

Lakossági levegőminőség mérés a Dunakanyarban - 2019. decemberi adatok elemzése

Vásárhelyi Gábor, PhD
Verőce, 2020.01.03.

www.civilveroce.hu
vasarhelyi@hal.elte.hu

Tartalomjegyzék

[Bevezetés](#)
[Az érzékelő](#)
[Hőmérséklet](#)
[Páratartalom](#)
[Szálló por](#)
[Összefoglaló](#)

Bevezetés

A <https://luftdaten.info/> egyetemi kezdeményezéséhez csatlakozva [egy magyarországi workshop keretében](#) összeraktuk a dunakanyar első négy házi levegőminőség mérőjét (háromat Verőcére, egyet Szokolyára). A négy érzékelőből egyet sikerült december folyamán folyamatos üzembe helyezni, ez a Pap-réten elhelyezve december folyamán 2.5 percenként szolgáltatott levegőminőségi és meteorológiai adatokat (PM10 és PM2.5 koncentráció, hőmérséklet, páratartalom). Egy másik érzékelő Szokolyán kb. fele időben, szakaszosan üzemelt.

Ebben a dokumentumban az egy darab folyamatosan működő szenzornak a decemberi adatait elemzem és megpróbálom levonni az első tanulságokat a nemsokára kiépítendő házi levegőminőség mérőhálózatunk tervezéséhez. Célunk, hogy közösségi erővel [részletes érzékelőhálózatot alakítsunk ki Verőcén és a Dunakanyarban](#), hogy helyi mérési adatokat elemezve számszerűsíteni tudjuk a levegő minőségének állapotát és az azt befolyásoló tényezőket, tájékozási és szemléletformálási céllal, valamint a levegőminőség javítását szolgáló lakossági és hatósági intézkedések elősegítése érdekében.

Az érzékelő

A luftdaten.info által javasolt és [Európában már több ezer ponton már beüzemelt](#) eszközben két kereskedelmi forgalomban kapható érzékelő van:

- [SDS011](#), ami PM2.5 és PM10 (szálló por) koncentrációt mér
- [DHT22](#), ami hőmérsékletet és páratartalmat mér

A hőmérséklet és páratartalom mérő specifikációja viszonylag nagy mérési tartományt és pontosságot ír, ezeknek jele valószínűleg jól használható, megbízható:

- Temperature Range: -40-80 °C / resolution 0.1 °C / error < ± 0.5 °C
- Humidity Range: 0-100% RH / resolution 0.1% RH / error $\pm 2\%$ RH

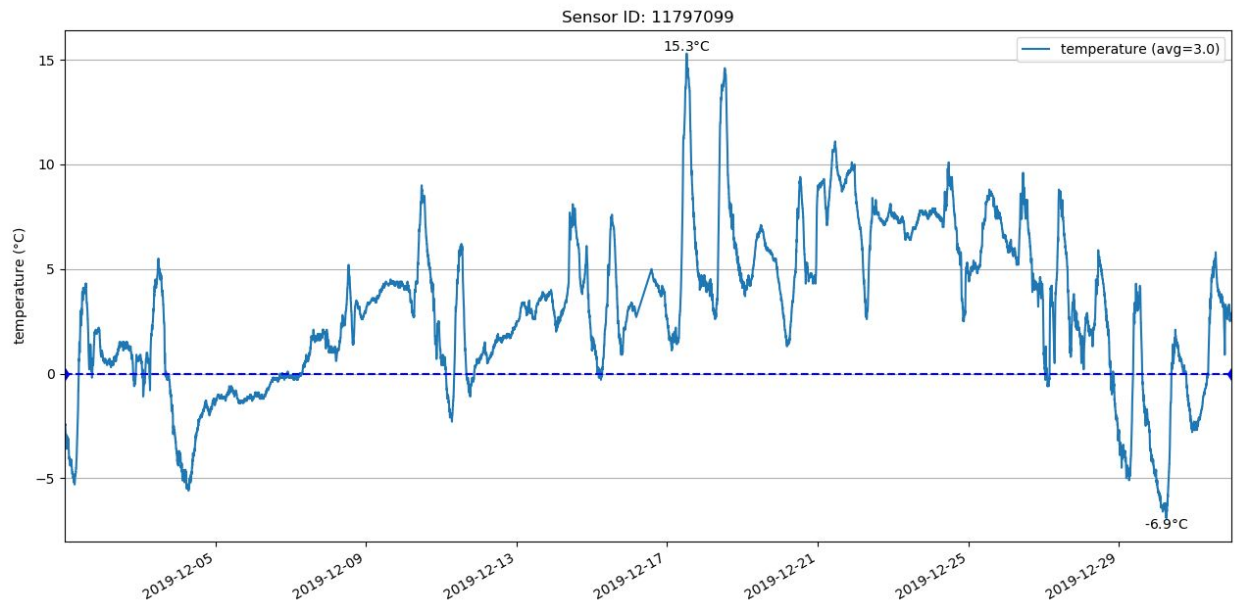
A szálló por érzékelő optikai úton működik. Egy ventilátor adott mennyiségű levegőt szív át egy lézerdíóda előtt, a kibocsátott lézersugár szóródik a levegőben lévő porszemcséken és a szóródási képet elemezve becsülhető a levegő szálló por koncentrációja. Az érzékelő előnye, hogy gyors mérést tesz lehetővé és rendkívül olcsó (a workshop keretében 50 EUR részvételi díjért lehet a teljes rendszert kiépíteni), hátránya, hogy nincs kalibrálva/hitelesítve és a mérési pontossága függ a levegő páratartalmától, mert a fény a levegőben lévő vízcseppeken is hasonló módon szóródik, mint a porszemcséken. Ezért az [érzékelő hivatalos adatlapján](#) megadott $\pm 15\% \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mérési pontosság 70% páratartalomig érvényes csak, ennél magasabb páratartalom esetén valószínűleg felül becsli a szálló por mennyiséget.

