

MAGYARORSZÁG AZBESZTPALA-TETŐ KATASZTERÉNEK ELKÉSZÍTÉSE

Készítette: Dobos András, Gömöri András

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar

Földrajz Geoinformatika Intézet

Témavezetők: Dr.habil. Dobos Endre, Kovács Károly Zoltán

Az azbesztet már az ókor óta használjuk, napjainkba már a világ minden táján megtalálható és több ezer különböző felhasználású termékben van jelen. Nagy népszerűségét kiváló szigetelő és ellenállóképességének köszönheti. Elterjedésével párhuzamosan derült fény az azbeszt sötét oldalára, ugyanis súlyosan egészség károsító hatása.

Hazánkban már a XX. század elejétől használták számos iparágban (építőipar). Magyarországon legnagyobb mennyiségben Nyergesújfalun és Selypen állítottak elő (350-400 millió m²), emellett pedig ismertelen mennyiségű import termék is jelen van. Magyarország területén 2005 január elsején tiltották be a használatát.

Máig az épített környezet nagy mennyiségű azbeszt terméket tartalmaz. A tetőfedésre használt azbesztcement palák, mára a külső erők hatására leromlott állapotúak, a mállás és aprózódás nyomán finom azbeszt port mos le a csapadék, illetve fúj a szél az azbesztpalával fedett tetőkről.

Célunk, hogy az azbesztpala tetőfedő anyagok mennyiségét (m²), illetve annak földrajzi eloszlását feltárjuk. Országos lefedettségű, megfelelő felbontású automatizált távérzékeléses módszertan támogatására alkalmas adat ingyenesen nem áll rendelkezésre, előállítása pedig nagyon költséges.

Az általunk kidolgozott módszertan a Google Earth (GE) alkalmazás által szolgáltatott távérzékelelt adat kézi digitalizálásával nyert adatot dolgozza fel majd terjeszti ki. 200 véletlenszerűen kiválasztott település azbesztpala-tetőkataszterét a Google StreetView és a nagy felbontású távérzékelelt valószínűségi adatok alapján készítettük. Az adatnyerés bizonytalanságát a StreetView hiányos lefedettsége és a távérzékelelt képek területenként eltérő felbontása adja. A minta 10%-án végzett helyszíni validálás segítségével számszerűsítettük a hibát.

A tetőfelület becslését, ahol lehet az OpenStreetMap (OSM) által szolgáltatott épület réteg alapján végeztük. A Magyarországon előforduló tetőtípusok átlagosan az alapterület 1,2-1,6 szorosa. A digitalizálás során nem regisztráltuk a tető típusát, hanem a legjellemzőbb 1,4 –szeres szorzót alkalmaztuk. Ahol az OSM épület réteg hiányos volt a GE alkalmazás segítségével rajzoltuk meg az épületek alaprajzát.

Az így nyert adatok kiterjesztését Magyarország Nemzeti Atlaszából kinyert demográfiai, gazdasági és települési adatok alapján végeztük. A megvizsgált adatok alapján regressziós függvénnyel becsültük adott településen.

Tartalomjegyzék

Táblázat jegyzék:	3
1. Bevezetés	5
1.1 Az azbeszt hatása a szervezetre	6
1.2 Az azbeszt felhasználása	7
2 Célkitűzés, összefoglaló módszertan	9
3 Részletes módszertan	13
3.1 A mintaterületek kiválasztása	13
3.2 Adatszámaztatás, minta települések azbesztterítő területeinek digitalizálása	17
3.3 A felbontás és adathiány okozta bizonytalansági tényezők	21
4 Budapest azbesztterítő területeinek digitalizálása, adatbázis egységesítése	24
5 A felmérés eredményei	28
5.1 Regressziós településalapú becslési módszertan	40
5.1.1 Lineáris többváltozós regressziós módszertan a településszintű adatok becslésére	42
6 Korrekciós lépések, validálás	47
6.1 Melléképületekkel történő korrekció	47
6.2 Digitalizálási bizonytalanság	51
6.3 Google Earth felbontási korlátból eredő bizonytalanság	52
7 Összegzés	54
7.1 Budapest	54
7.2 Vidék	55
7.3 Egyesített országos becslés Budapest és a vidék adatainak egyesítésével	56
7.4 Összefoglaló értelmezés	56
8 Irodalom	57

Ábrajegyzék:

1. ábra: A főbb azbeszt típusok (forrás: [2.])	5
2. ábra A 3155 település adatbázisának kialakítását bemutató folyamatábra	10
3. ábra Budapest területi adatbázisának munkafolyamatát bemutató ábra	11
4. ábra A kiválasztott 195 település (A települések listáját a 3. táblázat mutatja)	13
5.a. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain	14
5.b. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain	15
5.c. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain	16
6. ábra Az Open Street Map épület adatbázisa	17
7. ábra Települést lefedő OSM adatbázis, település kontúrral.....	18
8. ábra Google Earth szoftveren belül készített azbesztet jelölő poligon	19
9. ábra Google Earth szoftveren belül készített azbesztet jelölő poligon	20
10. ábra Azbeszt tetőket jelölő poligonok EOVB-ben az ArcGIS kezelőfelületén	20
11. ábra Google Earth kivágat egy negyedik kerületi kertvárosból, 200m magasságból.....	21
12. ábra Google Earth kivágat egy vidéki településről, 200m magasságból	22
13. ábra Jó lefedettségű street view állomány.....	23
14. ábra Rossz lefedettségű street view állomány	23
15. ábra Budapest területhasználati osztályok, CLC50 osztályok alapján, módosítva	25
16. ábra Budapest kertváros mintaterületei.....	26
17. ábra Tréning terület Budapesten.....	27
18. ábra Településenként előforduló palatető felületek a 195 elemű minta alapján	29
19. ábra Településenként előforduló palatető épületek száma a 195 elemű minta alapján.....	29
20. ábra Átlagos palatető méretek a 195 elemű minta alapján.....	30
21. ábra Budapesti területosztályok és becsült azbesztpala-tetőmennységük	32
22. ábra Település lakossága és az összes pala-tető [m ²] összefüggése	41
23. ábra A település méretét alapul vevő osztályok alapján számolt országos pala-tető eloszlás ..	45
24. ábra Az 5 településtípus szerint feldagozott adatok alapján készített térkép.....	46
25. ábra Jakabszállási mintaterület a lehatárolt palatetővel	48
26. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetővel	49
27. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetővel (részlet).....	50
28. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetővel (részlet).....	50
29. ábra A drón felvételen azonosított palatető felületek méret szerinti megoszlása.....	53
30. ábra A Google Earth felvételen azonosított palatető felületek méret szerinti megoszlása	53

Táblázat jegyzék:

1. Táblázat A településenként mért jellemző statisztikák.....	28
2. Táblázat A település-osztályok leíró statisztikái	31
3. Táblázat A mintaterületek adatainak összefoglaló táblázata	33
4. Táblázat Település osztályok	42
5. Táblázat A validáláshoz kiválasztott 20 település.....	51

6. Táblázat Becsült palafelületek Budapest nélkül.....	55
7. Táblázat Országos összesítés Budapesttel együtt.....	56

1. Bevezetés

Az azbeszt gyűjtőfogalom, egyes szilikátásványok szálas megjelenésű változatainak összefoglaló neve. Az azbesztszálak igazi természetes nanoanyagok, a szabad szemmel látható „szálak” valójában egyedi szálacskákból álló szálkötegek, ezért az elemi szálakig foszlathatók [1.].

Az azbesztnak kiváló tulajdonságai vannak, ami miatt az elmúlt 80 évben több mint 3000 termékben használták fel. Hőálló, éghetetlen, kémiaileg pedig saválló, lúgálló, olajálló anyag és nem bomlik el. Elektromos szigetelőként viselkedik, és szálstruktúrája lehetővé teszi szövését, valamint nagy mechanikai szilárdságának kihasználását. Az azbesztből készült legjellemzőbb termékek: tűzálló anyagok, tömítések és csomagolások, szűrők, fékbetétek és kuplungok, azbesztcement termékek, valamint a tűz-, hő- és zajvédelem céljaira alkalmazott azbeszt tartalmú szórt vakolat [2.].

Az alábbi legfontosabb azbeszt típusokat különböztethetjük meg: fehérzbeszt (krizotil), amfibolazbesztek (kékazbeszt (krokidolit), barnaazbeszt (amozit)). Ezek az ásványok gyakorlatilag az egész földön elterjedtek.



1.ábra: A főbb azbeszt típusok (forrás: [2.])

Krizotil

Könnyű, igen nagy finomságú szálakra osztható. Színe: fehér, szürke, sárgás. A szál puha, simulékony, magas tépőszilárdsággal rendelkezik, rugalmassága jó. Szövésre kiválóan alkalmas. Szerkezete: kötegelt szálak (fibrillek) melyek rendkívül vékonyak (kb. 0,000015 - 0,00004 mm), csak elektron-mikroszkóppal láthatók [2.].

Amfibolazbeszt

Alkálimentes és alkálitartalmú (krokidolit) fajtákra osztható csoport. A Krokidolitot durva szálú, prizmatikus kristályok és szálak jellemzik, a színe kék, az amozit barna. A krokidolit kevésbé alkalmas szövésre, mint a krizotil, az amfibolazbeszt többi fajtáját pedig csak mérsékelten vagy egyáltalán nem lehet szőni [2.].

Az építőiparban kétféle azbesztterméket különböztetnek meg. Egyik az erős kötésű azbesztcement, (vagy azbesztpala [3.]) ismertebb nevén az eternit. Készítése során kb. 90% cementet 10% azbeszttel kevertek és nedves eljárással formába sajtoltak. A cement jól megköti az azbesztszálakat, ezért az azbesztrostok nyugalmi helyzetben kevésbé szabadulnak ki az ilyen termékekből. Az azbeszttermékek második csoportját, a gyenge kötésű azbesztet elsősorban az ún. szórtazbeszt

képviseli. Mivel ezekben a termékekben kisebb a kötőanyag-tartalom, könnyen kerülhetnek ezekről azbesztszálak a levegőbe. Az azbesztszálak az idő előre haladtával egyre nagyobb mennyiségben szabadulnak fel, mert az azbeszt és a kötőanyag közti kötés folyamatosan gyengül, és mert a terméket gyakran mechanikai hatások is érik (pl. rázkódás, légmozgások) vagy átalakításokat is végezhetnek rajta [2.].

Az időjárás (eső, nap, szél, hó) is komoly hatással van az azbesztpala állapotára, az időjárásnak való kitettség egyenes arányosságot mutat a felületi kopással. A felületi kopás miatt megnő a környezeti levegő azbesztrost-szennyezettsége. A természetes hatások miatt a tetőben lévő azbeszt nem csak a szakszerűtlen bontáskor, hanem meg nem bolygatott, állapotában is veszélyt jelenthet [3.].

1.1 Az azbeszt hatása a szervezetre

Az azbeszt azért jelent súlyos problémát, mert a pusztán szemmel láthatatlan, nagyon apró, rendkívül ellenálló azbesztszálak egészségkárosító hatásúak, a tüdőbe kerülve ugyanis rákos megbetegedéseket is okozhatnak. Az azbesztszálak belégzése az alábbi három betegség kialakulásához vezethet:

- azbesztózis, a tüdőszövet hegesedése;
- tüdőrák;
- mezotelióma: mellhártyarák

Az azbesztózis súlyosan akadályozza a légzést, és közvetett módon halált okozhat. A tüdőrák az esetek megközelítőleg 95%-ában halálos kimenetelű. Az azbesztózis következményeként is kialakulhat tüdőrák. A mezotelióma nem gyógyítható, és általában a diagnózis felállítását követő 12–18 hónap alatt a beteg halálához vezet. Egyes feltevések szerint az azbesztexpozíció gége- vagy gyomor-bélrendszeri rákot okozhat.

