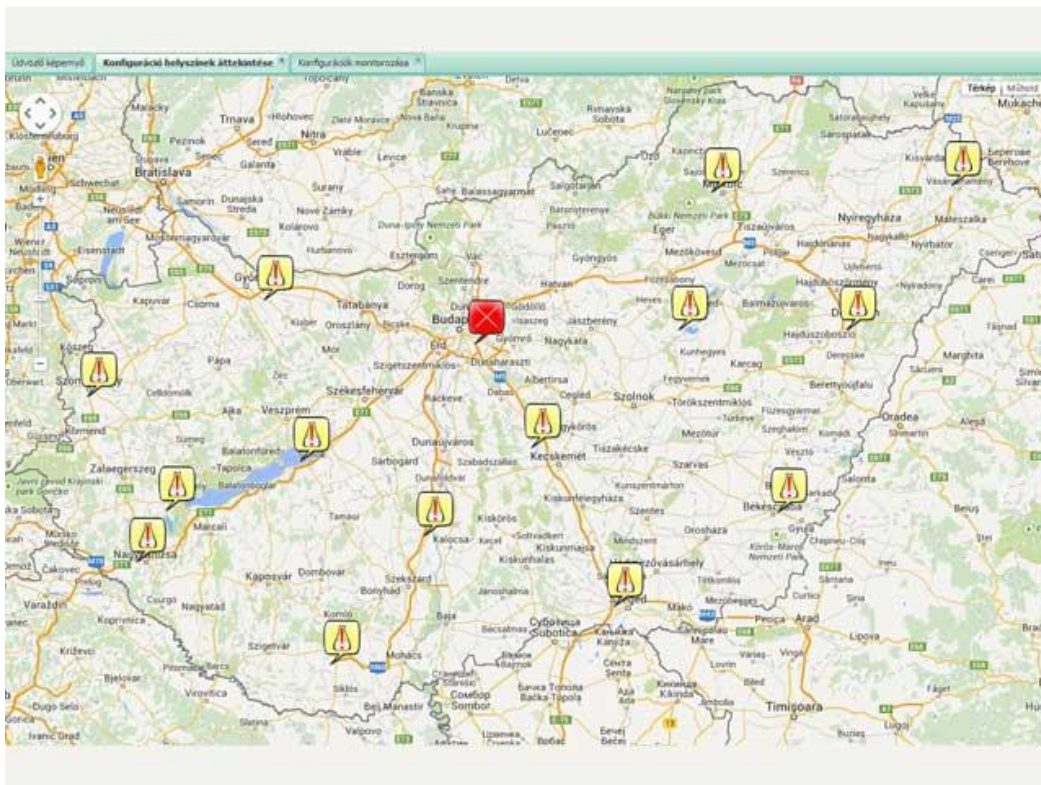
következő értékeket méri, illetve számítja: csapadékmennyiség, csapadékindenzitás, minimum/maximum csapadékindenzitás, stb. A csapadékmennyiséget 0,01 mm-es felbontással 6 mm/min-nél kisebb intenzitásnál körülbelül ± 1 %-os, 6 mm/min-nél nagyobb intenzitás esetén pedig ± 2 %-os pontossággal képes mérni. A csapadékindenzitást 0 – 22 mm/min (0 – 1200mm/h) tartományon tudja mérni $\pm 0,1$ mm/min-es (± 6 mm/h) pontossággal (LAMBRECHT meteo GmbH, 2013).



16. ábra: A DGN típusú csapadékmérő belső szerkezete

3.5. Cseppspektrum mérő

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőhálózatában jelenleg 18 állomáson működtetnek automata cseppspektrum mérő műszereket, melyek többek között alkalmasak a csapadék pillanatnyi intenzitásának mérésére is. Az eszköz segítségével kiegészítő információkat kaphatunk a radarhálózat csapadékméréseinek pontosításához, illetve az adatok kalibrálásához (Gorgucci et al., 2001). A 2013-as év folyamán 14 állomáson, Miskolcon, Debrecenben, Békéscsabán, Szegeden, K-Pusztán, Pakson, Pécsen, Nagykanizsán, Sármelléken, Szombathelyen, Péren, Vásárosnaményén, Siófokon, Kiskörén. (17. ábra) német gyártmányú OTT Parsivel² típusú műszereket telepítettek [3 - Pályázatleírás]. A rendszer a telepítése óta Budapest-Pestszentlőrinc, Sopron, Kékestető (2 darab) állomásokkal bővült.



17. ábra: 2013-ban telepített cseppspektrum mérőhálózat [6 - www.met.hu]

Az OTT Parsivel² egy lézeren alapuló optika rendszer, mely alkalmas minden csapadékfajta teljes és pontos mérésére. A műszer és a tápegység egy talapzatra van ráillesztve (18. ábra). Maga a cseppspektrum mérő egy méter magas, a talapzat egy méter, így a csapadék mérése két méteren történik, ellentétben a többi csapadékmérő műszerrel, amelyeket úgy helyeznek el, hogy az eszköz felső pereme egy méter magasan legyen.



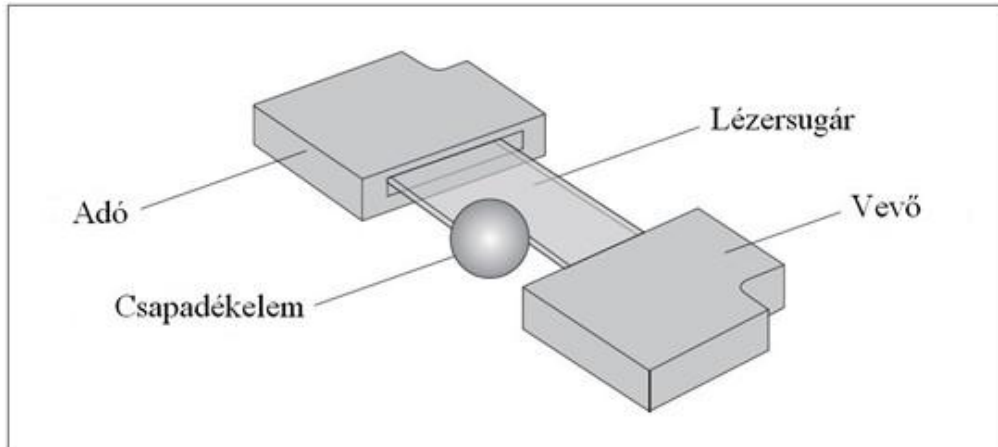
*18. ábra: Cseppspektrum mérő az Országos Meteorológiai Szolgálat
pestszentlőrinci állomásán*

A műszer segítségével megadható a csapadékelem mérete és sebessége is. Folyadék halmazállapotú csapadék esetén 0,2 és 5 mm közötti méreteket képes mérni, szilárd esetén 0,2 és 25 mm közötti értékeket. Emellett a csapadékelemek sebességét 0,2-20 m/s közötti tartományon tudja detektálni. A műszer segítségével a csapadékelemek a következő csapadékfajták szerint osztályozhatóak:

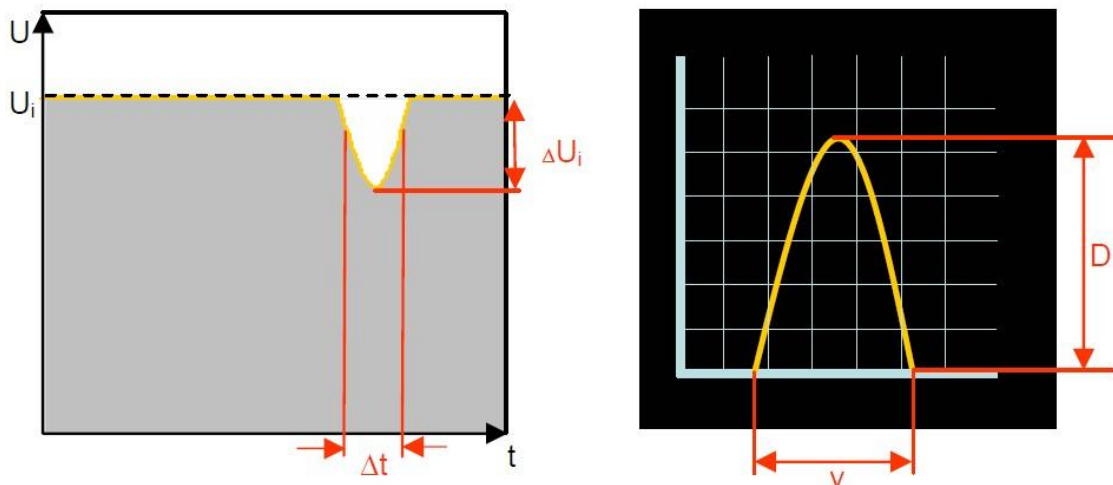
- szitálás,
- szitálás esővel,
- eső,
- eső, szitálás hóval,
- hó,
- hódara,
- fagyott eső,
- jég.