Az érzékelőt népszerűsége miatt számos tudományos műhely vizsgálta alaposan. [B. Laquai és A. Saur](#) cikkükben arra a megállapításra jutnak, hogy az érzékelő alapvetően PM2.5 mérést tesz inkább lehetővé a PM2.5 és PM10 jeleinek ügyes kombinálásával, önmagában a PM2.5 értékeket kissé alulbecsli, a PM10 értékeket kissé felülbecsli. [Streibl N.](#) a páratartalom függőséget vizsgálta de sajnos nem tudott jó kompenzációs képletet biztosítani magas páratartalom esetére.

Mindezek ellenére az eszközből igen érdekes és használható információban gazdag adatfolyam érkezik, az adatokat a megfelelő módon kezelve a szenzor alkalmasnak tűnik arra, hogy érdemi összefüggések megértését és kvalitatív helyzetelemzést segítsen elő. Úgyhogy fogjunk is bele...

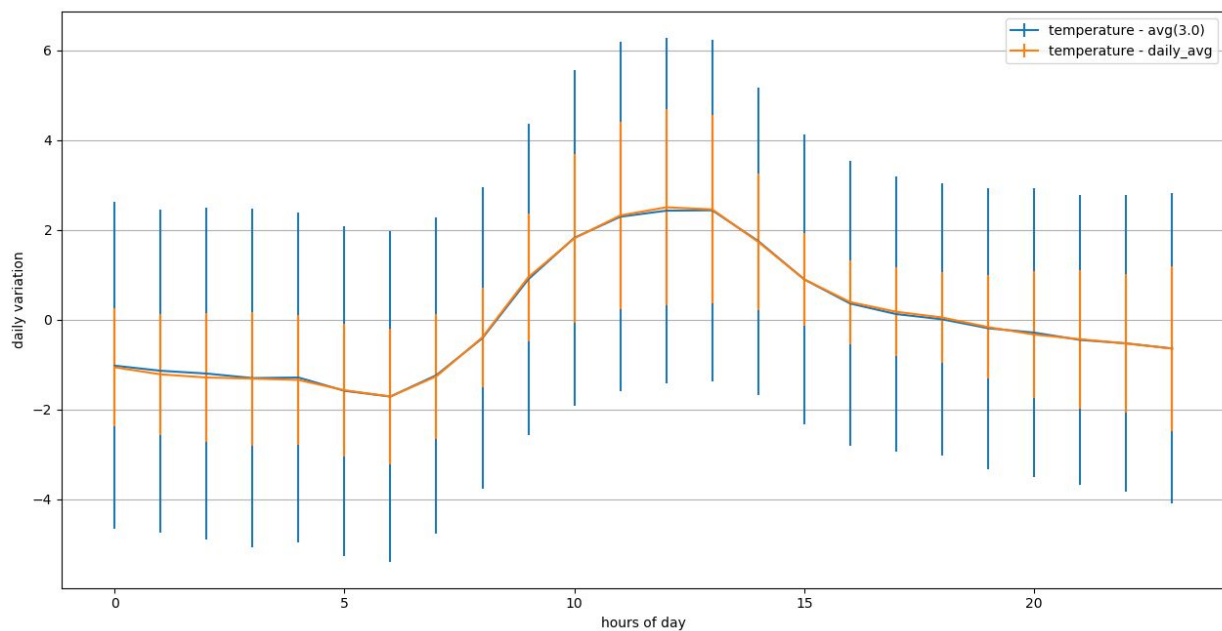
Hőmérséklet

Kezdjük a hőmérsékletmérő adatainak egyszerű megjelenítésével, hogy egyáltalán lássuk, ránézésre olyasmit mér-e, mint amit elvárunk.