Európában évente több ezren halnak meg azbeszttel összefüggő betegségekben. Egy 2003-ban megrendezett azbesztkonferencián 7 európai országban (Egyesült Királyság, Belgium, Németország, Svájc, Norvégia, Lengyelország és Észtország) az évente előforduló halálesetek számát mintegy 15 000 főre becsülték [4.]. Magyarországon kiemelkedően kedvezőtlenek az egészségügyi adatok Heves (Selyp) és Komárom megye (Nyergesújfalu) térségében [5].

Az épületek szigetelésére használt szórt azbeszt 80 százalékban tartalmazza a rákkeltő anyagot. Magyarországon többek között a dunántúli panellakásokban, ipari létesítményekben, sportcsarnokokban, irodaházakban az azbesztszigetelés folyamatos veszélyt jelent, különösen ha átépítési vagy bontási munkálatokat végeznek az épületben [3.].

1997 -ben több európai országban betiltották az azbeszt felhasználását, kereskedelmét. Végleges uniós tiltásra 2004-ben került sor. Egy ENSZ jelentés szerint a munkahelyi eredetű rákos megbetegedések fele azbeszt expozícióra vezethető vissza. A tünetek gyakran csak évtizedekkel az

azbeszt szervezetbe történő bejutása után jelentkeznek, ezért az uniós országokban a megbetegedések további növekedésével számolnak legalább a húszas évek közepéig [5].

1.2 Az azbeszt felhasználása

Az első ismert azbesztfelhasználás őskori, i.e. 4500 körül, antofillitazbesztet kezdtek használni cserépedények megerősítésére a mai Finnország területén. Az ókorban és a középkorban is alkalmazták az azbesztet: lámpakanócot, terítőt és hamvasztási palástot készítettek belőle. A 17–18. században, az uráli krizotilt a textilipar dolgozta fel. Az 1860-as években kezdett az azbesztfeldolgozó-ipar felvirágozni az észak-olasz azbesztbányák római kor utáni újranyitása és a québeci krizotilbányák termelése révén. A 19–20. század fordulóján megnyitották a dél-afrikai krokidolittelepeket, és nagy mennyiségben kezdték termelni az uráli krizotiltelepeket is. Később Dél-Afrikában is megindult az amozit bányászata [1.].

A legjelentősebb azbesztlelőhelyek Kanadában, az egykori Szovjetunió területén és Dél-Afrikában találhatók. Az azbesztfelhasználás az 1970-es évek közepéig erőteljesen emelkedett, az azbesztszálak belélegzésének súlyosan egészségkárosító hatásának felismerése óta azonban jelentősen visszaesett [2.].

Hazánkban Selypen és Nyergesújfalun gyártottak azbeszt tartalmú termékeket, a termelés már mindkét helyen leállt. Nyergesújfaluban 1903 óta működött azbesztpalagyár, itt több mint 350 millió négyzetméternyi hullám- és síkpala készült. Emellett még jelentős orosz import is érkezett [3.].

Átlagosan 150 négyzetméteres tetőfelületű házzal számolva az azbesztpala borítású épületek hozzávetőleges, becsült száma meghaladhatta a kétmilliót. Időközben azonban számos épületet lebontottak, másokon tetőcserét hajtottak végre. Magyarországon a mai napig több százezer lakóépület lehet tehát érintett [3.].

Az azbesztet - kiváló tűzvédelmi és hőszigetelő tulajdonsága, viszonylag könnyű feldolgozhatósága miatt - széles körben alkalmazták, különösen a múlt század harmadától a nyolcvanas évek végéig [5.].

Az azbeszt nálunk leggyakrabban sík- vagy hullámpalátetőként, illetve a födémek, tartóoszlopok szigetelésében (úgynevezett szórt azbesztként) van jelen az épületekben. A síkpala leginkább a családi házakat borítja, illetve középületek falburkoló elemeként is előfordul. A hullámpalát főleg ipari létesítményeken, melléképületeken, valamint válaszfalakként, kerítésként alkalmazták [3.].

Magyarországon 1999 és 2003 között már végeztek felméréseket panelos lakóépületekben, hogy felderítsék alkalmaztak-e szórt azbeszt tartalmú szigetelést. Az eredmények tanúsága szerint főleg a Nyugat-Dunántúli régiókban 1970 és 1990 között épített panelépületekben található szigetelés közel 250 ezer m² felületet érint [6.].

2002-ben indult egy nemzeti azbeszt-eltávolítási program, amely a mintegy 120 ezer négyzetméter azbeszt tartalmú szigetelés eltávolítását tűzte ki célul 2012-re. Ez a program azonban nagyon lelassult 2006 után [5.].

Számos azbesztpalával fedett ingatlanon történt tetőcsere, sok ingatlant elbontottak, de még mindig jelentős az olyan épületek száma, amelyeket azbesztes pala borít. Hivatalos adatok hiányában nehéz pontos adatot mondani a tetőkön lévő palák magyarországi mennyiségéről. Nincs pontos nyilvántartás arról, hány négyzetméteres lehet az azbeszt tartalmú tetőfelület Magyarországon, csak következtetni lehet az épületek építési évéből és az akkor jellemzően használt tetőfedő anyagok alapján.

Becslések szerint körülbelül 100-120 millió [7.], más források szerint [8.] 150 millió, sőt 100-200 millió [9. 10.] négyzetméter azbesztes tetőfelület lehet az országban.

2 Célkitűzés, összefoglaló módszertan

Az országban található azbeszt mennyiségére vonatkozó becslések nagyon tág határok között mozognak. Célunk ezen becslések lényeges pontosítása volt. Az ország teljes terepi felmérése több százmilliós költségvetést és lényegesen hosszabb felmérési és adatelemzési időszakot igényelne. A folyamat távérzékeléssel történő felvételezése is hasonló költségekkel járna. A felbontási igény miatt csak légi felvételezés jöhetne szóba, vagy nagy térbeli felbontású és ezért rendkívül drága űrfelvételekkel számolhatnánk. A légifelvételek esetében a 3155 település hiperspektrális felvételezésével és az adatok digitális feldolgozása esetén kapott adatbázisok esetében is szükséges a terepi tanító és validációs adatok begyűjtése. Ez utóbbiak miatt a távérzékeléses megközelítés is jelentős időigénnyel bír, az ország lerepülésének költségei pedig egy célzott tanulmányban nem térülnek meg.

A munka során a tetőfedésre használt azbeszt palák mennyiségének felmérése helyett csak országos szintű becslésre volt módunk. Országos felmérés helyett mintaterület alapú becslési eljárás mellett döntöttünk. Eredeti módszertani elképzelés szerint 8-10 reprezentatív település hiperspektrális felvételek alapján történő azbesztetítő felszínének meghatározása volt (Kovács et al. 2014.; Kovács és Szabó, 2013; Nagyváradai et al., 2011; Szalai et al. 2013; Taherzadeh et al. 2012; Tobak et al. 2012; Marino C.M. et al. 2001, Frassy F. et al. 2021), de a szűkös költségvetés és az erősen rövidre szabott határidők miatt megfelelő mennyiségű felvétel beszerzése eleve lehetetlen feladat volt. Csak a két validáló település lerepülése 4 millió forintost költséggel járt, ami egy reprezentatív felmérés esetén több10 milliós felvételei költséggel járt volna. A kis mintaszám miatt a reprezentativitás sem teljesült volna. Ezért az eredeti módszertani elképzelés jelentősen módosult.

A módszertan az alábbi lépésekből, elemekből állt össze.

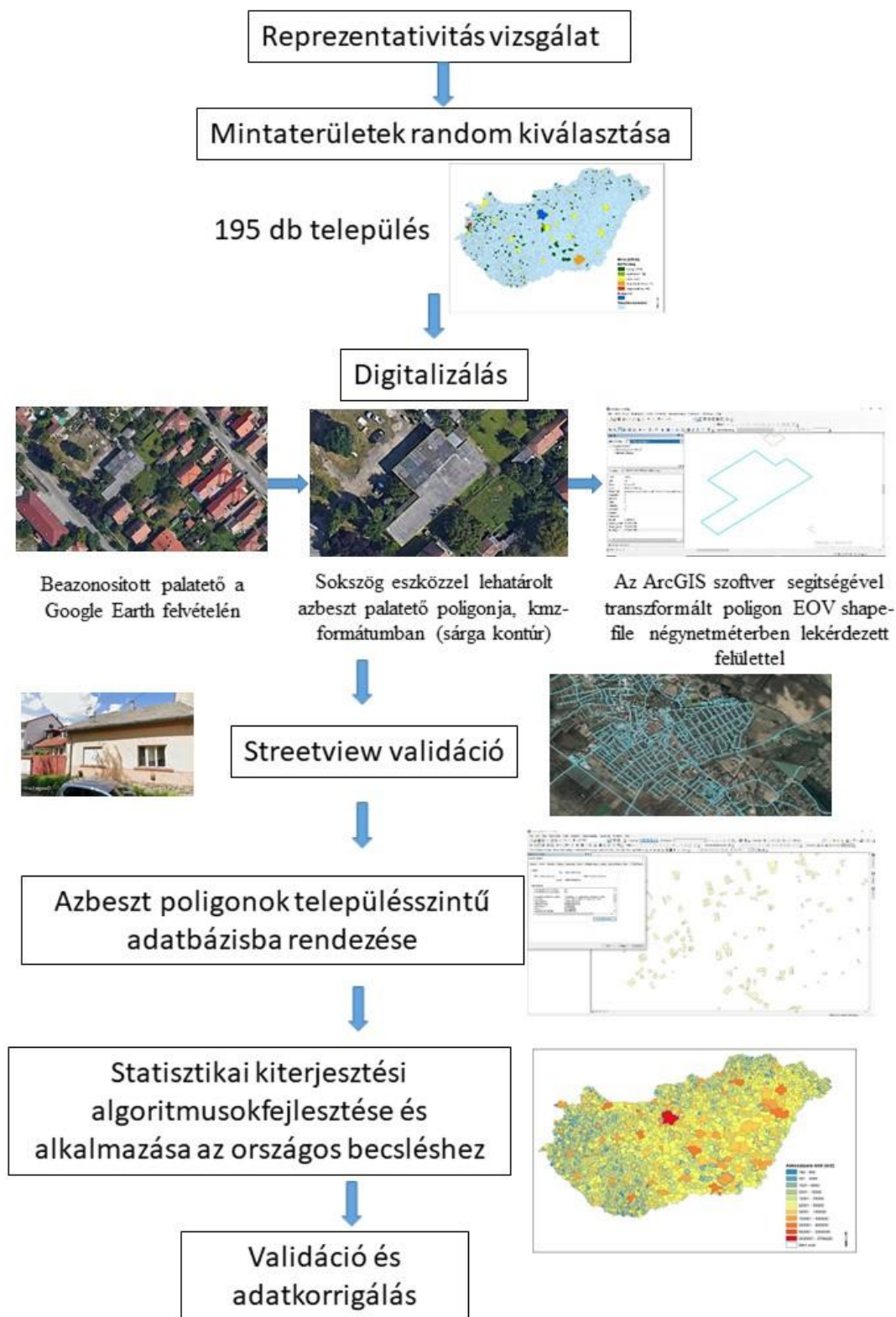
Előzetes statisztikai vizsgálatok az azbeszt elterjedési területét magyarázó társadalmi, gazdasági adatok meghatározására, illetve az elterjedést magyarázó településosztályok meghatározására. Számos statisztikai adatot vetettünk össze az előzetesen feldolgozott mintaterületek adataival, de meggyőző összefüggést és korrelációt nem találtunk, ami az azbeszt elterjedését magyarázta volna.

A magyarázó adatok hiánya miatt random mintavételezéssel 195 települést választottunk ki az országban.