Az OTT Parsivel² alapja egy lézerszenzor, amely horizontálisan fénysávot (18x3cm) hoz létre, melyet a túloldali fejbe beépített detektor átalakít elektromos jellé. A

csapadékelem keresztülesik az adó és vevő közötti 54 cm²-es sávon, így egy részét felfogja a lézersugárnak (19. ábra) (OTT Hydromet GmbH, 2011). A vevőben mért feszültség ekkor változik és ebből lehet következtetni a részecske méretére és sebességére (20. ábra) (Löffler-Mang, 2008).



19. ábra: Cseppspektrum mérő működési elve (OTT Hydromet GmbH, 2011)



20. ábra: Csapadék méret és sebesség meghatározása (Löffler-Mang, 2008)

A lézersugáron keresztüleső csapadékrészecske kitakarja a lézersugárnak egy részét és így a vevő a kimeneti feszültség csökkenését detektálja. A csapadékelem mérete meghatározható a feszültségesés nagyságából, a sebessége pedig a feszültségesés időtartamával arányos. Minél nagyobb méretű a csapadékelem, annál nagyobb lesz a feszültségkülönbség és minél nagyobb a sebessége, annál rövidebb ideig tart ez a feszültségesés. A műszer 60 másodperceként szolgáltat adatokat. Beállítástól függően kaphatunk adatokat 10–3600 szekundumos időközönként is. A két meghatározott értékből,

a méretből és a sebességből a következő paraméterek származtathatók: méretspektrum, csapadékfajta, kinetikus energia, csapadékintenzitás, radar reflektivitás, látástávolság.

Méréskor adódhatnak problémák, többek között a szenzorfejről odafröccsenő csapadék révén. A lepattanó elemek miatt a mérés során hamis eredményeket kaphatunk. Ennek kiküszöbölésére mindkét szenzorfejet egy fröccsenésgátlóval látták el (21. ábra). A gátlón lévő sok apró lyukacska által a ráeső cseppek eloszlanak, így a fröcskölés miatt a lézersugárban nem lesznek másodlagos spektrumok rögzítve. Azonban ha ezek a kis lyukak madárürülék, pollen vagy más hasonló miatt eltömődnek, akkor a cseppeket nem tudják felosztani és szükségessé válik ennek a védőrésznek a tisztítása. Ez a fröccsenésgátló tisztítás céljából könnyen leszerelhető a szenzorfejről.

A cseppspektrum mérő esetében nincs szükség a szilárd csapadék megolvasztására, bármilyen halmazállapotú elemet detektálni tud, így nem lép fel párolgási veszteség sem. Nagy szél ellen nincs felszerelve semmilyen védelemmel, nem alkalmazható ennél az eszköznél a billenőedényes vagy súlyméréses mérőnél használt szélgallérral, ennek következtében télen erős hófúvaskor hamis eredményeket kaphatunk. Gondot jelenthet továbbá, ha például bogár átrepül a lézersávon, vagy pók beszövi pókhálójával a szenzorfejet. Ezeket viszont szűrni lehet a cseppspektrum adatok alapján.

A szenzorfejekben egy automata fűtés akadályozza meg a jégképződést. A szenzorfejben egy hőmérsékletérzékelő méri a hőmérsékletet, ennek az értéknek függvényében kapcsol be az automata fűtés. A fűtésszabályozást lehet igazítani a megfelelő éghajlati viszonyokhoz, például ha a fűtési hőmérsékletet 10°C-ra állítjuk, akkor ha az érzékelő hőmérséklete 10°C alá csökken, a fűtő áramellátása mindaddig be lesz kapcsolva, amíg a szenzorfejekben újra 10°C nem lesz. A beállított hőmérséklet alatt a maximális fűtési áramot a fűtésvezérlés a hőmérséklet csökkenésével fokozatosan emeli.

Az OTT Parsivel² a mért adatokat és állapotértékeket „telegram” formájában adja meg. Minden paramétert egy számmal azonosít, az 1 és 35 közötti intervallumban, továbbá a 90, 91, 93 számokkal jelöli az értékeket. A formátum is pontosan meg van határozva, azaz, hogy hány számjegyet foglalhat el az adat a táviratban, és hogy milyen formában/mértékegységben kapjuk meg az adott mennyiséget. Az adatsor tartalmazza többek között a csapadékintenzitást, többféle jelenidő kódot, a radarreflektivitást, a detektált részecskék számát, a szenzor hőmérsékletét, a csapadék mennyiségét, a kinetikus energiát, a csapadék esési sebességét, méretét stb., illetve alapadatokat, mint dátum, idő, állomásnév, állomásszám.



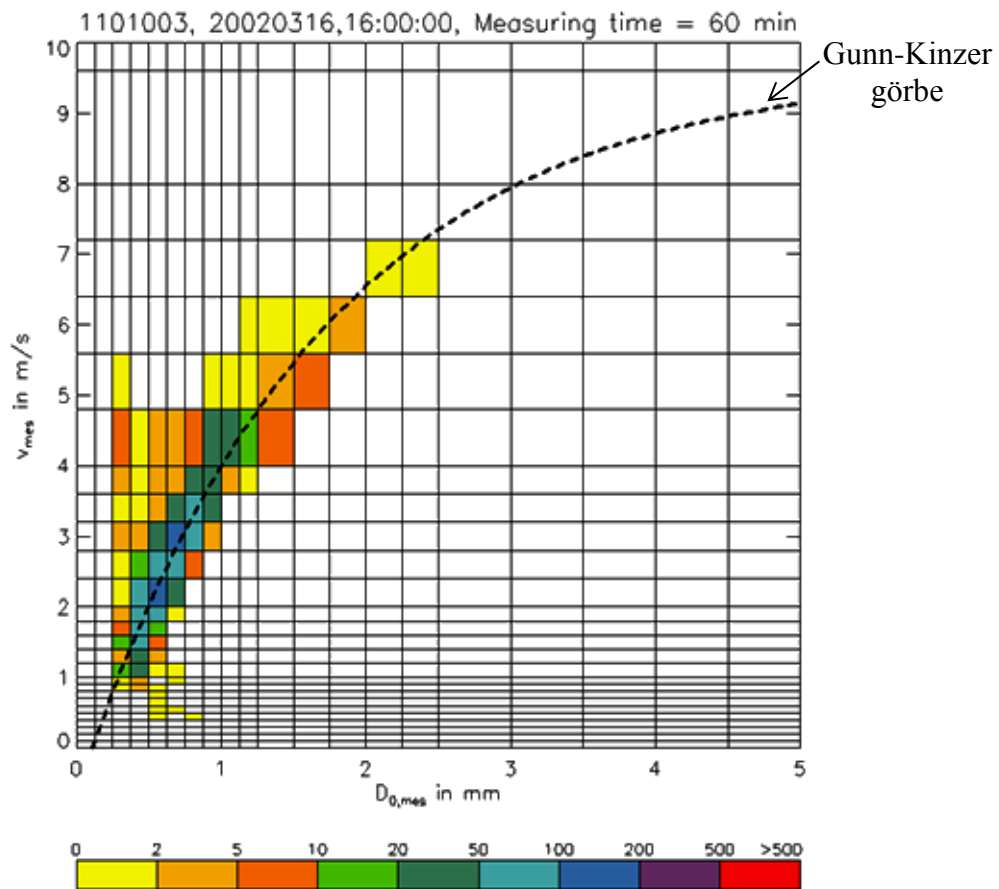
21. ábra: A két egymással szemben elhelyezett szenzorfej, tetején a fröccsenésgátló

A csapadékintenzitást mm/h mértékegységben adja meg a műszer. A minimum érték, amit detektálni tud 0,001 mm/h, ez a szitálás kategóriába tartozik. A maximum intenzitás pedig akár 1200 mm/h lehet. Ennek a paraméternek a pontossága folyadék halmazállapot esetén körülbelül $\pm 5 \%$, szilárd halmazállapotnál $\pm 20 \%$.