1. ábra: a hőmérséklet időfüggése 2019. decemberében (Verőce, Pap-rét)

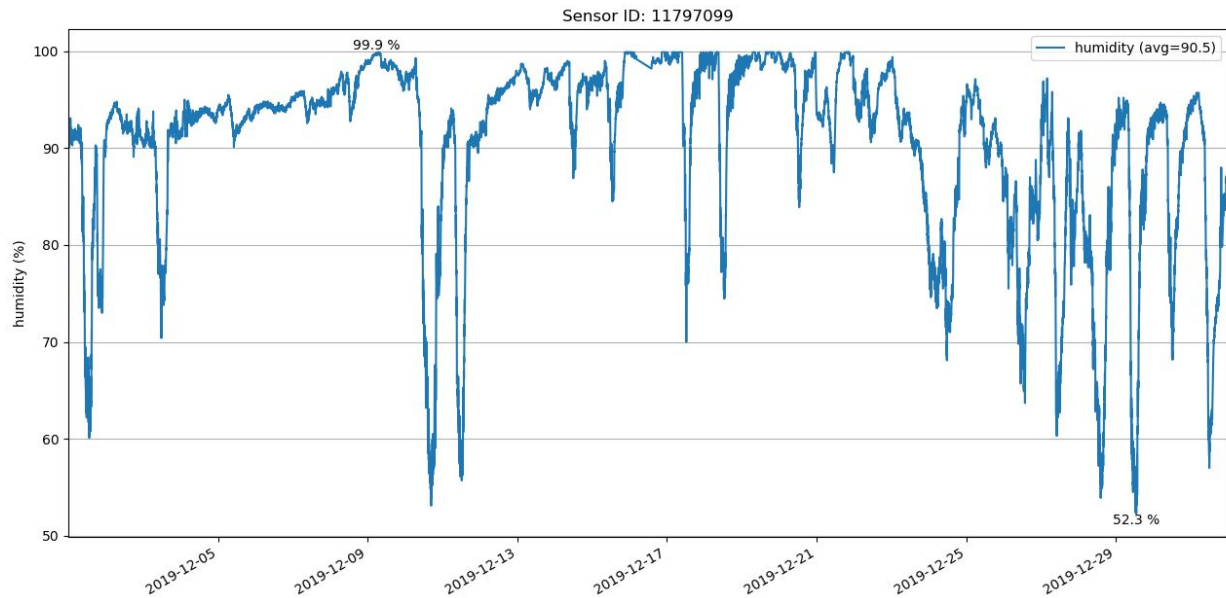
Amint az első ábrán látható, a mérés alapján igen meleg decemberünk volt, csak a hónap elején és végén voltak fagyos időszakok, karácsony előtt 15 fok feletti hőmérsékletet lehetett mérni. A hőmérsékletmérő szépen követi a szokványos napi ingadozásokat (2. ábra), ránézésre jól használható az adatsora, a decemberi hőmérséklet a szálló por mérő hiteles mérési tartományán belül volt.



2. ábra: a hőmérséklet napi ingadozása (Pap-rét, Verőce, 2019. december). A kék adatokból a havi átlag hőmérséklet (3 fok), a sárga adatokból a napi átlag hőmérséklet

van kivonva, az adatok óránkénti összesítésben vannak csoportosítva. A függőleges vonalak az órák összesítés szórását mutatják.

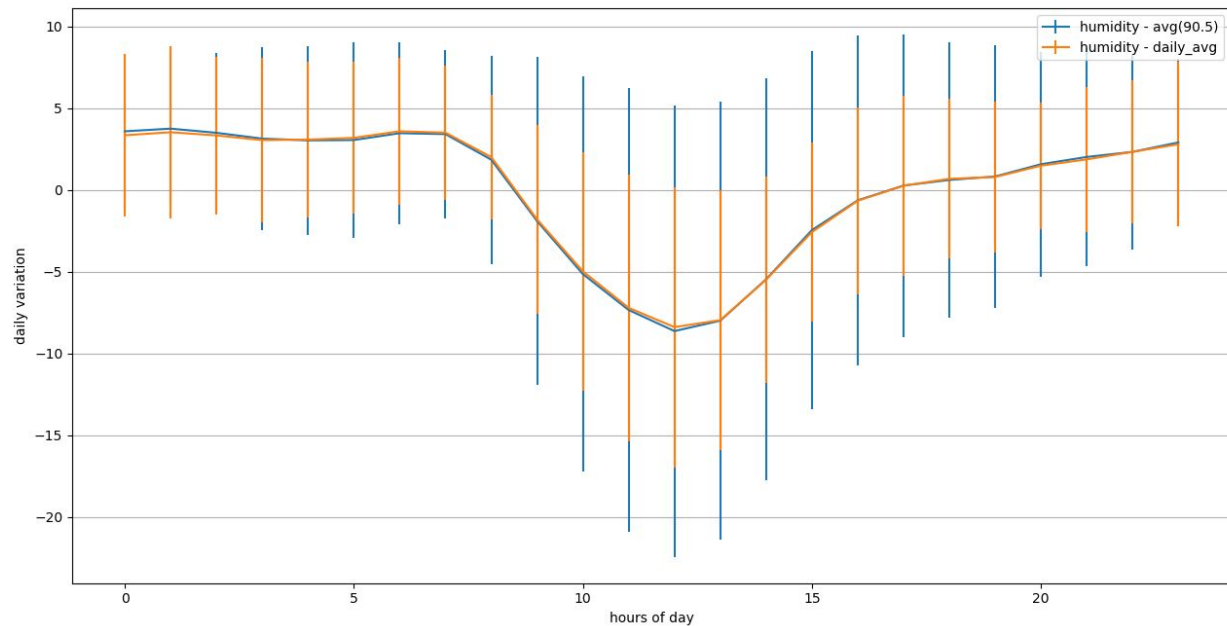
Páratartalom



3. ábra: a páratartalom időfüggése 2019. decemberében (Verőce, Pap-rét)