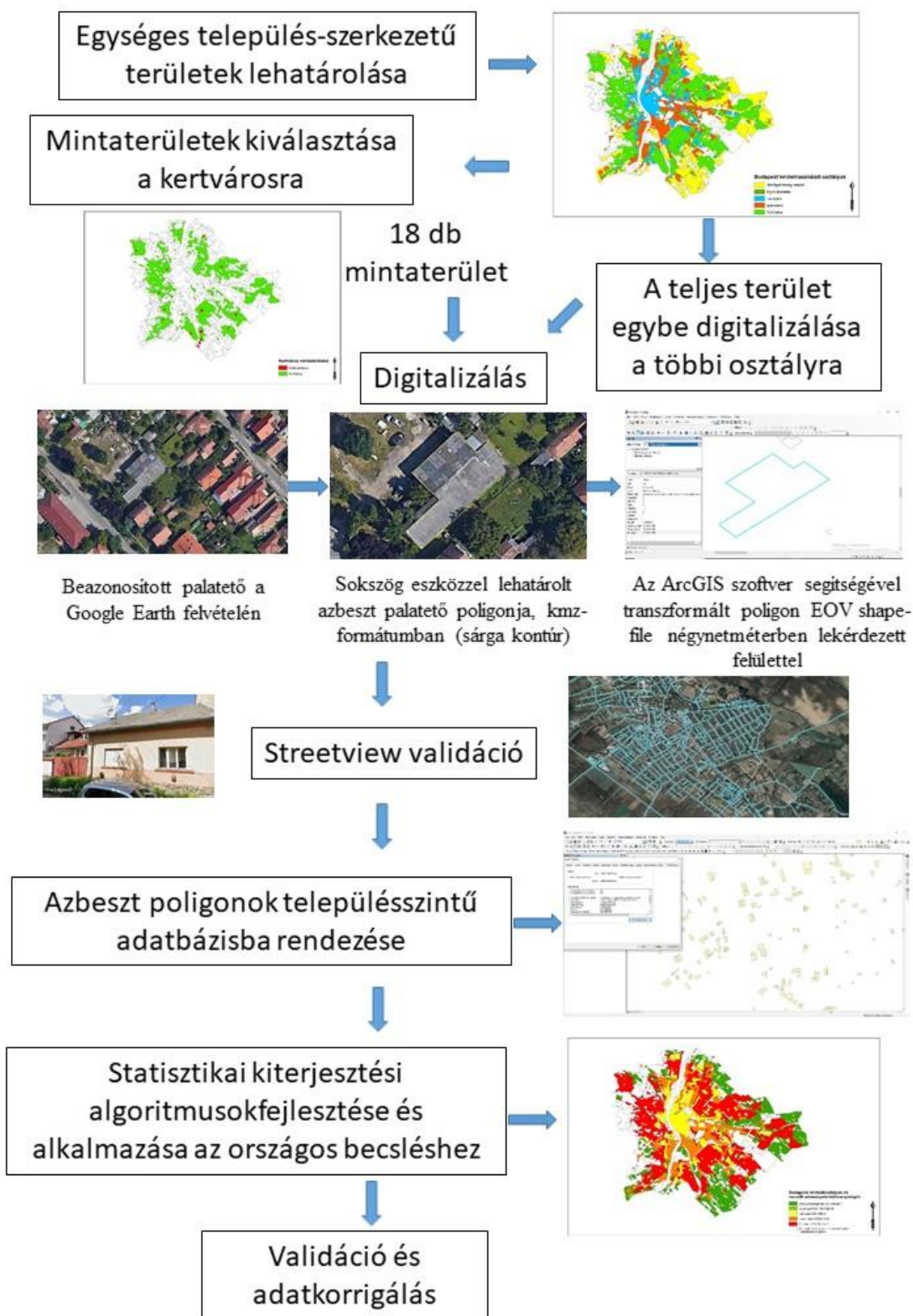
Budapestet külön kezeltük. Első lépésben a városon belül elkülönítettük azt egységesen kezelendő hasonló szerkezetű területeket. A kialakított osztályok egy részét teljes egészében felmértük, míg a nagyobb területet és nagy házsűrűséget mutató területeken mintaterületeket jelöltünk ki.

A településeket a Google Earth adatai alapján mértük fel felülnézetből digitalizálva és a streetview alkalmazással validálva.

A 195 település adatait, mint az országos azbesztváltozatosságát lefedő adatbázist kétféle módszertannal terjesztettük ki az országra. Az első és legegyszerűbb megoldás a 195 település arányos kiterjesztése volt az ország 3155 településére, ami országos szinten megadta keresett pala mennyiséget. Emellett településszintű becslést is végeztünk lineáris regresszióval az első pontban begyűjtött társadalmi-gazdasági statisztikai adatok alapján.



2. ábra A 3155 település adatbázisának kialakítását bemutató folyamatábra



3. ábra Budapest területi adatbázisának munkafolyamatát bemutató ábra

A módszertan elsősorban a lakóépületek felmérését célozta meg. A lakóépületek mellett azonban igen jelentős a palák gazdasági épületeken történő felhasználása. Ez utóbbiakat esetén a nagyobb kiterjedésű épületeket is felmérésre kerültek, de a lakóházak mögött található kisebb épületek, kamrák, ólak felmérésére a módszertan alapvetően nem volt alkalmas. Ez utóbbiakra a mintaterületeken belül jellemző mintaterületeket jelöltünk ki, ahol a műholdfelvételek minősége lehetővé tette a részletesebb, nagyobb felbontású térképezést. Az így kapott adatokat arányítottuk a lakóépületek adataival és a kiszámított arány alapján korrigáltuk a lakóházak alapján számított tetőterületet.

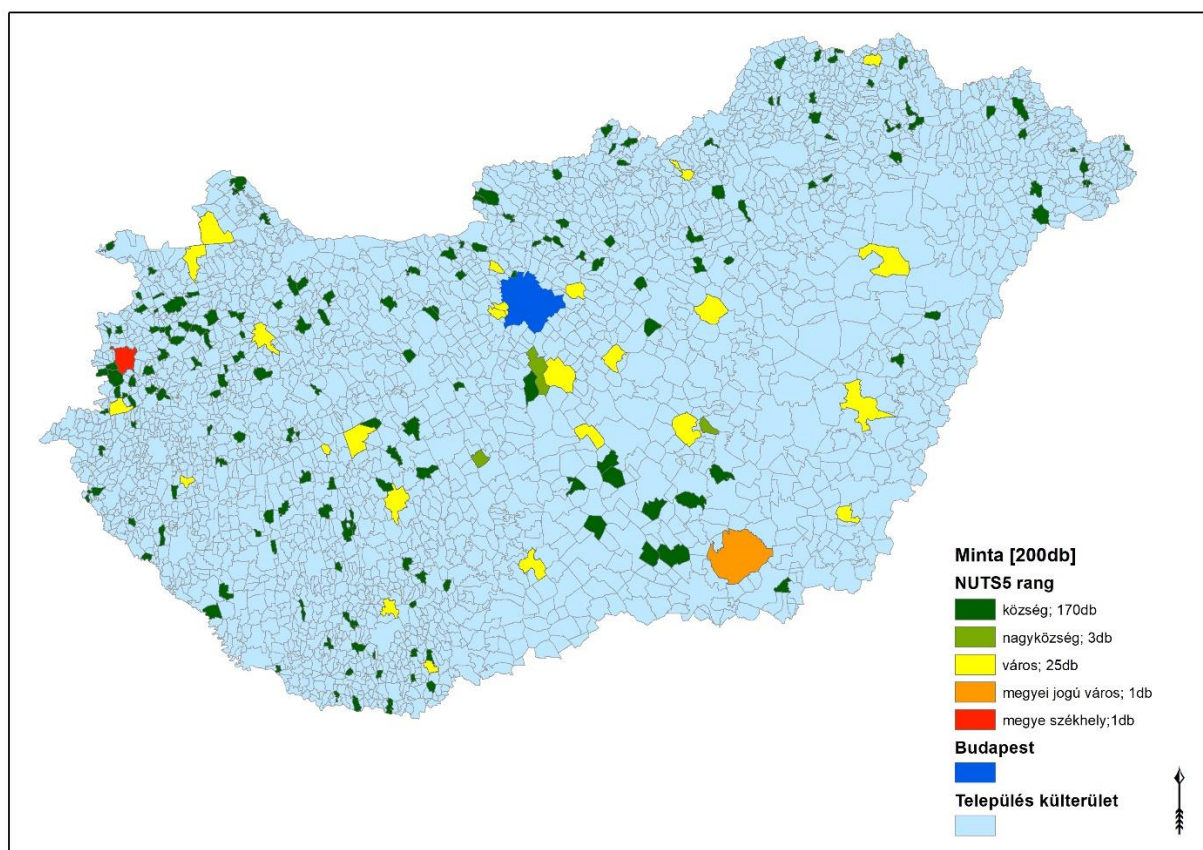
Az eredményeket több módszertannal validáltuk. A digitalizált területekből 20 települést kiválasztva végeztünk keresztvalidálást, amikor a települést más feldolgozó személynek adtuk ki újra digitalizálásra. Emellett két települést repültettünk le drónnal, Jakabszállást és Páhit, amely felvételek részletes feldolgozásra kerültek részben a Google Earth felbontásának validálására, részben pedig a gazdasági épületek arányának további pontosítására.

3 Részletes módszertan

3.1 A mintaterületek kiválasztása

A mintatelepülések kiválasztása random módon történt. Az országos változatosság lefedésére 195 települést választottunk ki a 3155-ből (4.ábra) , amik később a digitalizálás és becslés alapjául szolgáltak. A random leválogatással párhuzamosan megpróbáltunk olyan háttérváltozókat tartalmazó adatbázist létrehozni, mely vélhetően erősen korrelál a palatetők országos eloszlásával és jól magyarázzák a térbeliséget.

Magyarország 3155 települése (a felhasznált adatbázisban Balatonakarattya még Balatonkenese részeként szerepel) közül 195 darabot véletlenszerűen kiválasztottunk és ezen felül Budapest külön került feldolgozásra. Ez az összes település 6,21%-a [db] és az ország területének [km²] 6.83 %-a.



4.ábra A kiválasztott 195 település (A települések listáját a 3. táblázat mutatja)

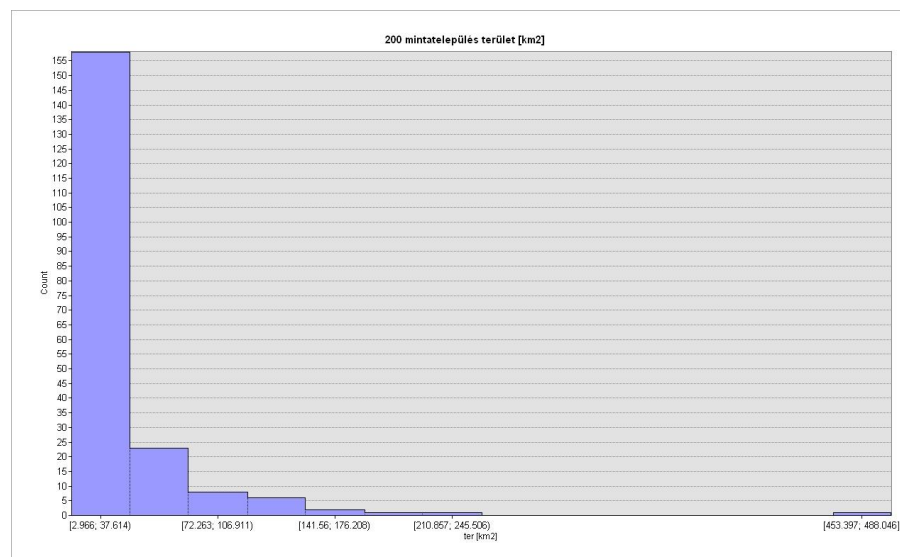
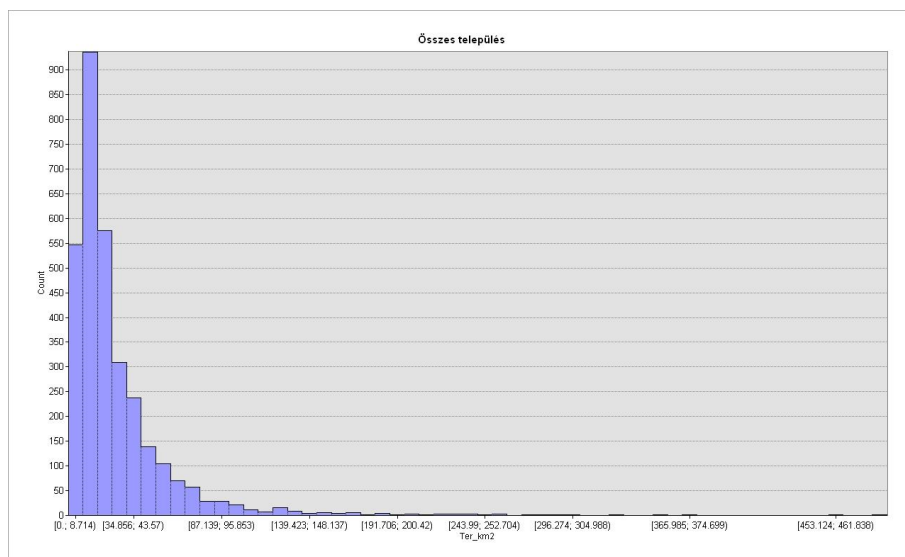
A random mintavétel egyenletes földrajzi lefedettséget eredményez, illetve a minta-település méretek (népesség és terület és lakások darabszáma) is a teljes sokasággal egyező eloszlást mutatnak (5.a-b-c.ábra).