Az OTT Parsivel² csapadékelemeket méret (D)- és sebességeloszlásnak (V) megfelelően osztályokba sorolja. Ezeknek az osztályoknak a felbontása kisebb és lassabb elemek esetén finomabb, mint nagyobb és gyorsabb csapadékrészecskéknél. Az átmérő szerint 0,062 mm és 24,500 mm közötti, sebesség szerint 0,050 és 20,800 közötti tartományokba sorolja a cseppeket. Mindkét paraméter esetén 32 osztályt különböztetünk meg (**F1. és F2. függelék**). Így összesen a méret és a sebesség szerint 32 x 32, azaz 1024 csoportba oszthatók be a csapadékelemek (OTT Hydromet GmbH, 2011). A két paramétert mátrix diagram segítségével ábrázolhatjuk (22. ábra), melyet cseppspektrumnak nevezünk. A vízszintes tengelyen az átmérők milliméterben, a függőleges tengelyen pedig a sebességek m/s-ban láthatóak. A cseppek tehát a két szempont szerint csoportosíthatóak és ábrázolhatóak, attól függően, hogy az adott méretnek és sebességnek megfelelő csapadékelemből hány darab hullott az adott időintervallumban. A darabszám színskála segítségével szemléltethető. A függvényre ráillesztett szaggatott vonal a Gunn-Kinzer féle empirikus összefüggés:

$$v(D) = 9.65 - 10.3 \exp(-0.6 D) \quad (1)$$

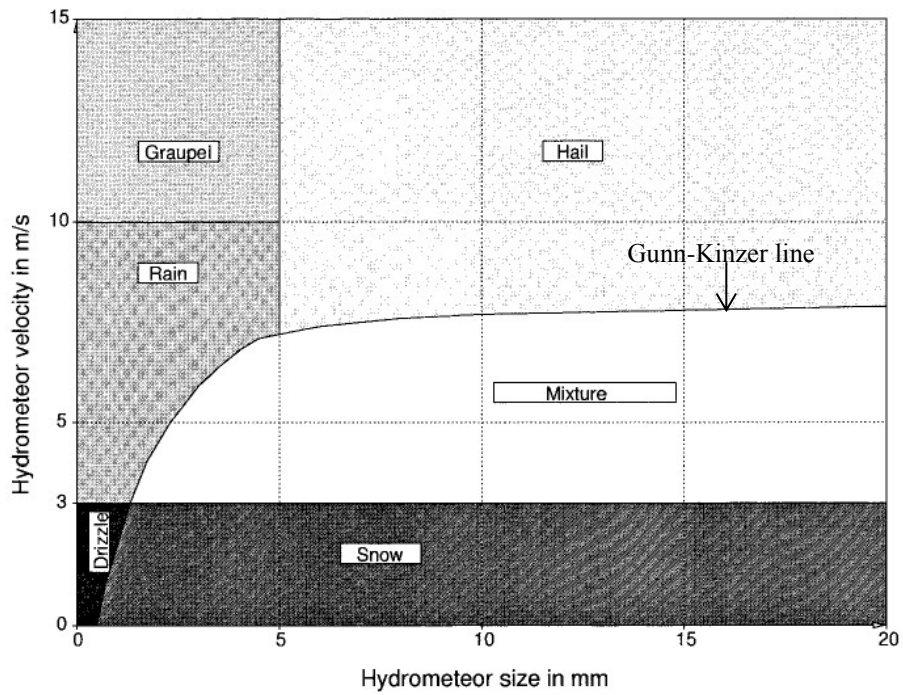
ahol D az átmérő [mm], $v(D)$ a sebesség [m/s] (Löffler-Mang, 2008).



22. ábra: 2002.március 16-i csapadékos eseményre vonatkozó cseppspektrum adatok (Löffler-Mang, 2008)

A csapadék esési sebességéből és méretéből következtethetünk a halmazállapotára. A két paraméter szerint különböző halmazállapot-osztályokba sorolhatóak a hidrometeorok (23. ábra). Alacsony sebességű és 0,5 mm-nél kisebb átmérőjű csapadék esetén szitálásról beszélünk. Havat detektál, ha az esési sebesség még alacsony, kisebb, mint 3 m/s. A 3 m/s-nál nagyobb sebességű, a Gunn-Kinzer görbe alatti tartományba sorolt csapadékelemek vegyes csapadékot jelentenek, ha pedig a görbe feletti tartományba esnek, akkor esőt. Ha a részecskék mérete kicsi, de esési sebességük meghaladja a 10 m/s-ot, hódaráról beszélünk, 5 mm-nél nagyobb átmérőjű, nagy esési sebességű elemek esetén pedig jégről.

Az OTT Parsivel² a mérési tartományon belüli részecskeszám alapján határozza meg a csapadék fajtáját és a csapadékintenzitásból állapítja meg a pontos csapadékkódot. SYNOP és METAR/SPECI kódokat is tartalmaz az adatsor (OTT Hydromet GmbH, 2011).



23. ábra: A különböző hidrometeorok méret és sebesség szerinti csoportosítása (Löffler-Mang és Joss, 1999)

4. Esettanulmányok

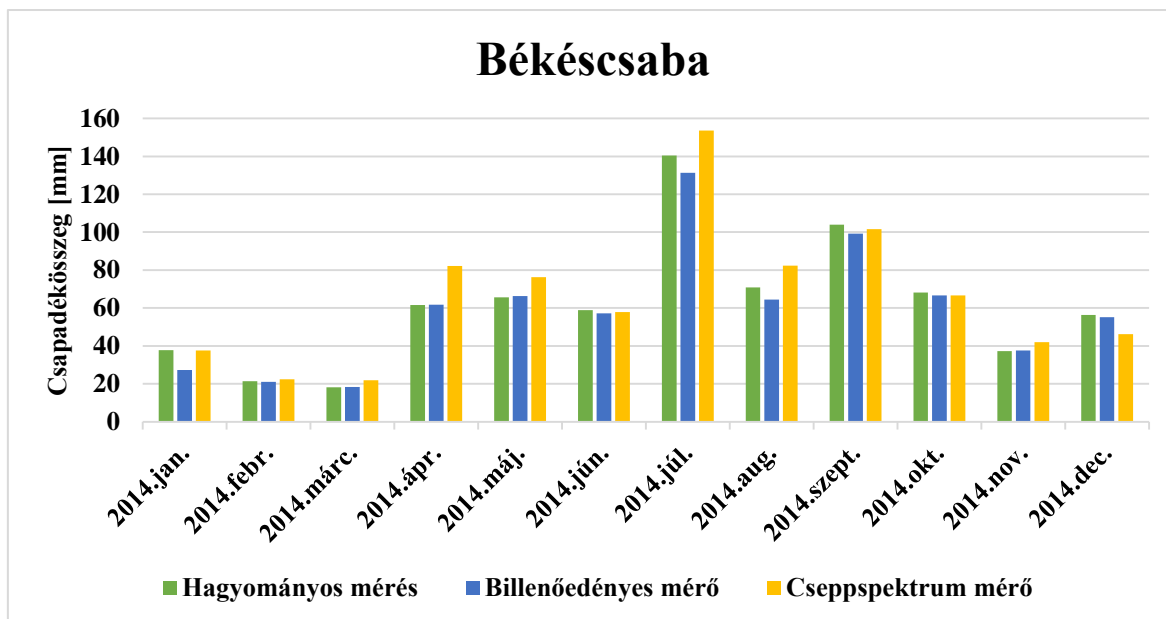
A következő fejezetben a csapadékmérőkből származó méréseket szemléltetem az Országos Meteorológiai Szolgálat által rendelkezésre bocsátott adatokat alapján. A 2014-es év cseppspektrumos mérések szempontjából teljes évnek számított, de a rendszerben még hosszabb-rövidebb – elsősorban műszaki meghibásodásból adódó – adathiányok előfordultak. Ezeket a problémákat az OMSZ munkatársai az év végére megoldották, a 2015-ös év első 4 hónapjában a mérések szinte hiánytalanul rendelkezésre állnak. Elsőként a havi csapadékösszegeket vizsgáltam, majd a finomabb felbontások következtek. Az esetekből világosan kirajzolódik a Parsivel² cseppspektrum mérők számos előnyös tulajdonsága, melyek alkalmassá teszik, hogy a mérőhálózatban csapadékmérő/jelenidő szenzorként üzemeljen.