A páratartalommal a szálló por mérés szempontjából nincs már olyan szerencsénk. A december rendkívül magas, átlag 90%-os páratartalmú volt a mérés alapján, a páratartalom csak igen ritkán, jórészt csak bizonyos napok déli óráiban ment le a szálló por mérő 70%-os mérési küszöbe alá. Ugyanakkor a páratartalom mérés is hitelesnek látszik, az adatsort a hőmérséklethez hasonlóan napi átlagolásban mutatva is szépen látszik a páratartalom napi

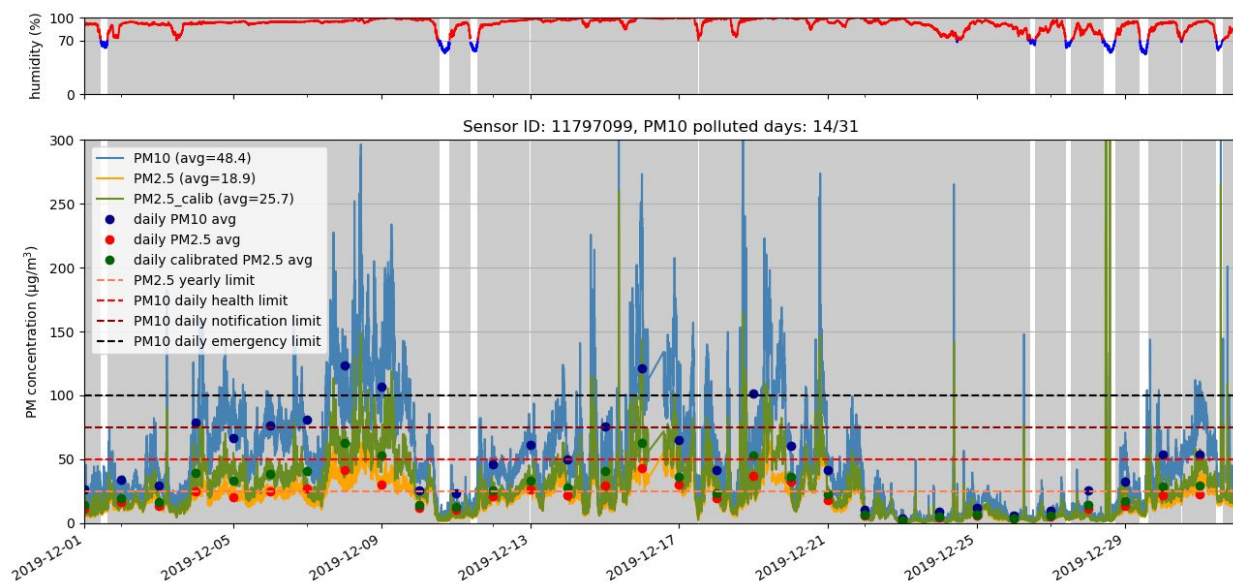
időfüggése (4. ábra).



4. ábra: a páratartalom napi ingadozása (Pap-rét, Verőce, 2019. december). A kék adatokból a havi átlag páratartalom (90.5 %), a sárga adatokból a napi átlag páratartalom van kivonva, az adatok óránkénti összesítésben vannak csoportosítva. A függőleges vonalak az órás összesítés szórását mutatják.

Egy tanulság, amit ezen a ponton már le kell vonnunk, hogy ha az SDS011 valóban magasabb szálló por értékeket mér a valóságnál 70% páratartalom felett, akkor fontos lesz valamiféle megbízható kompenzációs mechanizmus létrehozása, hogy a mért szálló por értékeket a páratartalom függvényében tudjuk hitelesen alulról becsülni.

Szálló por



5. ábra: a szálló por időbeli alakulása 2019. decemberében (Verőce, Pap-rét). Az ábra alsó részén három adatsor látszik: PM10, PM2.5 és kalibrált PM2.5 ami a [B. Laquai és A. Saur](#) kalibrációs algoritmusával lett számolva. Az ábrán számoltam napi átlagokat is (pöttyök) és feltüntettem a Magyarországon hatályos egészségügyi határértékeket is (szaggatott vonalak). Az ábra felső részén a páratartalmmérő párhuzamos mérése látható, pirossal a 70% páratartalom feletti, kékkel a 70% alatti időszakokat. Az ábrákon szürkézve vannak azok az időszakok, amikor a páratartalom 70% feletti (az idő túlnyomó többsége), ilyenkor az SDS011 valószínűleg a valóságnál némileg magasabb értékeket mutat.