A véletlenszerű mintavétel eredményeképpen a digitalizálás során rendelkezésre álló adat (utcakép és távérzékelt adat) is random eloszlásban lesz eltérő minőségű, így az ebből eredő bizonytalanság is megfelel az országos eloszlásával.

5.a. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain

A település-adatok eloszlása az országos mintán

A település-adatok eloszlása a 195 minta település esetében

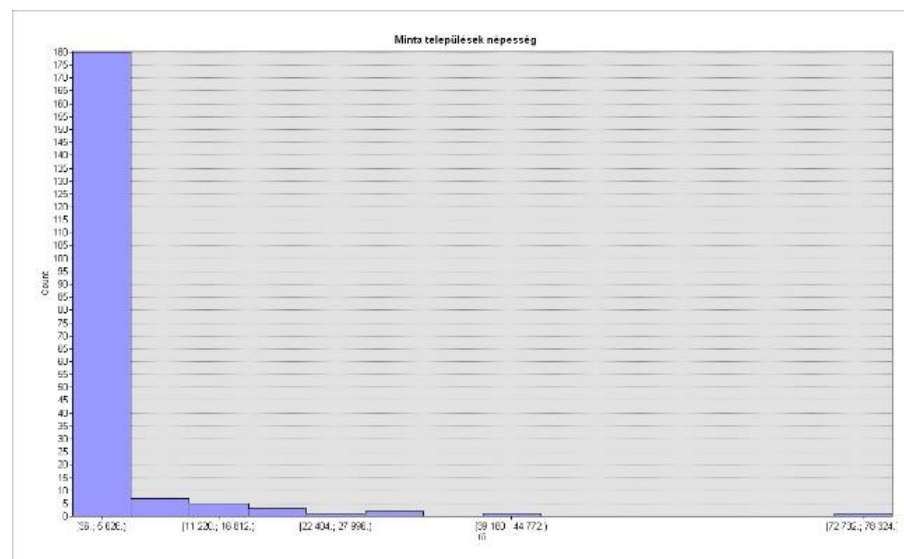
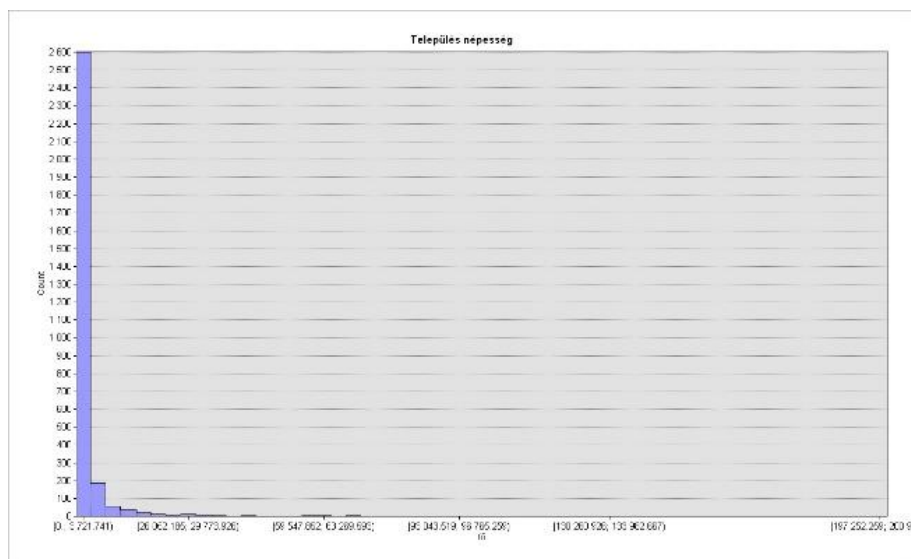


A település területe [km²]

5.b. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain

A település-adatok eloszlása az országos mintán

A település-adatok eloszlása a 195 minta település esetében

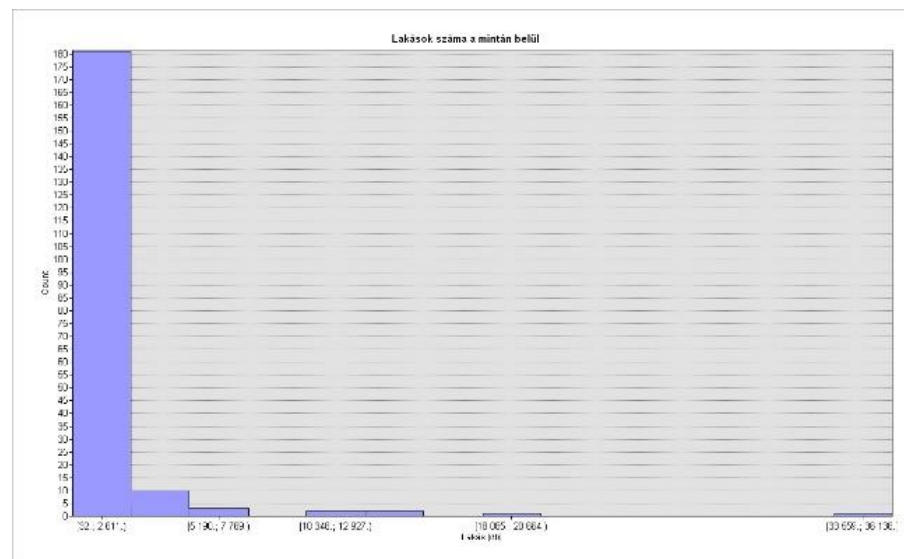
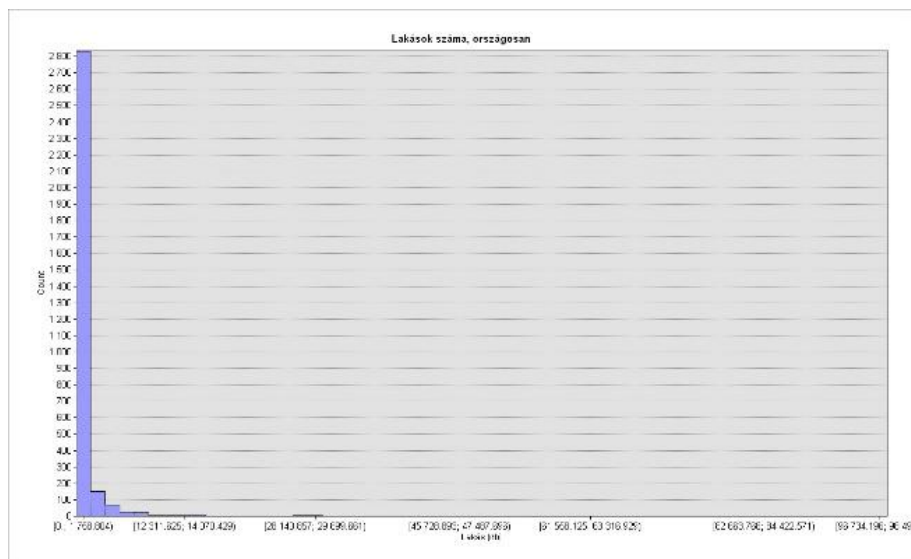


A település népessége [fő]

5.c. ábra A legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain

A település-adatok eloszlása az országos mintán

A település-adatok eloszlása a 195 minta település esetében



A településen lévő lakások száma [db]

3.2 Adatszármaztatás, minta települések azbesztetű területeinek digitalizálása

A leválogatást követően közel kettőszáz, terület, elhelyezkedés, és jelleg szerint elkülönülő település várt a digitális feldolgozásra. A települések szórása biztosította az országos lefedettséget. Kivéve Budapestet, mely esetében némileg eltérő módszertant alkalmaztunk a vidéki 195 településhez képest.

A feldolgozás távérzékeléses módszertan alapján történt, célja a vizuálisan érzékelhető azbeszt tetők területének és elhelyezkedésének feltérképezése volt.

A digitalizálás a Google Earth,(továbbiakban G.E) és Google Earth Pro szoftverekkel történt. Az Open Street Map (továbbiakban OSM) nyilvános adatbázisát felhasználva, ezt lehívva és KMZ formátumban a Google Earth-ben megnyitva kaptuk meg a digitalizálást támogatni képes alapállományt, mely az OSM-ben fellelhető épület poligonokat tartalmazta.



6. ábra Az Open Street Map épület adatbázisa

Ezen felül a települések kiterjedését is behívtuk a G.E-be, hogy a területi lehatároláson belül maradjon a vizsgált terület. Ezt a ArcGIS szoftver segítségével tudtuk megtenni, ahol a településhatárokat tartalmazó poligon shapefileokat kmz-vé alakítottuk, amit a G.E már képes volt kezelni.



7.ábra Települést lefedő OSM adatbázis, település kontúrral

Ezek után a G.E-ben rendelkezésre álltak a településenként változó lefedettségű OSM adatbázis poligonjai amelyek az épületek kiterjedését mutatták. Az OSM lefedettség változatosságából adódó problémát kézi digitalizálással küszöböltük ki. Ahol tehát nem volt OSM állomány, oda a G.E sokszög funkciójával tudtunk új poligont hozzáadni, lehatárolva az azbesztpala tetők területét. Az új poligonok csak a feltételezett azbeszt objektumokra lettek ráhúzva.



8. ábra Google Earth szoftveren belül készített azbesztet jelölő poligon

Az OSM adatbázis által lefedett azbeszt objektumok poligonjainak leválogatása a teljes OSM adatbázisból a G.E „helyjelző” funkciójával történt. A pontot az OSM által lefedett feltételezett azbeszt tetők területén belül helyeztük el, így kijelölve a releváns poligonokat az OSM alap adatbázisából.