4.1. Havi csapadékösszegek

A 2014-es év tizenkét hónapjára vonatkozó havi csapadékösszegeket hasonlítottam össze. A 18 cseppspektrum mérővel rendelkező állomás közül ötöt emeltem ki, a békéscsabait, pécsit, debrecenit, sármellékit és szegedit. A kiválasztásnál az alábbi szempontokat is figyelembe vettem:

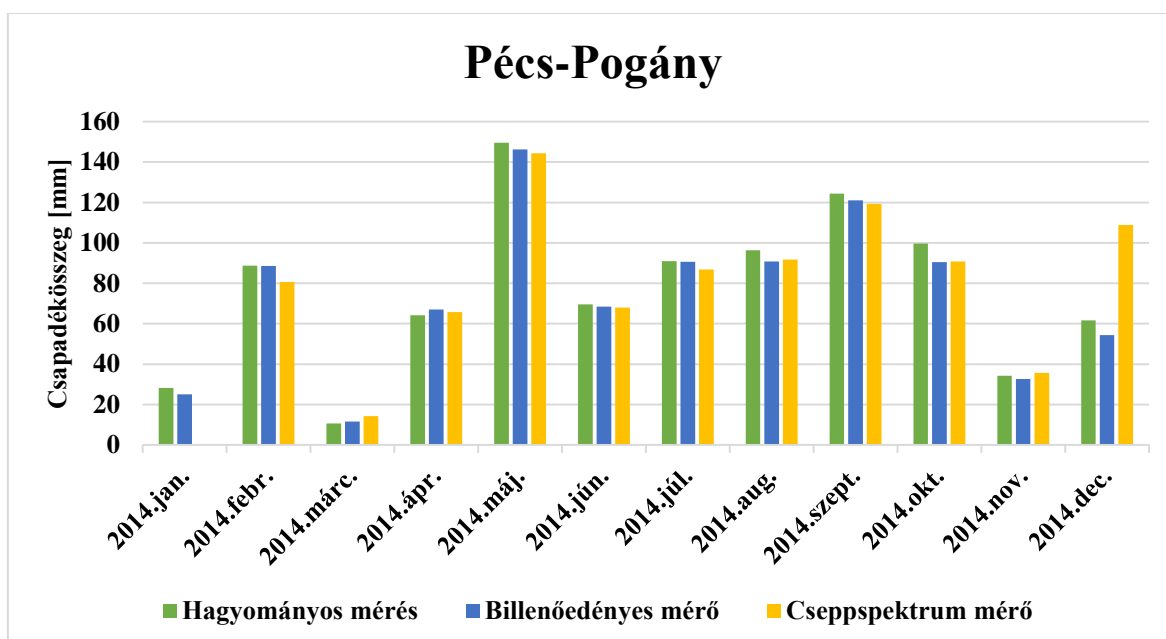
- az adott állomás hagyományos csapadékmérő adatokkal is rendelkezzen,
- az adathiányos időszak rövid legyen és/vagy lehetőleg csapadékmentes napokra essen.

A békéscsabai állomáson közel azonos értékeket kaptunk mindegyik hónapra (24. ábra). Júliusban a billenőedényes mérőnél kevesebb a mennyiség, mint a másik két mérésnél. Ez a nagy különbség annak köszönhető, hogy az állomás környékét nagyszámú seregélycsapat szállta meg, a madarak belepiszkítottak a billenőedényes mérőbe. A napi tisztítás (hagyományos mérés) között eltelt idő alatt eltömítették a műszert, így egyes napokon nem mért jól a mérő.



24. ábra: Békéscsabai havi csapadékösszegek

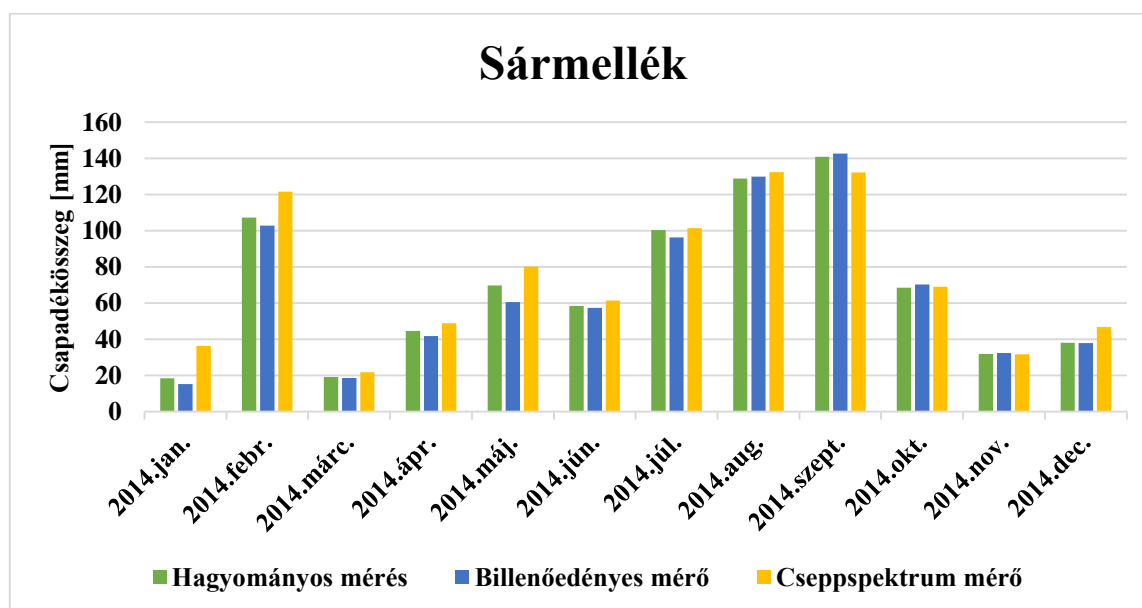
Pécs-Pogány állomáson nagyobb az egyezés a műszerek között, mint Békéscsaba esetén, azonban itt decemberben nagy eltérés figyelhető meg (25. ábra). Megvizsgáltuk az állomáson mért napi csapadékösszegeket is és december 28-án egy kimagasló értéket mért a cseppspektrum mérő a billenőedényes mérővel szemben. Ezen a napon 0 °C körül ingadozott a hőmérséklet, fagypont alá is lecsökkent, valamint erős szél volt jellemző. A cseppspektrum mérő által detektált közel kétszer nagyobb csapadékösszeg oka a műszer eljegesedése volt.



25. ábra: Pécs-Pogányi havi csapadékösszegek

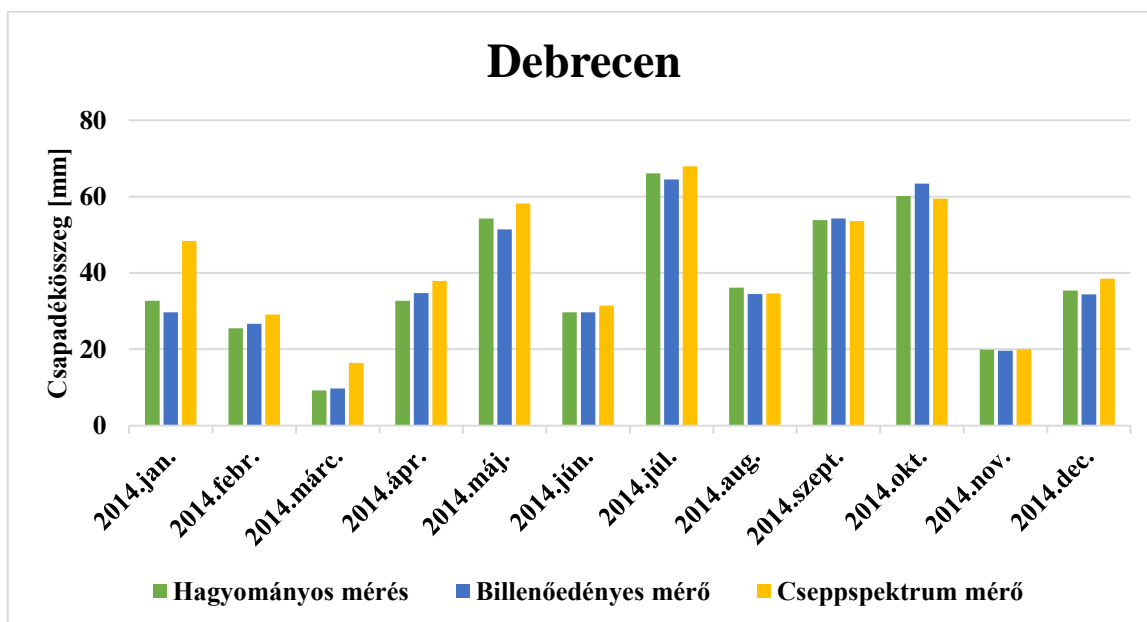
A diagramon január hónapnál elhagytuk a cseppspektrum mérő értékét, mivel a műszer szerint ekkor 627.02 mm csapadék hullott. Ez a magas mennyiség, az előző esethez hasonlóan eljegesedésre vezethető vissza. 2014. január 24-én a műszer 603 mm-es csapadékösszeget detektált. Ezen a napon nagyon erős szél fújt, 40-60 km/h-s szellőkések is előfordultak, a hőmérséklet pedig fagypont körül ingadozott és havazott a nap folyamán. A műszer ekkor jelezte is hibakód formájában, hogy nem megfelelő értékeket mér a szenzor. A nap folyamán a mérőről leverték a fűtés ellenére ráakódott jeget és a mérés folytatódott. Ezen a napon ugyanúgy felmerül a billenőedényes illetve hagyományos csapadékmérő pontossága is, de erre egyértelmű bizonyítékkal nem rendelkezünk.