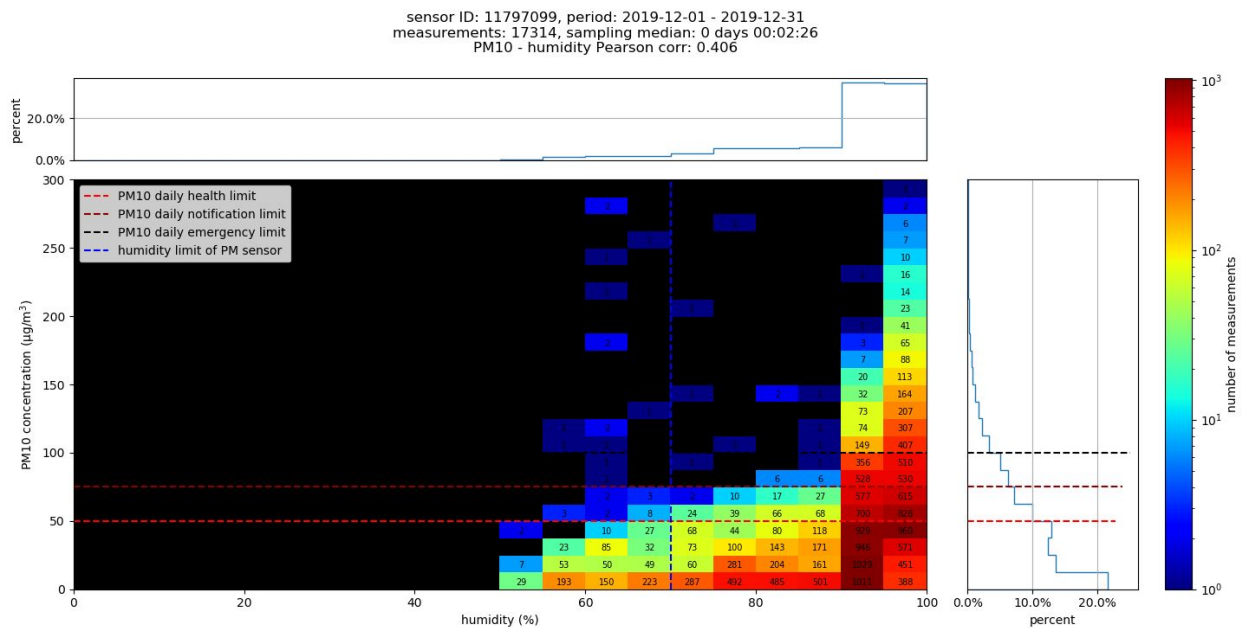
Az 5. ábra a szálló por időbeli alakulását mutatja. Amint látszik, az idő nagy részében 70% feletti a páratartalom, de az is látszik, hogy ez önmagában nem jelenti a szállópor érzékelő elszállását, mert például a december 23-28-i időszakban is magas volt a páratartalom, de alacsony a mért légszennyezés. Egyfajta nulladik megközelítés lehet a szállópor mérés páratartalom-kalibrációjára, hogy az adott páratartalmon mért legkisebb légszennyezés értéket kivonjuk a szállópor mérésből, mondván, hogy ez a rész felel meg a vízcseppeknek tiszta levegő esetén. Amint látni fogjuk, a 0-25 µg/m³ tartományban minden páratartalomszinten tudunk mérni, azaz mondhatjuk, hogy a páratartalom maximum 25 µg/m³ offset-et visz a szállópor mérésbe, ami sajnos a mért **NAGYON MAGAS SZÁLLÓ POR KONCENTRÁCIÓ** mellett egészen elhanyagolható.

Mindenesetre a nyers mérési adatok alapján **31 NAPBÓL 14-EN VOLT AZ ÁTLAG PM10 SZÁLLÓ POR KONCENTRÁCIÓ AZ EGÉSZSÉGÜGYI HATÁRÉRTÉK FELETT, 8 NAPON PEDIG A SZMOGRIADÓ TÁJÉKOZTATÁSI KÜSZÖBSZINTJE FELETT ÉS 4 NAPON A**

SZMOGRIADÓ RIASZTÁSI KÜSZÖBSZINTJE FELETT!!! Ha parasztos módon kivonunk 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t a nyers adatokból, ami valószínű jó alsó becslése a szálló por mérésnek, akkor is marad 10 napunk a 31-ből átlagban az egészségügyi határérték felett (éves szinten 35 ilyen nap megengedett, ebből tehát 1 hónap alatt elhasználtuk kb. a harmadát!). Hivatalos szmogriadóról ugye nem hallottatok Ti sem egyszer sem decemberben? Tudhat-e egyáltalán az OMSZ szmogriadót kiadni Verőcére, ha a legközelebbi hivatalos szállópor mérőállomás Vácon van? Na ezeknek a kérdéseknek a boncolgatása végett építjük a helyi érzékelőhálózatot...

Ez - akárhogy is nézzük - nagyon súlyos állapot ami közvetlen veszélyt jelent az egészségünkre, ezért érdemes alaposabban is megvizsgálni, hogy miért és hogyan jön létre, hogyan lehetne a jövőben javítani a levegőminőségünkön!