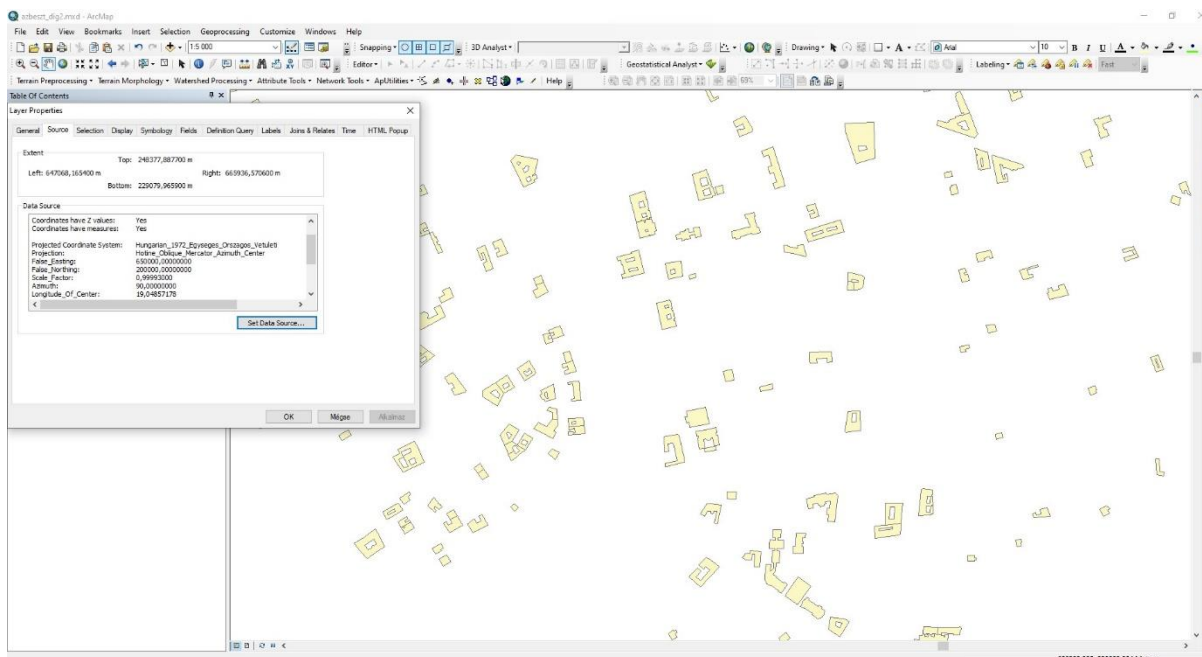
9. ábra Google Earth szoftveren belül készített azbesztet jelölő poligon

A digitalizálandó azbesztpala tetők alsó mérethatára 20 m² volt. Ezalatt a tartomány alatt célzottan nem kerestünk. Felső határ nem volt megszabva, így a tréningterületeken belül a 20 m²-nél nagyobb feltételezett azbeszt tartalmú tetők célobjektumnak számítottak.

Adott esetben az újonnan létrehozott poligonokat a későbbi adatbázis kezelést megkönnyítendő kódnevekkel láttunk el. Ez egyes, nagyobb méretű állományok esetében azért volt fontos, hogy kizárhassuk az OSM poligon adatbázissal való keveredését az általunk létrehozottakkal, melyek az OSM-el ellentétben kizárólag az azbeszt tartalmú objektumokat voltak hivatottak jelölni. Ugyanígy a követhetőség érdekében a pontok is opcionálisan kódolhatók voltak. Ez azonban csak Budapest esetében volt alkalmazandó, néhány minta vagy jellemző terület esetében.

Az így elkészített poligon és pont adatbázist, mely tartalmazta immár az OSM adatbázison belül ponttal jelölt poligonokat és az ehhez szükséges pontokat, valamint az általunk hozzáadott poligonokat kiexportáltuk KMZ vagy KML fileba, melyet az ArcGIS szoftver segítségével előbb WGS_84 (World Geodetic System_1984) vetületi rendszerű shape formátumba helyeztünk - mivel a G.E ezzel a vetülettel dolgozik -, majd továbbra is az ArcGIS szoftvert használva átranzszformáltuk HD72 EOVB-be (Hungarian Datum 72, Egységes Országos Vetületi rendszer), mivel csak metrikus vetítési rendszerből tudtunk a poligonokhoz területet számítani.

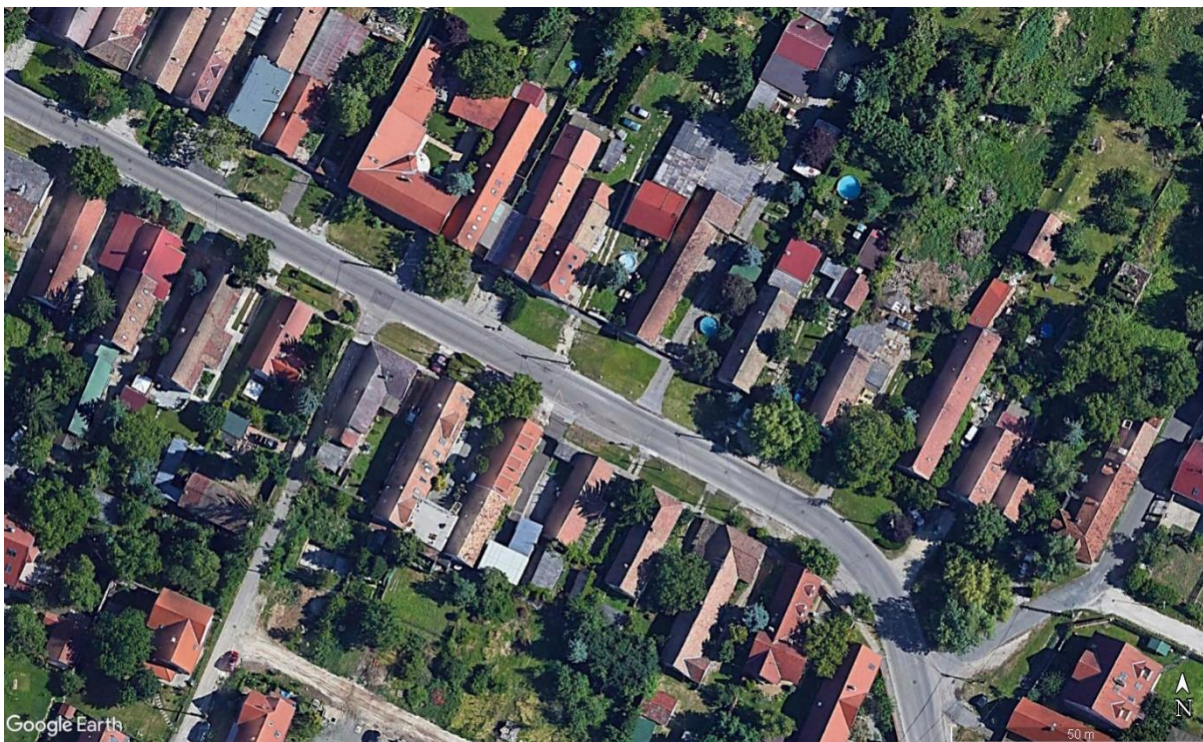
A változatlan tartalmú, de ArcGIS által kezelni képes, Magyarországra vetületileg helyes adatbázis így alkalmassá vált az adatok irányított feldolgozására, kiértékelésére, melynek következő lépései szintén az ArcGIS szoftver segítségével történtek.



10. ábra Azbeszt tetőket jelölő poligonok EOVB-ben az ArcGIS kezelőfelületén

3.3 A felbontás és adathiány okozta bizonytalansági tényezők

Fontos áthidalandó akadály volt a területi alapon eltérő felbontású Google Earth műholdkép állomány. Ezt a Google Earth streetview funkciójával küszöböltük ki, ott ahol megfelelő volt a streetview lefedettség. Így gyakorlatilag virtuálisan utcaképből validálhattuk a feltételezett azbeszt tartalmú tetőket.



11. ábra Google Earth kivágat egy negyedik kerületi kertvárosból, 200m magasságból



12. ábra Google Earth kivágat egy vidéki településről, 200m magasságból

Ezt nehezítette a streetview állomány elavultsága. Egyes esetekben majdnem tíz év különbség volt a legfrissebb műholdkép és a rendelkezésre álló streetview között. Így sok esetben az utcaképből palának diagnosztizált fedőanyagokról kiderült, hogy már lecserélték őket. Erre a digitalizálás során külön figyelmet fordítottunk. Mindig a frissebb állomány volt a mérvadó.



13. ábra Jó lefedettségű street view állomány



14. ábra Rossz lefedettségű street view állomány

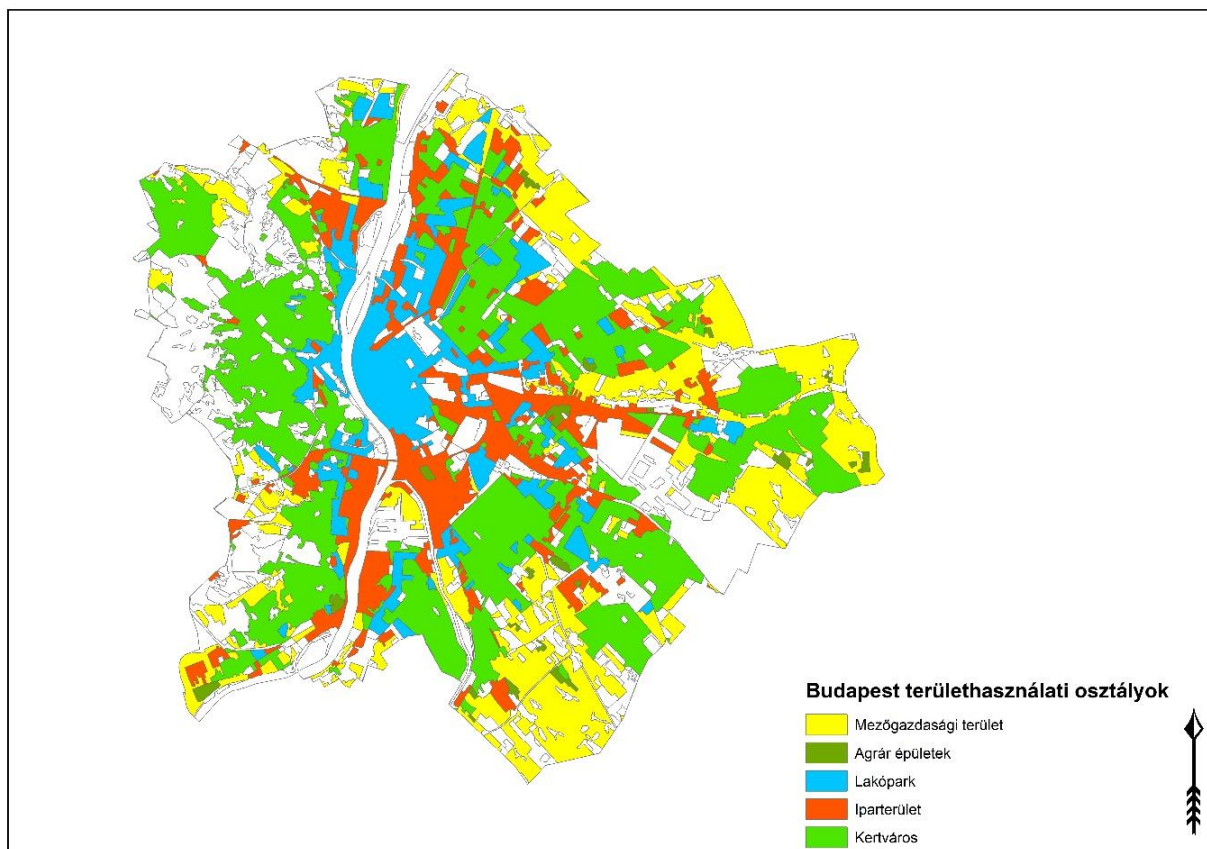
4 Budapest azbeszttető területeinek digitalizálása, adatbázis egységesítése

Budapest, mint az ország fővárosa, más módszertan szerint lett feldolgozva. Maga a digitalizálási eljárás megegyezett a vidéki városok esetében alkalmazottal, miszerint az OSM adatbázis poligon halmazából helyjelző ponttal lettek jelölve az azbesztpalát magukba foglaló poligonok, valamint sokszög hozzáadásával lettek jelölve az OSM adatbázisból kimaradt épületek. Budapest esetében azonban a terület mérete és változatossága miatt, miután lakossága majdnem háromszorosán múlja felül a 195 leválogatott vidéki mintatelepülését (Budapest 1 723 836 (2021.jan)/ leválogatott 195 település: 584 967 (2020)). Ennek köszönhetően Budapest reprezentatív tréning területek segítségével lett lefedve. Ezen a mintaterületek adatai lettek később kiterjesztve a vonatkozó területekre.

Első lépésben Budapest területét jellemző osztályokra bontottuk, melyek a következők: ipari területek, mezőgazdasági terület, agrárépületek, lakótelepek és kertvárosi jellegű területek. Ezen osztályokat a nemzeti nagyfelbontású CORINE felszínborítás adatbázis (CLC50) alapján válogattuk le.