Sármelléki állomáson szintén a téli hónapokban figyelhető meg nagyobb eltérés (26. ábra). Január hónapban közel dupla annyi csapadékösszeget mért a cseppspektrum mérő. Megfigyelhető az is, hogy a hagyományos kézi mérésből származó mennyiség is valamivel nagyobb, mint a billenőedényes mérő értéke. Ebből a hónapból szintén a január 24-i napot emelném ki példának. Ahogy Pécs-Pogányon is, ezen a területen is havazás zajlott. Az észlelő által mért napi csapadékösszeg 5,9 mm, a billenőedényes mérő 4,3 mm-t, a cseppspektrum mérő pedig 11,5 mm-t adott meg. Mivel ezen a napon szilárd csapadék hullott, ezért az előbbi két esetben olvasztásra volt szükség, hogy mérni lehessen. A hagyományos mérésnél és a billenőedényes mérőnél valószínűsíthető, hogy fűtési veszteség miatt kaptunk kevesebb mennyiséget. A cseppspektrum mérő pedig általában felülmér. Ezért fordulhatott elő, hogy a január 24-i napon ekkora különbség jelentkezett a mérések között.

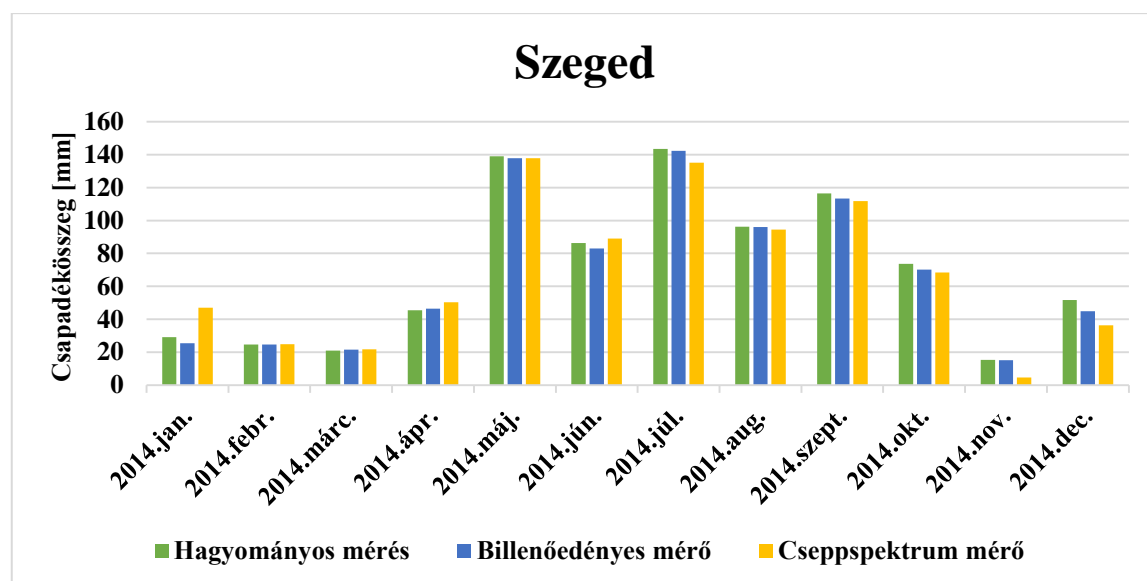


26. ábra: Sármelléki havi csapadékösszegek

A debreceni és szegedi állomáson hasonlóan az előzőekhez, télen különböznek leginkább a mért értékek (27. és 28. ábra). A többi hónapban közel azonos, néhány %-os eltéréseket kaptunk a mérésekből.



27. ábra: Debreceni havi csapadékösszegek



28. ábra: Szegedi havi csapadékösszegek

Megfigyelhető tehát, hogy a téli hónapokban egy-egy esemény jóval eltorzíthatja a méréseket. A január 24-i időjárási helyzet több állomás cseppspektrum mérőjénél gondot okozott, a mérő belső fűtése sem tudta megakadályozni a szenzor eljegesedését. Nyitott kérdés maradt, hogy a billenőedényes illetve hagyományos mérők vajon megfelelően mérték-e? Nem rakódott-e a műszer karimájára jég, csökkentve a mérési keresztmetszetet?

Mindenesetre az észrevehető, hogy télen, mikor gyakoribb a szilárd csapadék, a billenőedényes mérő kisebb értéket mutat, mint a másik két mérési típus. Ez a különbség elsősorban a fűtési veszteség miatt fordulhat elő.

Megvizsgálva az öt állomás havi összegeit, látható, hogy a cseppspektrum mérő több esetben felülmér. Erre a kérdésre a perces adatok adják meg a választ.

4.2. Budapest – 2015. május 2-3.

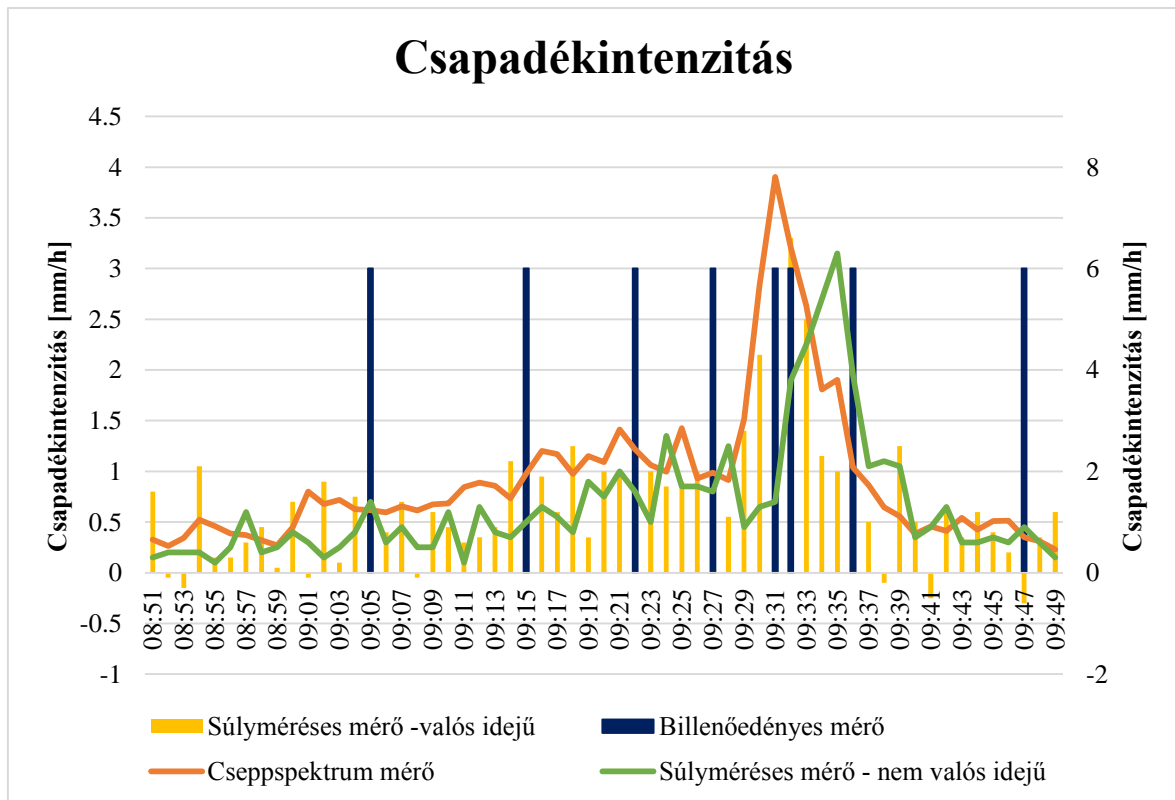
2015. május első napjaiban front vonult át az ország felett. A fronttal érkező csapadékról billenőedényes, súlyméréses és cseppspektrum mérő perces adatai álltak rendelkezésemre.

Május 2-án a hajnali és délelőtti órákban detektáltak csapadékot a műszerek a pestszentlőrinci állomáson, 1 óra 30 perc és 10 óra 40 perc között hullott csapadék. Ebből az időintervallumból kiemelném a 8 óra 50 perc és 9 óra 50 perc közötti perces adatokat. Ekkor kicsit nagyobb intenzitással esett az eső, mint az előtte lévő és azt követő órákban, valamint közel folytonos volt a csapadékhullás.