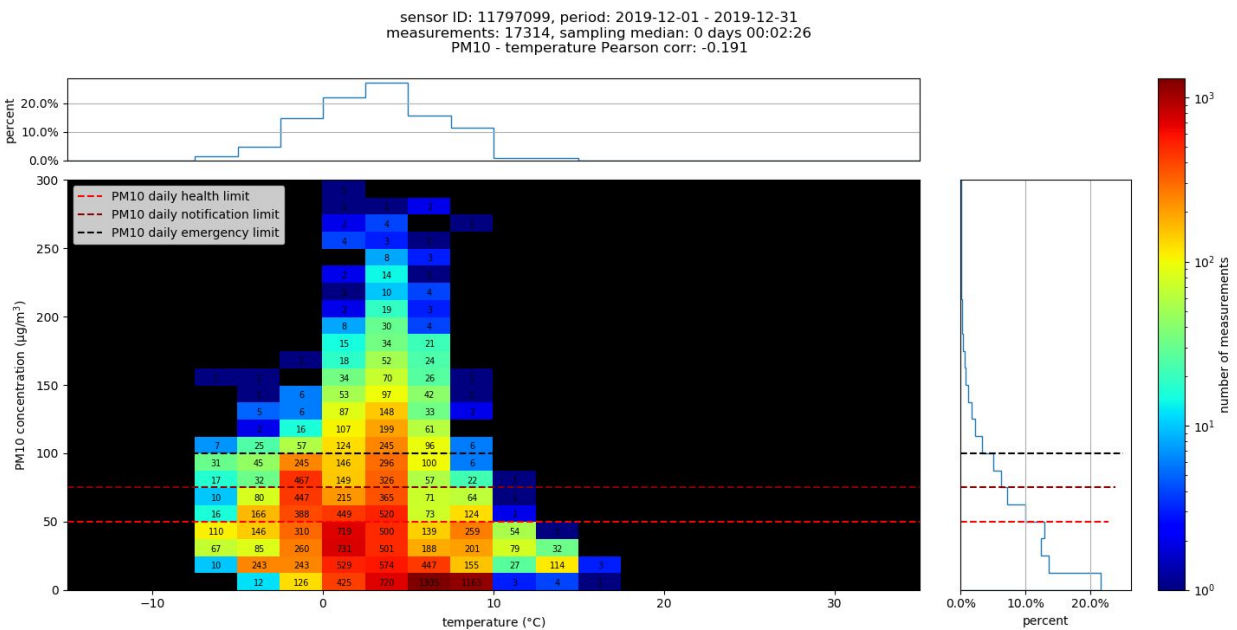
Az 5. ábrán az is látszik, hogy egyrészt van a méréseknek egyfajta több napon átívelő fűrészfogas jellege, azaz valószínűleg jön egy hidegfront, kisöpri a szennyezett levegőt, ami utána elkezd újra telítődni, egyre magasabb átlagszintre lépve, egészen a következő erős szeles időszakig (ez meteorológiai adatok alapján ellenőrizendő!). Ugyanakkor vannak benne igen magas, messze a szmogriadó riasztási küszöbe ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) felett lévő rövid idejű csúcsok - ezek minden bizonnyal nem a meteorológiai viszonyokból jönnek, hanem a hirtelen helyi szennyezésből, azaz többnyire - itt Verőcén, télen - a füstölő kéményekből (lásd majd 9. ábra).



6. ábra: Ez az ábra a mérési adatok két dimenziós eloszlását mutatja a PM10 és páratartalom szint függvényében. A színskála és az egyes négyzetekben látható számok mutatják, hogy hány darab (két és fél perces időközönként születő) mérési pont esik adott PM10 koncentrációra (függőleges tengely) és egyben adott páratartalomra (vízszintes tengely). A szaggatott vonalat a már korábban bevezetett egészségügyi küszöbszinteket és mérési küszöbszintet mutatják. A felső és oldalsó ábrák a szálló por

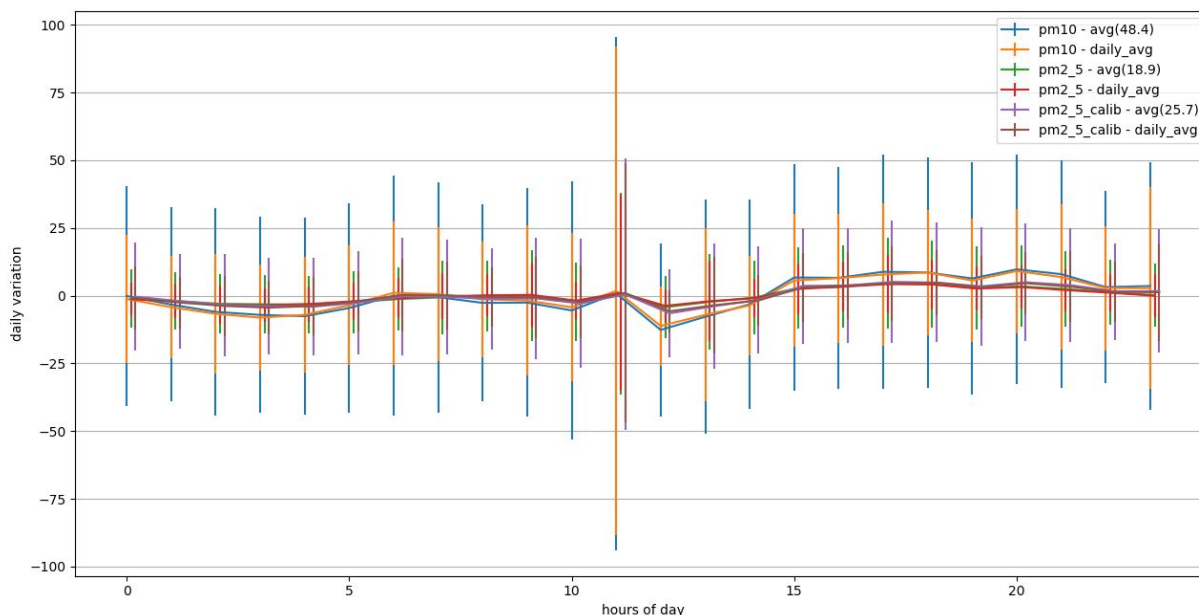
mérés és a páratartalom mérés hisztogramjait mutatják (azaz hogy arányaiban a mérések mekkora hányada esik adott mérési szintre).