A **kertvárosi terület** régiók a CLC50 1122-es „Nem összefüggő, családi házas és kertes beépítés” osztályának leválogatásával; az **ipari** területek az 1222. „Vasúti hálózat és csatlakozó területek” és az 12111 „Ipari és kereskedelmi létesítmények” összevonásával; a **mezőgazdasági terület** a 2111 „Nagytáblás szántóföldek”; az **agrár épület** kategória az 12112 „Agrár létesítmények”; a **lakópark területek** pedig az 1111 „Városközpontok” és az 1121 „Nem összefüggő település szerkezet, kertek nélküli többemeletes lakóházakkal beépítve” osztályokból lettek létrehozva.

Az így létrehozott egységes területhasználati poligonokra innentől két módszertan érvényesült. Az egyik a fentebb már ismertetett OSM poligonok ponttal történő megjelölése és általunk külön létrehozott poligonok elkészítése volt a teljes, adott lehatárolt kategóriára. Így készültek el a lakóparkok és iparterületek. Ezen kategóriákban ugyanis nem lehetett reprezentatív mintaterületeket létrehozni és kiterjeszteni, mivel nem volt tendenciális az azbeszt tartalmú objektumok megjelenése.

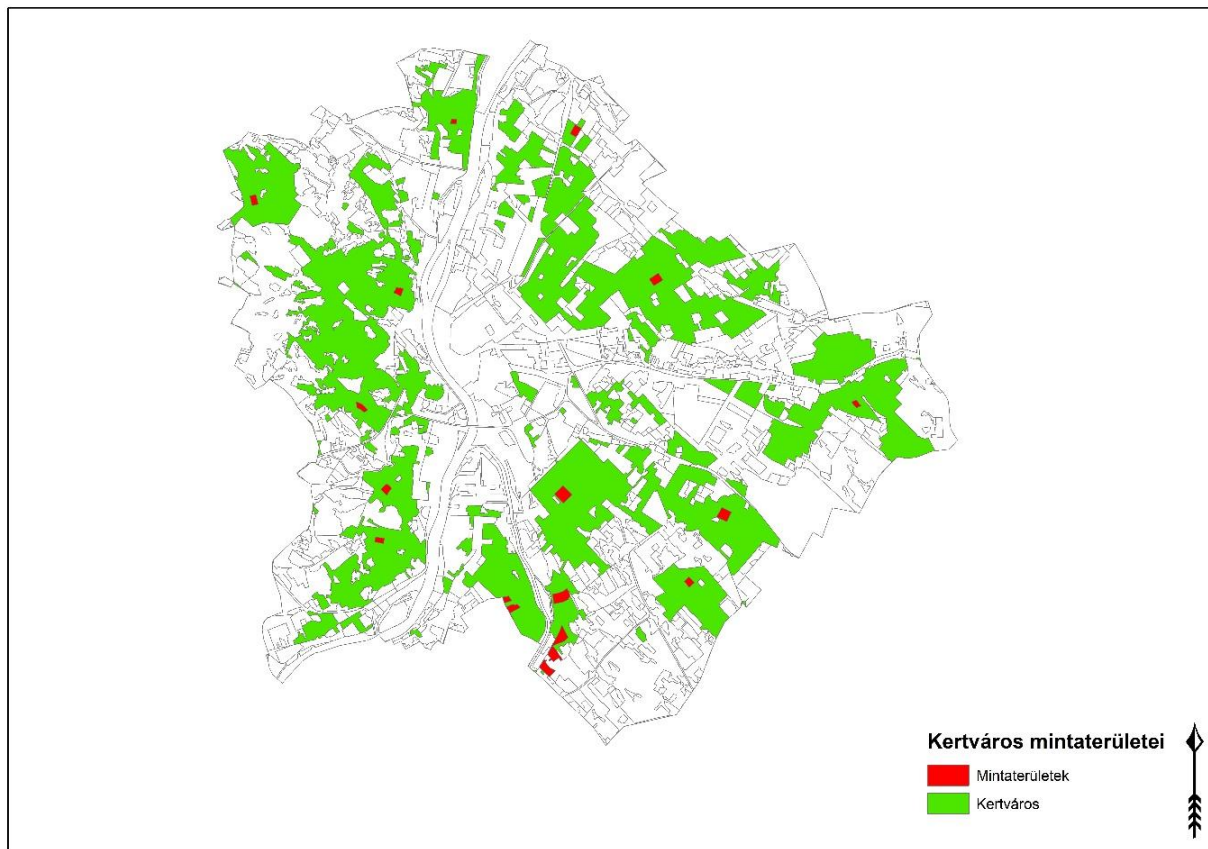


15. ábra Budapest területhasználati osztályok, CLC50 osztályok alapján, módosítva

Az elkészült állományt az ArcGIS térinformatikai szoftver segítségével tisztítottuk meg a nem azbeszt tartalmú OSM poligonoktól, a lehelyezett helyjelző pontok segítségével, valamint hozzáadtuk az általunk elkészített, kizárólag azbesztpala tetőket reprezentáló poligonokat. Így az adatbázis készen állt a feldolgozásra. A vidéki települések esetén is ezt a feldolgozási módszertant alkalmaztuk.

A mezőgazdasági terület, agrárépület és kertvárosi terület osztályokra azonban mintaterület alapú kiterjesztést kellett alkalmaznunk, melyek a reprezentatív mintaterületek területarányos felszorzásával születtek.

A kertvárosi területhasználati poligonon belül 15 mintaterületet határoltunk le, valamint négy, szintén nagy felbontású, támogató adatbázisként használt területet. Ezek az állományok, 20 m²-nél kisebb objektumokat is magukba foglalnak, a nagyobb fokú pontosság és reprezentativitás elérésének érdekében. A módszertan itt már többnyire nem alkalmazta az OSM adatbázis használatát, mivel az jellemzően nem terjedt ki a mintaterületekre. Így a mintaterületek adatbázisába az általunk létrehozott, azbeszt tartalmú tetőket jelölő poligonok kerültek bele. Esetenként a poligonok egyszerű 1-2 karakteres kódolást is kaptak az adatbázis későbbi könnyebb kezelhetősége érdekében.



16. ábra Budapest kertváros mintaterületei

Ezen adatbázisok esetében is megtörtént a nem azbeszt OSM poligonok eltávolítása, így a mintaterületen belül már csak a releváns poligonok maradtak.

Az azbeszt poligonokhoz négyzetméter alapú terület adatokat számítottunk. Itt a két módszertan által született adatbázis szintén más módon lett feldolgozva. Azon területhasználati poligonok esetén, ahol nem volt szükség kiterjesztésre, tehát nem tréning területek alapján készültek, hanem a teljes terület felméréseivel, ott lekérdeztük a területhasználati poligon kiterjedését és az azbeszt tartalmú objektumok poligonjának területét, így megkaptuk, hogy az adott méretű területen belül mennyi azbesztpala található.

A training területek módszertana annyiban különbözik a fentebb leírtaktól, hogy a területhasználati és az azbesztet jelölő poligonok mellett lekérdeztük a tréning területek kiterjedését is. A tréning területen belül kapott azbeszt mennyiségével megkaptuk a tréning területre jellemző pala arányt. A tréning terület méretét felszoroztuk a területhasználati poligon teljes területére és hozzárendeltük a korábban számított pala arányt a tényleges becsült azbeszt tetőterület meghatározására.



17. ábra Tréning terület Budapesten

5 A felmérés eredményei

A tetőfelületeket a bedigitalizált alapterületekből becsültük. A legjellemzőbb formák a nyereg-, sátor- és egyszerű lejtett tető. Nyeregtető esetében a tetőfelület az alapterület 1,5-1,6-szorosa, sátortetőnél 1,6-1,8-szorosa és a lejtetett tetőnél 1,2-1,3 szorzóval számolhatunk. Mivel nem állt rendelkezésre adat ezek országos eloszlásáról a tetőfelület számításához az 1,5-szeres szorzót alkalmaztuk, ami a tapasztalati alapon legjellemzőbb, sátortető jellemzője.

A 195 település palatető digitalizálása az alábbi eredményeket adta.

1. Táblázat A településenként mért jellemző statisztikák

	palatető [m ²]	palatetős épület [db]	átlagos palatető méret [m ²]
MIN	161,575997	1	51,2108
MAX	231689,137686	1363	873,9190
ÁTLAG	19617,40997	104,574359	232,9604
SZÓRÁS	28979,889984	166,159294	131,8284

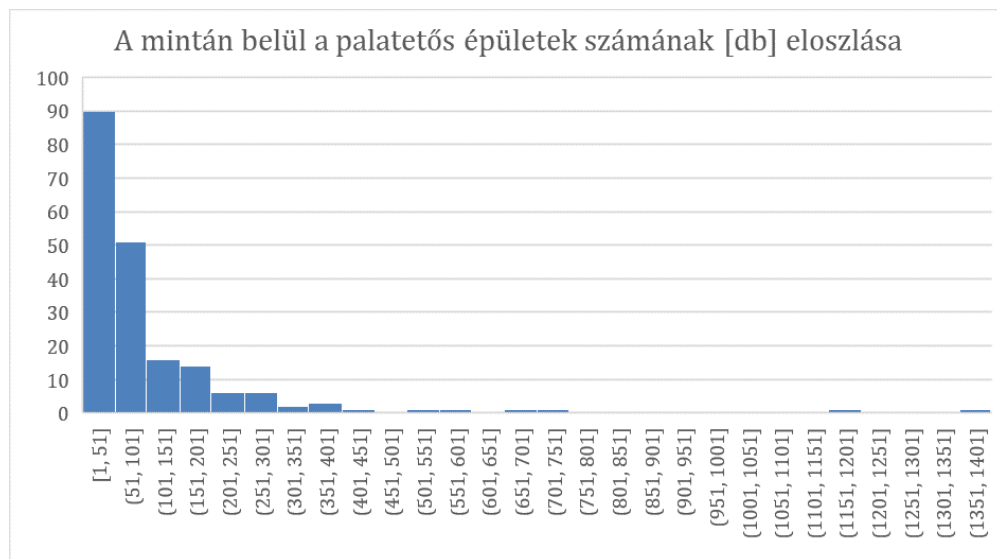
Településenként összesített tetőfelületek leíró statisztikái alapján legjellemzőbben 20 és 50 ezer négyzetméter között van a palatető felület egy átlagos településen 100 és 270 épületen beépítve. A jellemző tetőméretek 230 és 360 négyzetméter között változnak. A hisztogramok, melyek a mintaként használt 195 település pala-tető előfordulásainak eloszlását rajzolják, ennél árnyaltabb képet mutatnak. A 16. ábrán látható, hogy legtöbb településen 0-15000 négyzetméter palatetőt detektáltunk a mintán belül, ez a hisztogram első csúcsa, a minta 50-60 százaléka, ezt követi a 20-35 ezer négyzetméter közötti települések, a minta 20-25 százaléka. A maradék 10-15 százalék a városok-nagyvárosok jelentős palatető előfordulással. Ezt az eloszlást követik a 3. ábrán bemutatott legjellemzőbb település-adatok eloszlása az országos illetve a 195 elemű minta adatain. Mindez előre vetíti a „minél nagyobb település, annál több pala-tető” közel lineáris összefüggést.

A palatető-méretek eloszlásdiagramja (20.ábra) jól mutatja a hazai lakásállomány jellemzőit. Látható, hogy a csúcs a 110-230 négyzetméter közötti adatok közt található. Ez az átlagos családi házas települések 70-150 négyzetméter alapterületű épületeinek tetőmérete. Ennél nagyobb tetőméretek az ipari és mezőgazdasági telepek épületein fordulnak elő, illetve a digitalizálás során, ha nagy méretű, pala-fedésű melléképületek (garázs, ól stb.) kapcsolódott a lakóépülethez, azok egy poligonnal kerültek az adatbázisba.