Megvizsgáltam az adott intervallumban mért perces csapadékmennyiségeket és csapadékintenzitásokat. A súlyméréses mérő esetében a tartály teljes tartalmának súlyából átszámított csapadékmennyiség adatokkal dolgoztam. A perces értékeket átszámítottam csapadékintenzitásra. Megvizsgáltam a valós idejű és az öt perccel később kiadott késleltetett értékeket is. A billenőedényes mérő perces mennyiség adataiból csapadékintenzitást számoltam. Az előbbi három különböző intenzitást és a cseppspektrum mérő által megadott perces csapadékintenzitást vettem össze (29. ábra). A billenőedényes mérő értékei a jobboldali tengelyről olvashatók le, a cseppspektrum mérő és a súlyméréses mérő értékei pedig a baloldali tengelyről.

A Pluvio² műszer esetében nyers adatokkal dolgoztunk, ezért fordulhat elő, hogy a valós idejű adatoknál negatív értékeket is kaptunk, illetve megfigyelhető a valós idejű kiadás öt perces késése is. Ha az utóbbit öt perccel eltoljuk, kivehető, hogy a súlyméréses mérőből származó adatok és a cseppspektrum mérő adatai együtt futnak. Azonban a valós idejű Parsivel² adatoknál kisebb-nagyobb eltéréseket tapasztalhatunk. A vizsgált időtartam elején adott jóval nagyobb, illetve kisebb értékeket a műszer, azaz mikor alacsonyabb intenzitást mutatnak a műszerek. Az is jól kirajzolódik a diagramon, hogy a cseppspektrum mérő általában magasabb értékeket detektál, mint a súlyméréses mérő és a billenőedényes mérő.

Jól megfigyelhetők az ábrán a billenőedényes műszer billenései, amikor is 6 mm/h intenzitást detektál. Látható, hogy a többi mérő folyamatosan észleli a kis intenzitású csapadékot is, míg a billenőedényes mérő csak akkor jelez, mikor megtelik az edény.



29. ábra: Budapestre vonatkozó 2015. május 2. 8:50 és 10:00 közötti perces csapadékintenzitások

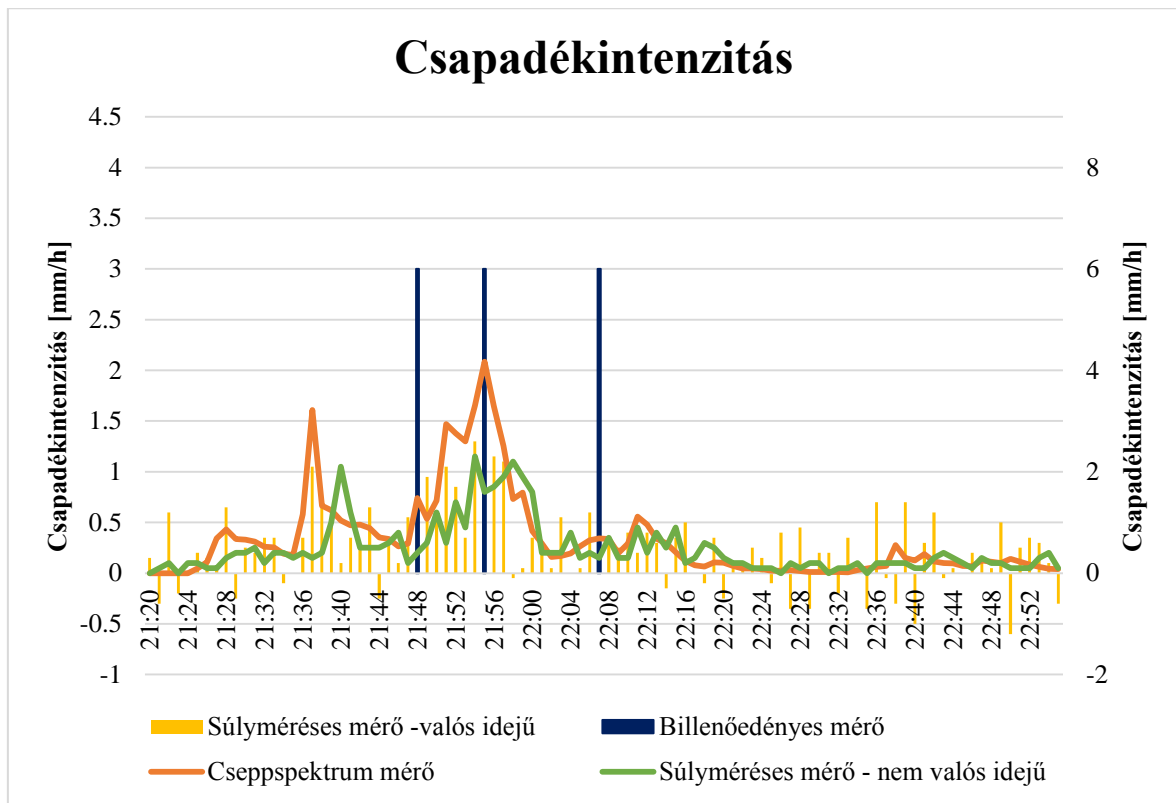
Május 3-án reggel 9 óra előtt nem sokkal hullott egy kis mennyiségű csapadék a fővárosban, de olyan kevés, hogy a billenőedényes mérő nem észlelte, csak a cseppspektrum mérő detektálta.

Az esti órákban már nagyobb mennyiség hullott, de jóval kevesebb és kisebb intenzitással, mint az előző nap folyamán. Hasonlóan az előző esethez perces adatokat vizsgáltam és számítottam át 21 óra 20 perc és 22 óra 55 perc közötti intervallumra vonatkozóan (30. ábra).

Itt is megfigyelhetünk negatív értékeket, illetve nagyobb eltéréseket a súlyméréses mérő adatainál. Hasonlóan az előzőhöz itt is akkor adódnak nagyobb különbségek, mikor kicsi intenzitással hullik a csapadék. Ha eltoljuk a késleltetett adatokat öt perccel, akkor láthatjuk, hogy közel együtt haladnak a cseppspektrum és súlyméréses mérő adatok. Szembetűnő ebben az esetben is, hogy a cseppspektrum mérő magasabb értékeket detektál, felülbecsli a csapadékot.

Ebben az esetben a csapadékos esemény egész időtartamát vizsgáltam. Jól kivehető a súlyméréses mérő és a cseppspektrum mérő adataiból a csapadékhullás kezdete és vége, míg a billenőedényes mérő adataiból ezekről nem kaphatunk információt. Még 40 perccel az utolsó billenés után is észlelt a másik két műszer nem nagy mennyiségű csapadékot,

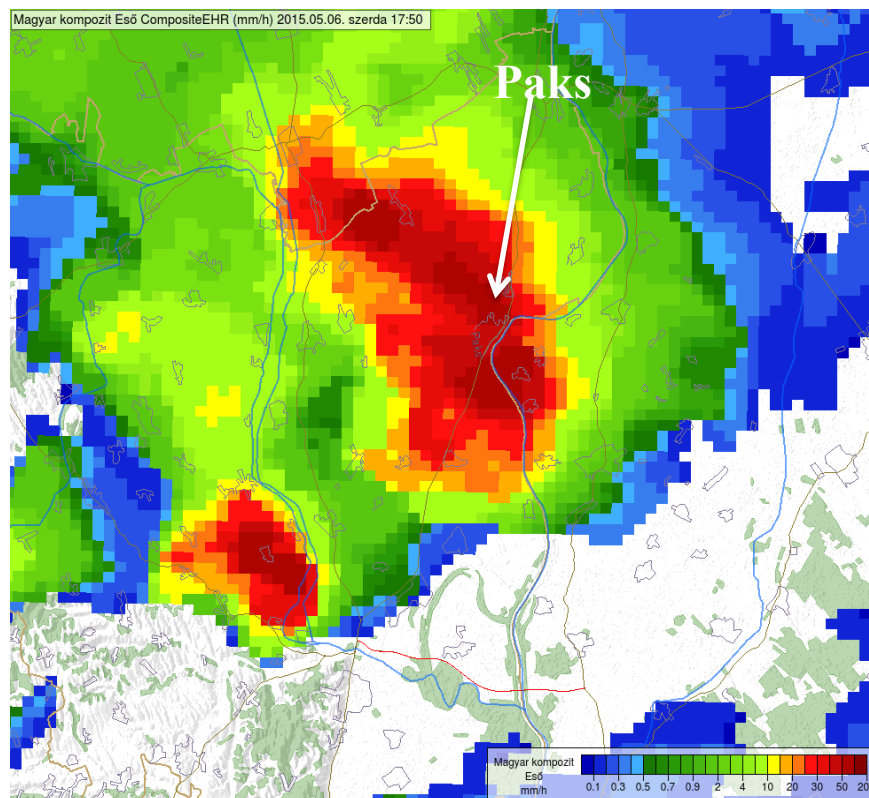
azonban az edény ekkor már nem telt meg.