A 6. ábra a szálló por mérés eloszlását mutatja a páratartalom függvényében. A páratartalom és a szálló por adatok között viszonylag magas, 0.406-os Pearson korreláció van, azaz az adatokban van egy olyan trend, hogy magasabb páratartalomhoz átlagban magasabb szálló por mérés tartozik, ám ennek eredete kettős: egyrészt ez jöhet a szenzor által mért vízcseppek növekvő koncentrációjából, másrészt jöhet abból a tényből is, hogy amikor inverziós meteorológiai állapot van és áll a levegő, nem fúj a szél, akkor tipikusan mind a páratartalom, mind a légszennyezés magasabb, amikor pedig szépen kifújja a szél a helyi koszt, akkor a páratartalom is többnyire leesik. Az összefüggések mélyebb megértéséhez jó lesz majd a szenzorhálózat redundáns és térben elosztott adatait nézegetni...



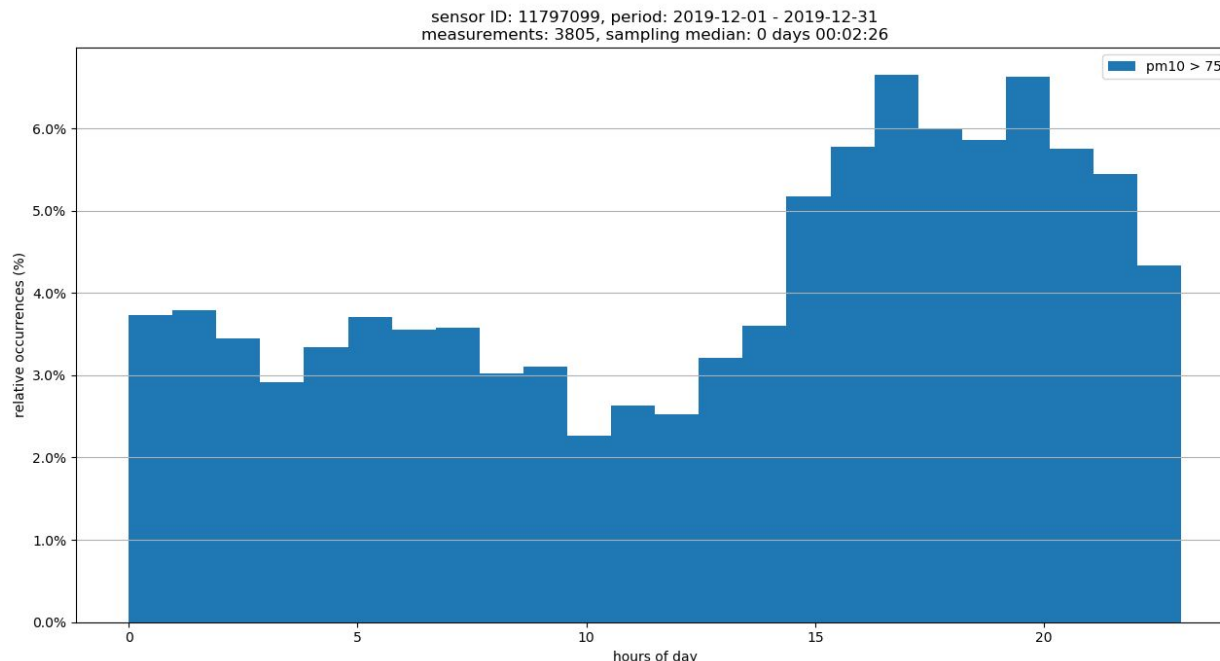
7. ábra: A mérések eloszlása a PM10 koncentráció és a hőmérséklet függvényében. Az ábra megértéséhez a 6. ábra aláírását tessék elolvasni és “páratartalom” helyett “hőmérsékletet” gondolni mindenhova.

A 7. ábrán a 6. ábrához hasonló módon kétdimenziós eloszlást látunk, de most nem a páratartalom, hanem a hőmérséklet függvényében. Ezt az ábrát is jó nézegetni, tanulságot egyelőre nem tudok levonni belőle.



8. ábra: A szálló por koncentráció napi időfüggése 2019. Decemberében (Pap-rét, Verőce).