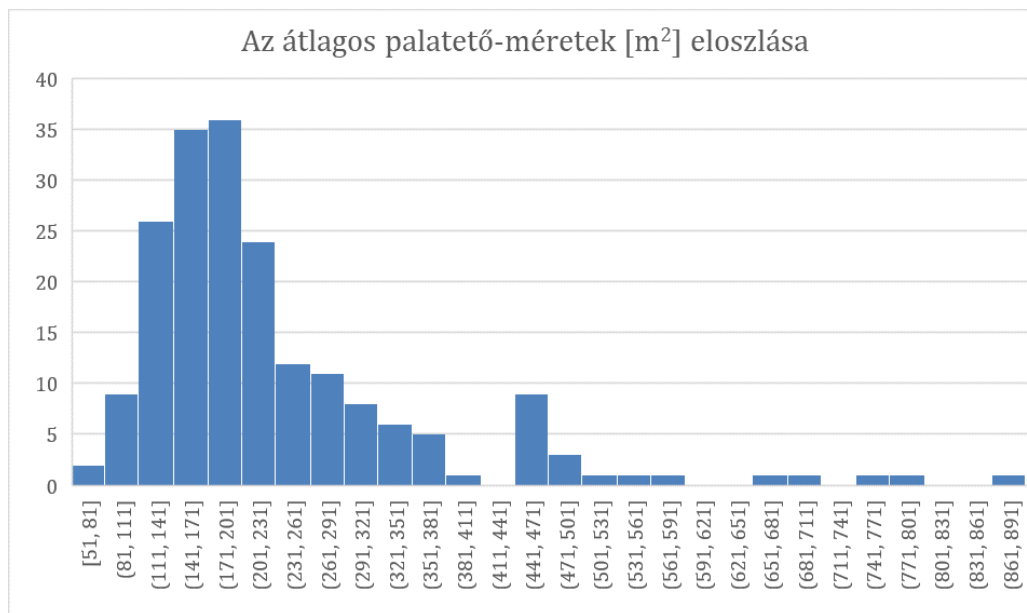
A minták adatainak leíró statisztikái alapján, a pala-tető szerkezetek legjellemzőbb előfordulása az átlagos családi házas települések 70-150 négyzetméter alapterületű épületeinek fedése.



18. ábra Településenként előforduló palatető felületek a 195 elemű minta alapján



19. ábra Településenként előforduló palatetős épületek száma a 195 elemű minta alapján



20. ábra Átlagos palatető méretek a 195 elemű minta alapján

A minták elsőkörös elemzése arra enged következtetni, hogy minél nagyobb családi házas település, annál több pala-fedés fordul elő. Ezt mind a digitalizálás, mind mindennapi tapasztalataink alapján szükségesnek éreztük, hogy árnyaljuk. A településtípusok, a demográfia, és a lakásállomány állapota mind erősen befolyásolják azt azbesztpala-fedés jelenlétét. Ennek térbeli eloszlásának jellemzésére először településtípus-osztályokat alakítottunk ki. A települési és lakásállomány adatok forrása Magyarország Nemzeti Atlasza [<https://emna.hu/>] (MNA2021). Alkalmaztuk a MNA2021 kategóriarendszerét (Falutípusok), az eredeti MNA2021 osztályok összevonásával. Ezzel tudtuk elérni, hogy a statisztikai vizsgálatokhoz osztályonként megfelelő mintaszámunk legyen.

Az így kialakított településosztályok:

- Hátrányos helyzetű
- Jó helyzetű, nem kiemelt
- Agrár / tanyás
- Turisztikailag kiemelt
- Urbán / agglomeráció

Osztályonként feldolgozva a pala-tető előfordulások mérőszámait (összes pala-tető/település; palatető épület/település és átlagos palatető méret) a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az átlagok az épület darabszámban és az összes tető esetében is elváló osztályokat sugallanak, ellenben a palatetők átlagos mérete csekély eltérést mutat. Ez arra utal, hogy az épületek jellege kevésbé inkább azok száma változik településenként. Bár kiemelendő az „Urbán/Agglomeráció” osztály, mint a legnagyobb átlagos tető-méretű osztály illetve a „Turisztikailag kiemelt” területek, ahol a minimuma van az átlagos tetőméreteknek. Ez egyrésről a városok környéki kiszolgáló területek

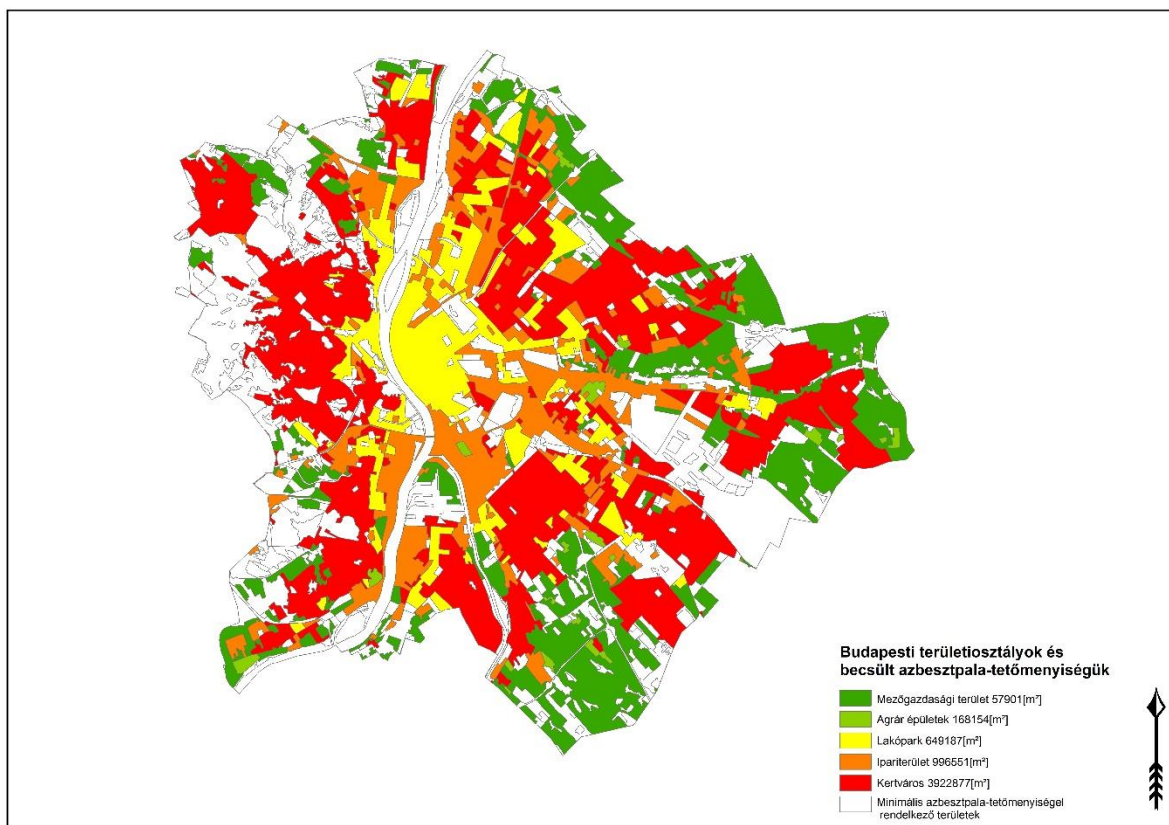
szerelőcsarnokainak, ipari épületeinek jelentőségére utal. A turisztikailag kiemelt területek esetében a nyaralóövezetek kis épületei jelennek meg a statisztikában.

2. Táblázat. A település-osztályok leíró statisztikái

	Hátrányos helyzetű	Jó helyzetű, nem kiemelt	Agrár tanyás	/ Turisztikailag kiemelt	Urbán agglomeráció
Összes palatető [m ²]					
MIN	161,5762	1128,3171	2689,3589	252,4760	225,7733
MAX	31398,4350	83966,4387	57639,5534	37592,7770	233279,5448
ÁTLAG	9996,3803	24620,4139	14317,1099	12636,6286	27604,4260
SZÓR.	8555,2323	20359,6453	14436,9754	12934,4030	40664,8995
CV.*	0,8558	0,8269	1,0084	1,0236	1,4731
Épület [db]					
MIN	1	8	11	2	2
MAX	204	336	199	332	1363
ÁTLAG	52	117,06	70	101,8	142,26
SZÓR.	49.8048	83,213	57,768	114,24	231,057
CV.*	0,9578	0,7109	0,8253	1,1222	1,6242
Palatető átlagos mérete [m ²]					
MIN	82,1135	118,2336	94,3885	70,1214	51,2108
MAX	662,4924	459,4754	357,9668	215.0395	873,9190
ÁTLAG	236,1368	212,6592	218,6009	149,3314	255,7811
SZÓR.	141,9364	79,9244	86,7966	43,5939	159,9011
CV.*	0,6011	0,3758	0,3971	0,2919	0,6251

* CV: SZÓRÓDÁSI EGYÜTTTHATÓ

A digitalizálás adatainak feldolgozásának a térbeli kiterjesztéshez szükséges összefüggések keresése volt a cél. A random mintavételt alapul véve, feltételezhetjük, hogy a minta jól jellemzi az országot, mivel Budapestet, mely minden tekintetben kiugró érték a statisztikai feldolgozások során, külön dolgoztuk fel (19. ábra) az első számú módszer az országos palatető mennyiségek becslésére az egyszerű felszorzás, azaz a minta átlagának szorzása a teljes településszámmal.



21. ábra Budapesti területosztályok és becsült azbesztpala-tetőmennyiségük

Az összesítés alapján az alábbi adatokat kaptuk:

Budapest becsült palatető felülete: 5.794.670 m²

A 195 település összes becsült palatető felülete m²-ben: 3.982.615 m²

Az adatokból egyszerű felszorzással kapott becsült palatető felülete m²-ben Magyarországra:

70.210.907 m² (3154/195*3.982.615 +5794670)

3. Táblázat. A mintaterületek adatainak összefoglaló táblázata

	Megye	Jogállás	Jelleg (5 osztály)	Terület [km ²]	Népesség 2020 [fő]	Népesség 2012 [fő]	Palatető [m ²]	Palatetős ház [db]
Ágfalva	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	13.08	2418	2126	6178	47
Albertirsa	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	73	13286	12528	32019	146
Alsóújlak	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	21.02	595	642	13069	51
	Borsod-Abaúj-							
Alsóvadász	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	22.9	1460	1610	18887	109
Apaj	Pest	Község	Urbán / agglomeráció	71.04	1107	1240	17434	39
Aparhant	Tolna	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	17.97	950	1070	15424	55
Balástya	Csongrád	Község	Agrár / tanyás	110	3305	3560	6418	68
Balatoncsicsó	Veszprém	Község	Turisztikailag kiemelt	13.2	233	234	5793	40
Balatonföldvár	Somogy	Város	Turisztikailag kiemelt	15.32	2286	2378	30821	242
Balatonvilágos	Veszprém	Község	Turisztikailag kiemelt	29.21	1307	1410	37593	332
Balmazújváros	Hajdú-Bihar	Város	Urbán / agglomeráció	205.44	17063	18067	101951	660
Bánd	Veszprém	Község	Urbán / agglomeráció	9.84	673	695	12983	70
Békás	Veszprém	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	6.52	215	223	1768	8
Bicsérd	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	19.75	985	1049	35945	106
Bihartorda	Hajdú-Bihar	Község	Urbán / agglomeráció	22.38	927	1005	12641	94
Bodmér	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	7.17	244	247	12644	80
	Borsod-Abaúj-							
Bodrogkisfalud	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	14.67	878	909	4232	26
Bokod	Komárom-Esztergom	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	29.93	2075	2168	21276	138
Bolhás	Somogy	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	31.43	384	449	3407	11
Bóly	Baranya	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	25.44	3828	3895	83966	284
	Borsod-Abaúj-							
Bózsza	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	16.39	172	204	1913.72	11
Budaörs	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	23.59	29018	28525	112401	1198
Bugyi	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	115.37	5160	5327	73605.5	196
	Borsod-Abaúj-							
Büttös	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	18.18	140	211	11265.9	39