30. ábra: Budapestre vonatkozó 2015. május 3. 21:20 és 22:55 közötti perces csapadékmennyiségek

4.3. Paks – 2015. május 6.

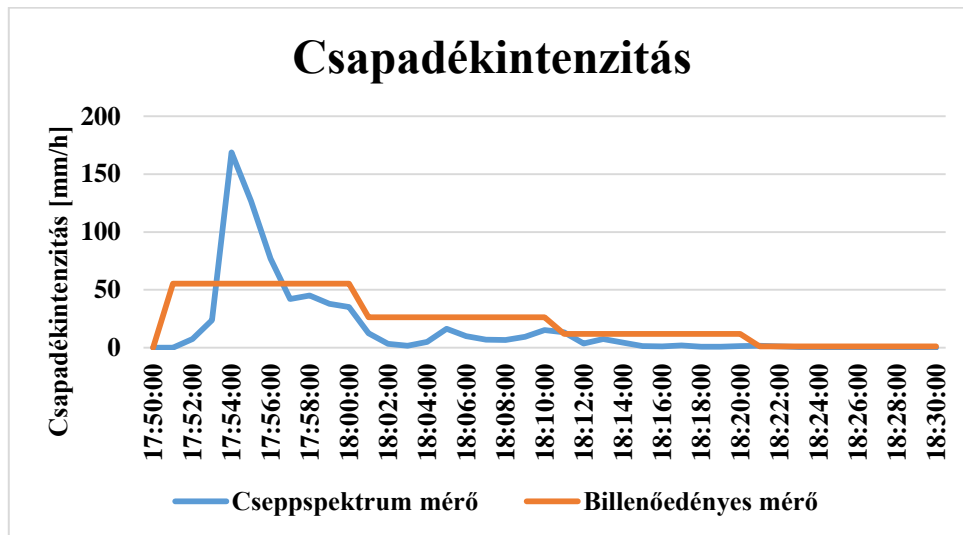
2014. május 6-án a közeledő hidegfront előtt kedvezőek voltak a feltételek erős viharos széllel járó zivatarok kialakulásához. Az esti órákban érte el Paksot és környékét a nagy csapadékmennyiséggel, jéggel, erős szellőkésekkel párosuló heves zivatar (31. ábra). Az állomás az Atomerőmű bejáratánál a várostól délre található. Az időjárásról az OMSZ MET-ÉSZ rendszerében olvasható volt az észlelő 17 óra 54 percben feltett bejegyzése. Az észlelés szerint viharos szél fújt, 1-3 cm nagyságú jég is esett a zivatar mellett.



31. ábra: 2015. május 6. 17 óra 50 percre vonatkozó kompozitkép (Országos Meteorológiai Szolgálat)

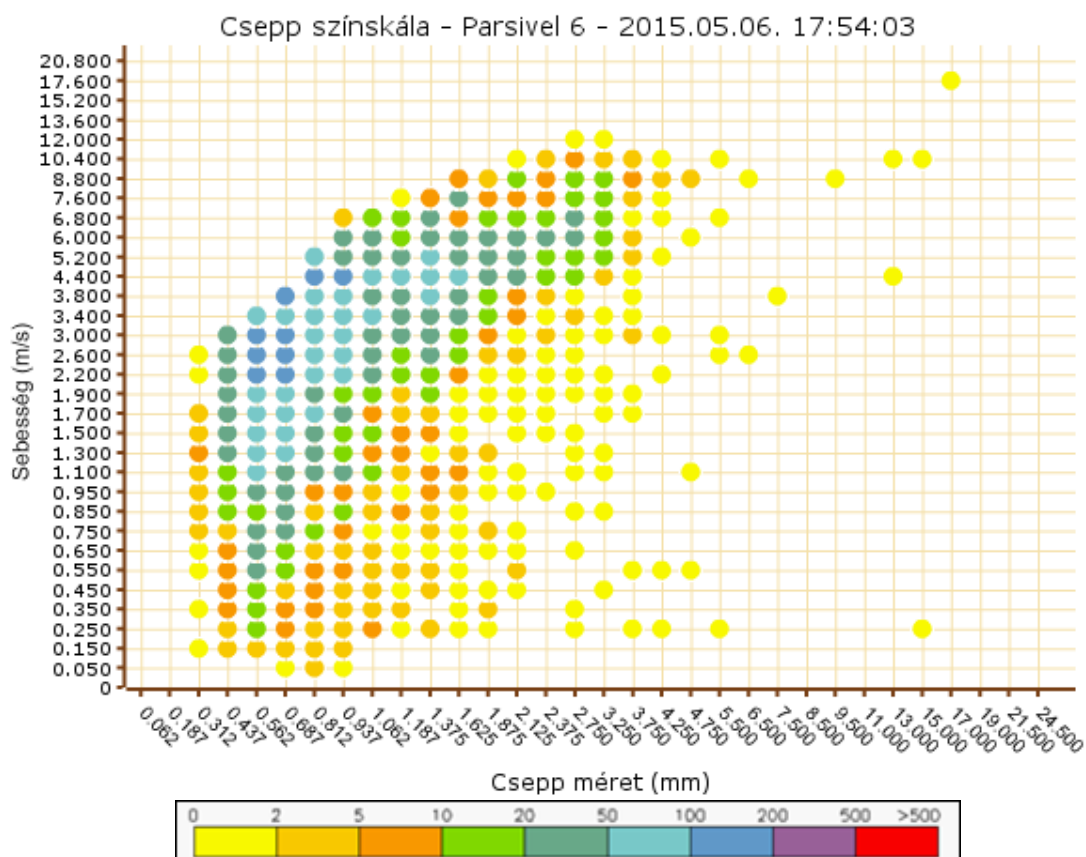
Billenőedényes mérő 10 perces csapadékösszegei és cseppspektrum mérő perces adatai álltak rendelkezésemre. Az előbbi adatokat átszámítva csapadékintenzitásra összevettem a cseppspektrum mérő értékeivel (32. ábra). A 10 perces intenzitásokat úgy tekintettem, hogy egyenletesen hullott a csapadék abban az intervallumban. A billenőedényes mérő szerint a legmagasabb intenzitás 60 mm/h volt, míg jól látszik, hogy a cseppspektrum mérő ennél jóval nagyobb értékeket is detektált. A 17 óra 54 perckor mért maximum érték a jég hullása miatt fordulhat elő. A billenőedényes mérés intenzitás adataiból nem látható, hogy mennyire veszélyes volt ez az időjárás helyzet. Például ha ez

a heves intenzitás 4 perccel később kezdődik, akkor két tíz perces intervallumra is jut belőle, így lehet, hogy a maximum intenzitás csak 30 mm/h alatt lett volna a tíz perces átlagolások miatt, holott ennél jóval magasabb értékek is előfordultak.



32. ábra: Csapadékintenzitás adatok 2015. május 6. 17 óra 50 perc és 18 óra 30 perc között

A cseppspektrum mérő méret és sebesség értékeiből cseppspektrum adatokat kaphatunk (33. ábra). A diagram vízszintes tengelyén a csepp mérete, a függőleges tengelyén a csepp sebessége található. A csapadékelemek a két paraméter szerint csoportba oszthatók. A diagramon az adott csoportba tartozó cseppek darabszáma látható, amely egy színskála segítségével van ábrázolva. 17 óra 54 percre vonatkozó adatokat ábrázolva látható, hogy előfordult 11 mm-nél nagyobb méretű és 10 m/s-nál nagyobb sebességű csapadékelemek. Ez a méretű és sebességű csapadék már jeget jelent. Találhatunk néhány nagyobb méretű, de alacsony sebességű elemeket, amelyek lehet, hogy a szenzorfejről lepattanó, lefröccsenő cseppek.



33. ábra: Cseppspektrum adatok 2015. május 6. 17 óra 54 percre (OMSZ CAAR adatbázis)

A Parsivel² műszer által megadott jelenidő kódok is megfeleltek a valóságnak (34. ábra). 17 óra 50 perc és 18 óra között a szenzor 89-es és 63-as SYNOP, GR és +RA METAR/SPECI, illetve A és R+ NWS kódokat adott, amelyek závorszerű gyenge jégesőt, valamint mérsékelt folytonos esőt jelentenek.

06.05.2015	17:52:03	89	90	GR	A
06.05.2015	17:53:03	89	90	GR	A
06.05.2015	17:54:03	89	90	GR	A
06.05.2015	17:55:04	89	90	GR	A
06.05.2015	17:56:03	63	65	+RA	R+
06.05.2015	17:57:03	63	65	+RA	R+
06.05.2015	17:58:04	89	90	GR	A
06.05.2015	17:59:03	89	90	GR	A
06.05.2015	18:00:03	63	65	+RA	R+

34. ábra: Cseppspektrum mérő adatok (dátum, idő, SYNOP kódok, METAR/SPECI kód, NWS kód)

5. Összefoglalás

Munkám során bemutatam az Országos Meteorológiai Szolgálat csapadékmérő műszereit. Ismertettem a hagyományos eszközöket, a billenőedényes mérőt, a súlyméréses mérőt, az előbbi két műszer kombinációjaként létrehozott Lambrecht DGN mérőt és a cseppspektrum mérőt.