A 8. ábrán a szálló por szintjének napi eloszlása látható. Itt - a hőmérséklethez és a páratartalom eloszlásához hasonló - jelentős és szépen látható napi ingadozás nem látszik egyelőre ennyi adatból, de én azért hajlamos vagyok már most belelátni az adatokba azt a trendet, hogy az átlagok talán elmozdulnak felfelé azokban az időszakokban, amikor a lakossági fűtés aktívabb (reggel munkába menet előtt egy kisebb menet, valamit délután 3-4-től kezdve egészen késő estig). Ez összhangban állna azzal az egyértelmű megfigyeléssel, hogy sajnos a lakossági szilárd tüzelés rettenetes módon betéríti füsttel a falut és a szélmentes napokon ez óriási levegőszennyezést okoz. Ezt majd megnézzük több adatból, több szenzorból, esetleg szélirány függvényében, ha sikerül valahonnan szél adatokat szereznem, de addig is megnézhetjük azt, hogy a kiugró (mondjuk a szmogriadó tájékoztatási küszöbe feletti) csúcsok a nap melyik időszakában milyen gyakorisággal fordulnak elő. Lásd 9. ábra alább.



9. ábra: a PM10 koncentráció kiugró csúcsainak (szmogriadó tájékoztatási küszöbe, azaz 75 µg/m³ feletti mérési pontok) napi előfordulási gyakoriság eloszlása.

A 9. ábra megerősíti az előző feltevésünket, az ábrán szépen látszik már ilyen kevés adatból is, hogy a kiugró szennyező csúcsok relatíve sokkal gyakrabban fordulnak elő az esti órákban (és egy kicsit reggel munkába menet előtt), ami a szilárd tüzelés tipikus időszaka. Azt is fontos megjegyezni, hogy ez az eloszlás nem a páratartalom eloszlás inverze, mivel a reggeli és éjszakai magas páratartalomhoz NEM tartozik magas légszennyezés, azaz az olcsó és alacsony minőségű szenzorok adataiból is tudunk páratartalomtól független hasznos és értékes információt kiszűrni!

Összefoglaló

Az első havi adatokból és csupán egy darab folyamatosan működő levegőminőség érzékelő alapján az alábbiakra tudtam jutni:

- A hőmérséklet és páratartalom mérés ránézésre megbízhatónak tűnik
- Ha figyelembe vesszük az olcsó szenzor pontatlanságát és szélsőséges módon alulról becsüljük a mért levegőminőség adatokat, akkor is ijesztően magas szennyezettségi állapotot mutatnak a számok! **A légszennyezés nem vicc, hanem vezető halálok, tessék komolyan venni!**
- A magasan kiugró légszennyezési adatok a késő délutáni és esti órákban sokkal gyakrabban jelentkeznek, ami egybeesik a szilárd tüzelésű fűtés időszakával, ezért **feltételezhető, hogy a magas légszennyezés oka Verőcén elsősorban nem pl. az autóforgalom vagy az ipar, hanem a lakossági fűtés!**

Tennivalók, továbblépési lehetőségek (ha bármiben tudsz segíteni vagy van további ötleted, kérlek lépj velem kapcsolatba a megadott email címen!):

- Meg kell oldani a magas páratartalom melletti szálló por mérés kompenzációját a mérések hitelesebbé tétele érdekében
- Szinte trivialis, hogy a magas szennyezettségi állapot az annak kedvező meteorológiai körülmények (inverzió, kis szél) és a magas helyi emisszió együttállásakor keletkezik, de azért jó lenne ezt az adatokból is szépen kimutatni, azaz pl. szükség van szélereősség és szélirány adatokra, hogy a helyi emissziót el lehessen különíteni a környezeti szinttől
- Szükség van több adatra, több szenzorra, több módszerre, izgalmas dolgok rejlnek még itt a felszín alatt!

Már most érdemes elgondolkodni rajta:

- Verőcén országos arányban is kb. a legtöbb a gyerek. **A gyerekeket érinti a legérzékenyebben a légszennyezés.** Számtalan módon tudja megnyomorítani vagy kioltani az életüket idő előtt. **Miért ülünk tétlenül?**
- A szilárd tüzelést nem véletlenül tiltották be a városokban. Hát falun is be kell tiltani, mert itt is káros. Aki tudja, vezettesse be a gázt, építsen napelemes elektromos fűtést, vagy hőszivattyús klímásat vagy menjen el télen melegebb éghajlatra. Ezeknek a (lokális) terhelése jóval alacsonyabb.
- Ezek az olcsó szenzorok kizárólag a szálló por koncentrációját mérik, kémiai összetételét nem. A magas por koncentrációnál még súlyosabb probléma a **NEM MEGFELELŐ TÜZELŐANYAGGAL TÖRTÉNŐ FŰTÉS**, ami szintén súlyos probléma Verőcén, és ezt mindenki a saját orrába helyezett profi szenzorral is megtapasztalhatja nap mint nap. Önmagában a porkoncentráció is vészesen magas, amit elég nehéz lesz rövid távon lejjebb nyomni, mert a fűtési rendszerek korszerűsítése kell hozzá, viszont szigorú hatósági intézkedések szükségesek a szemétegetés szokásának teljes megszüntetéséhez, vagy akár a lignittel, szénrel fűtés betiltásához!