Szakdolgozatom második részében a cseppspektrum mérő és a többi üzemben lévő csapadékmérő adatainak összehasonlítását fejtettem ki.

Megvizsgáltam a hagyományos mérés, a billenőedényes mérő és a cseppspektrum mérő havi csapadékösszegeit. Öt állomás adatait tanulmányozva különböző következtetéseket sikerült levonni a mérési típusokról. Elmondható, hogy közel azonos értékeket kaptunk a három mérésből, egy-egy eltérő eredmény volt csak jellemző. Ezek a különbségek főleg a téli és nyári hónapokban jelentkeztek. Napi csapadékösszegeket elemezve kiderült, hogy a legtöbb esetben a havi csapadékösszegek közötti eltérést egy adott nap eseménye eredményezte. Télen a cseppspektrum mérő eljégesezése váltott ki problémát, illetve a billenőedényes és hagyományos mérésnél előforduló fűtési veszteség. Nyáron a billenőedényes mérő heves csapadékintenzitásnál mért pontatlanul, valamint olyan szélsőséges helyzetek okoztak gondot, mint például a műszer gyakoribb beszennyeződése.

Elemeztem perces, illetve tízperces mérési eredményeket is, három különböző csapadékos eseményre vonatkozóan.

Az egyik eset a gyenge intenzitású eső, melynél megfigyelhető, hogy a billenőedényes nem érzékeli, vagy csak jóval a csapadékhullás megkezdése utána detektálja azt, míg a cseppspektrum mérő és a súlyméréses mérő a csapadékos esemény kezdetét és végét is megfelelően érzékelt. Az utóbbi két műszerrel a csapadékyomot, a pillanatnyi csapadékintenzitást és vele együtt a csapadékmennyiséget is elég jó pontossággal meghatározhatjuk.

Hasonló következtetések vonhatóak le egy másik esetben is, a közepes intenzitású csapadéknál. Az is jól kivehető volt az adatokból, hogy a cseppspektrum mérő és a súlyméréses mérő méréseiből közel azonos értékeket kaptunk.

A harmadik eseménynél a nagy intenzitású eső mellett, szilárd halmazállapotú csapadék is hullott. A cseppspektrum mérő pontos adatokat adott a csapadék halmazállapotáról, illetve az észlelő által megadott jelenidőnek megfelelő kódokat kaptunk a műszertől.

Az elemzésekből arra következtethetünk, hogy a multifunkcionális cseppspektrum mérő megfelelően működhet csapadékmérőnek és jelenidő szenzornak is. Azonban az általam bemutatott és vizsgált esetek mellett számos további kutatási lehetőséget nyújt a műszer, mint például a radarmérések pontosítása cseppspektrum mérésekkel.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Sebők Istvánnak a témaválasztás, a kutatói munka, az adatok feldolgozása során nyújtott segítségével. Köszönöm, hogy végig figyelemmel kísérte a munkámat és hasznos tanácsokkal látott el.

Köszönöm belső konzulensemnek, Dr. habil. Ács Ferencnek, hogy készséggel válaszolt a kérdéseimre, megosztotta észrevételeit és segítette a szakdolgozatom létrejöttét.

Köszönettel tartozom az Országos Meteorológiai Szolgálatnak, hogy a mérési adatokat rendelkezésemre bocsátották.

Irodalomjegyzék

- Bacsó, N., Kakas, J., Takács, L., 1951: A csapadékmérés. In: Útmutatás meteorológiai megfigyelésekre. *Országos Meteorológiai Intézet, Budapest*. 51-58.
- Baros, Z., Biróné, K. A., Szegedi, S., Tóth, T., 2006: A csapadék mennyiségének mérése. In: Meteorológiai műszerek. *Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadója, Debrecen*. 145-154.
- Czelnai, R., 1980: Csapadék. In: A meteorológia eszközei és módszerei. *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*. 124-128.
- Gorgucci, E., Scharcilli, G., Chandrasekar, V., Bringi, V.N., 2001: Rainfall Estimation from Polarimetric Radar Measurements: Composite Algorithms Immune to Variability in Raindrop Shape-Size Relation. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 18, 1773-1786.
- LAMBRECHT meteo GmbH, 2013: Betriebsanleitung Niederschlagssensor rain[e]. *15184_b-de.indd*, 36 pp.
- Löffler-Mang, M.: Enhanced Possibilities of PARSIVEL Disdrometer: Precipitation Type, Visibility, and Fog Type, *TECO-2008 - WMO Technical Conference, St. Petersburg (2008)* 2 p.
- Löffler-Mang, M., Joss, J., 1999: An Optical Disdrometer for Measuring Size and Velocity of Hydrometeors. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 17, 130-139.
- OTT Hydromet GmbH: Betriebsanleitung, Niederschlagssensor OTT Pluvio². *Dokumentnummer: 70.020.00.B.D 03-0511*, 52 pp.
- OTT Hydromet GmbH, 2011: Bedienungseinleitung, Present Weather Sensor OTT Parsivel². *Dokumentnummer: 70.210.001.B.D 08-0115*, 52 pp.
- World Meteorological Organization. 2008 (WMO, 2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. *WMO-No. 8. Geneva. ISBN 978-92-63-10008-5*, 151-173.

Internetes források

[1 –www.lambrecht.net]

http://www.lambrecht.net/de/niederschlag/meteorologie-hydrologie/niederschlagsmenge/10/niederschlagssensor-nach-joss-tognini--15188-_1

[2 -Meteorológiai műszerek és mérőrendszerek]

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/MeteorologiaiMuszerekEsMerorendszerek/book.pdf>

[3 - Pályázatléírás]

http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/keop-radar/palyazat_leirasa/

[4 - Részjelentés]

http://owww.met.hu/palyazat/merohalozat/download.php?l=palyazat/merohalozat/munkaterv&f=I_Reszjelentes.pdf

[5 - Útmutató]

http://www.met.hu/ismertetok/MET-ESZ_utmutato.pdf

[6 - www.met.hu]

http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/keop-radar/fenykepek/#csepp

Függelék

F1. Csapadékméret szerinti osztályok

(OTT Hydromet GmbH, 2011)

Osztályszám	Osztály átlagérték (mm)	Osztály szórása (mm)
1	0,062	0,125
2	0,187	0,125
3	0,312	0,125
4	0,437	0,125
5	0,562	0,125
6	0,687	0,125
7	0,812	0,125
8	0,937	0,125
9	1,062	0,125
10	1,187	0,125
11	1,375	0,250
12	1,625	0,250
13	1,875	0,250
14	2,125	0,250
15	2,375	0,250
16	2,750	0,500
17	3,250	0,500
18	3,750	0,500
19	4,250	0,500
20	4,750	0,500
21	5,500	1,000
22	6,500	1,000
23	7,500	1,000
24	8,500	1,000
25	9,500	1,000
26	11,000	2,000
27	13,000	2,000
28	15,000	2,000
29	17,000	2,000
30	19,000	2,000
31	21,500	3,000
32	24,500	3,000

F2. Sebesség szerinti osztályok
(OTT Hydromet GmbH, 2011)

Osztálysorszám	Osztály átlagérték (m/s)	Osztály szórása (m/s)
1	0,050	0,100
2	0,150	0,100
3	0,250	0,100
4	0,350	0,100
5	0,450	0,100
6	0,550	0,100
7	0,650	0,100
8	0,750	0,100
9	0,850	0,100
10	0,950	0,100
11	1,100	0,200
12	1,300	0,200
13	1,500	0,200
14	1,700	0,200
15	1,900	0,200
16	2,200	0,400
17	2,600	0,400
18	3,000	0,400
19	3,400	0,400
20	3,800	0,400
21	4,400	0,800
22	5,200	0,800
23	6,000	0,800
24	6,800	0,800
25	7,600	0,800
26	8,800	1,600
27	10,400	1,600
28	12,000	1,600
29	13,600	1,600
30	15,200	1,600
31	17,600	3,200
32	20,800	3,200

NYILATKOZAT

Név: Kovács Dorottya

ELTE Természettudományi Kar, szak: Földtudomány

Neptun azonosító: LPBTHQ

Szakdolgozat címe: Csapadék cseppspektrum adatok elemzése az OMSZ mérőhálózatában

A **szakdolgozat** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 20

a hallgató aláírása