	Jász-Nagykun-							
Cibakháza	Szolnok	Község	Agrár / tanyás	38.21	3667	4388	31015.6	199
Cún	Baranya	Község	Hátrányos helyzetű	18.43	186	272	819.828	4
Csénye	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	19.12	715	695	7162.39	28
Cserszegtomaj	Zala	Község	Turisztikailag kiemelt	12.6	3259	2914	21135.4	135
Csesztve	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	17.17	598	641	1708.13	9
Csolyospálos	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	65.1	1532	1690	3937.63	11
Csöngye	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	25.27	370	414	17614.2	22
Csővár	Nógrád	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	16.25	341	338	2311.5	17
Dabas	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	165.99	17481	16574	51022.3	266
Dabrony	Veszprém	Község	Urbán / agglomeráció	17	394	419	1830.25	7
Detk	Heves	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	28.08	1085	1183	13899	76
Dunakiliti	Győr-Moson-Sopron	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	33.63	2171	1908	15437.7	74
Écs	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	19.84	2256	1864	9747.11	42
Egerbakta	Heves	Község	Urbán / agglomeráció	32.37	1388	1499	30269.1	229
Egyházaskesző	Veszprém	Község	Urbán / agglomeráció	20.12	515	532	5723.24	14
Előszállás	Fejér	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	39.98	2220	2431	33207.7	228
Eszteregnye	Zala	Község	Urbán / agglomeráció	20.08	642	717	16855.9	97
Farmos	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	40.12	3473	3671	27212.4	104
Feketeerdő	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	6.74	642	575	2350.12	12
Felgyő	Csongrád	Község	Agrár / tanyás	76.73	1088	1290	8947.43	56
Gáborjánháza	Zala	Község	Hátrányos helyzetű	5.07	71	74	5896.45	13
Garé	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	8.53	281	312	3095.54	25
	Szabolcs-Szatmár-							
Gemzse	Bereg	Község	Agrár / tanyás	13.59	798	901	26592.3	137
Gór	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	10.99	325	313	2110.88	11
	Borsod-Abaúj-							
Gönc	Zemplén	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	37.27	1927	2196	26481.8	163
Grábóc	Tolna	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	13.73	158	191	453.116	3
Gyód	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	3.25	711	687	8501	166
Gyóró	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	11.64	374	404	5001.21	10
	Szabolcs-Szatmár-							
Gyügye	Bereg	Község	Urbán / agglomeráció	4.33	254	264	10253.7	57
Hajós	Bács-Kiskun	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	89.92	2783	3179	26908.4	117

Halastó	Vas	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	5.65	68	106	3777.57	17
Hédervár	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	14.28	1300	1184	6697.27	22
Hegyfalu	Vas	Község	Hátrányos helyzetű	11.89	764	776	19212.3	29
	Borsod-Abaúj-							
Hejőkeresztúr	Zemplén	Község	Urbán / agglomeráció	10.28	1045	1053	13510	87
Helvécia	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	56.47	4683	4620	13503.5	80
Hetvehely	Baranya	Község	Turisztikailag kiemelt	21.38	448	481	321.059	2
Hévízgyörk	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	22.85	3239	3111	24062.9	145
Hódmezővásárhely	Csongrád	Város	Urbán / agglomeráció	487.98	42691	46650	233280	1363
Igar	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	41.19	824	1010	22564.5	74
Iklad	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	11.21	2022	2138	19532.6	89
Iklanberény	Vas	Község	Hátrányos helyzetű	2.96	42	56	161.576	1
Ipolytölgyes	Pest	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	13.67	397	328	1128.32	8
Isaszeg	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	54.83	11526	11213	40553.8	301
Iván	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	54.74	1234	1333	4948.05	24
Ivánbattyán	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	6.13	120	133	225.773	2
Ják	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	44.95	2563	2620	22749.7	70
Jakabszállás	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	70.86	2562	2741	10125.3	58
Jánossomorja	Győr-Moson-Sopron	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	148.94	6112	6093	61515	277
	Borsod-Abaúj-							
Járdánháza	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	11.24	1710	1876	31398.4	204
	Jász-Nagykun-							
Jászkisér	Szolnok	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	130.11	4886	5669	27171.3	183
Kamond	Veszprém	Község	Hátrányos helyzetű	20.5	437	438	7633.09	17
Kapuvár	Győr-Moson-Sopron	Város	Urbán / agglomeráció	96.05	10161	10533	92755.2	372
Karancslapujtő	Nógrád	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	19.35	2362	2756	45665.9	336
	Szabolcs-Szatmár-							
Kékcse	Bereg	Község	Hátrányos helyzetű	18.23	1408	1636	3381.21	20
Kemenessömjen	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	16.05	526	604	12190.4	74
Kemestaródfa	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	6.35	215	236	3571.89	41
	Borsod-Abaúj-							
Kenézlő	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	22.96	1012	1388	29406.4	64
Kerekegyháza	Bács-Kiskun	Város	Agrár / tanyás	81.28	6730	6469	57639.6	172
Kesztölc	Komárom-Esztergom	Község	Urbán / agglomeráció	22.01	2559	2689	19882.4	138

Királyhegyes	Csongrád	Község	Agrár / tanyás	29.8	550	678	2689.36	18
Kisbárapáti	Somogy	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	28.71	339	454	7411.07	41
Kisgörbő	Zala	Község	Hátrányos helyzetű	6.59	146	197	5279.36	23
Kisláng	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	53.06	2536	2601	60524	196
Kismaros	Pest	Község	Turisztikailag kiemelt	11.96	2519	2142	12060.9	172
Kisnémedi	Pest	Község	Urbán / agglomeráció	13.86	651	729	8276.71	41
Kispirit	Veszprém	Község	Hátrányos helyzetű	4.96	36	94	949.257	6
Komló	Baranya	Város	Urbán / agglomeráció	46.55	22235	26019	54926.8	352
	Borsod-Abaúj-							
Korlát	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	7.91	281	338	4469.04	41
Körmend	Vas	Város	Urbán / agglomeráció	52.79	10781	11761	74119.6	274
	Borsod-Abaúj-							
Köröm	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	8.34	1332	1448	22625.9	169
Kőszegszerdahely	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	7.37	512	515	11931.6	64
	Borsod-Abaúj-							
Kurtyán	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	7.54	1495	1682	12508.3	85
Látrány	Somogy	Község	Urbán / agglomeráció	22.31	1408	1409	16737.1	64
Lengyel	Tolna	Község	Urbán / agglomeráció	20.03	480	584	6225.1	32
Lispezsentadorján	Zala	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	9.14	243	327	1695.98	13
Litke	Nógrád	Község	Hátrányos helyzetű	18.16	831	874	18882	63
Lukácsháza	Vas	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	9.36	1101	1121	9573.7	80
Lúzsok	Baranya	Község	Hátrányos helyzetű	6.52	207	261	410.567	5
Magyarlukafa	Baranya	Község	Hátrányos helyzetű	12.97	87	106	645.041	6
Márok	Baranya	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	15.93	397	470	1912.08	12
Matty	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	16.9	297	359	2581.03	14
Mezőkomárom	Fejér	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	29.05	875	995	47162.2	233
Molnaszecsőd	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	11.69	410	444	10384	58
Monoszló	Veszprém	Község	Hátrányos helyzetű	7.46	102	140	9300.58	57
Nagybörzsöny	Pest	Község	Turisztikailag kiemelt	50.65	639	781	5456.74	32
Nagykökényes	Heves	Község	Urbán / agglomeráció	17.28	577	596	17085.1	100
Nagypeterd	Baranya	Község	Turisztikailag kiemelt	11.63	676	650	6266.36	30
Nagysáp	Komárom-Esztergom	Község	Hátrányos helyzetű	24.78	1397	1598	11679.5	63
Nagyszokoly	Tolna	Község	Hátrányos helyzetű	27.99	876	892	25718	110
Nagytóke	Csongrád	Község	Agrár / tanyás	54.68	325	463	16004.4	90

Nárai	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	15.99	1487	1268	11256.3	56
Nemeskér	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	6.42	193	217	1789.09	4
Nemeskeresztúr	Vas	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.17	286	300	5373.74	15
Noszlop	Veszprém	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	34.06	923	1052	13728.5	51
	Szabolcs-Szatmár-							
Nyírmeggyes	Bereg	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	28.79	2577	2730	10788.4	55
Óbánya	Baranya	Község	Turisztikailag kiemelt	7.49	88	157	252.476	2
Olasz	Baranya	Község	Urbán / agglomeráció	10.29	613	627	12777.3	62
Ostoros	Heves	Község	Urbán / agglomeráció	23.51	2830	2719	31246.4	188
Ózdfalu	Baranya	Község	Hátrányos helyzetű	8	139	195	8897.13	19
Öreglak	Somogy	Község	Agrár / tanyás	20.72	1503	1622	9783.63	28
Pacsa	Zala	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	22.71	1535	1780	11924.5	45
Páhi	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	38.96	1119	1253	8208.37	50
	Borsod-Abaúj-							
Pamlény	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.4	48	49	1598.62	7
Pankasz	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	9.27	437	463	9380.61	42
Pápa	Veszprém	Város	Urbán / agglomeráció	91.74	29387	31662	147828	578
Pápateszér	Veszprém	Község	Urbán / agglomeráció	30.74	1208	1240	18382.3	95
Pápoc	Vas	Község	Hátrányos helyzetű	31.32	278	320	12309.5	22
	Szabolcs-Szatmár-							
Penyige	Bereg	Község	Hátrányos helyzetű	18.89	693	799	24802.4	131
	Borsod-Abaúj-							
Perkupa	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	19.39	737	918	13793.3	42
Pétervására	Heves	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	33.87	2021	2304	26758.3	191
Petőfiszállás	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	67.79	1381	1582	3883.49	11
Pilisvörösvár	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	24.3	14500	14183	31673.6	279
Pinnye	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	8.64	333	349	2806.46	6
Pornóapáti	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	15.14	343	395	1926.88	10
Pötréte	Zala	Község	Urbán / agglomeráció	14.12	249	286	2728.34	14
	Jász-Nagykun-							
Pusztamonostor	Szolnok	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	24.62	1665	1629	4964.26	22
Püspökmolnári	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	15.1	871	885	12591.3	64
Rábapaty	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	21.41	1659	1703	14075.6	61
Rádóckölked	Vas	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	18.95	312	280	3202.76	13

Répceszentgyörgy	Vas	Község	Hátrányos helyzetű	5.75	124	113	2493.58	10
Resznek	Zala	Község	Urbán / agglomeráció	18.42	227	303	9498.49	20
	Borsod-Abaúj-							
Rudolftelep	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	4.39	701	756	2390.85	18
Sáránd	Hajdú-Bihar	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	22.68	2210	2369	5177.54	43
	Borsod-Abaúj-							
Sárazsadány	Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	15.31	230	272	3971.54	21
Sárkeresztes	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	23.27	1484	1566	31841.9	246
Siófok	Somogy	Város	Urbán / agglomeráció	124.66	26451	24905	35317.2	357
Somogymeggyes	Somogy	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	15.65	474	521	4679.5	20
Somogyszil	Somogy	Község	Urbán / agglomeráció	38.46	661	779	27541.2	74
Somogyudvarhely	Somogy	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	40.42	922	1134	18616.1	62
Sorokpolány	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	13.29	775	830	14749.4	55
Sóshartyán	Nógrád	Község	Hátrányos helyzetű	12.14	924	932	14805.7	69
	Borsod-Abaúj-							
Sóstófalva	Zemplén	Község	Hátrányos helyzetű	7.28	202	282	6158.08	48
Szakony	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	13.5	455	431	8547.99	15
Szalmatercs	Nógrád	Község	Hátrányos helyzetű	7.58	436	498	3953.56	21
	Szabolcs-Szatmár-							
Szamosújlak	Bereg	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	5.27	342	416	2299.12	5
Szeghalom	Békés	Város	Urbán / agglomeráció	217.13	8414	9565	64104.2	128
Szerecseny	Győr-Moson-Sopron	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.38	834	778	6325.33	46
Szombathely	Vas	Város	Urbán / agglomeráció	97.5	78324	78462	212583	745
Szomor	Komárom-Esztergom	Község	Urbán / agglomeráció	13.19	1061	1140	6905.66	53
Szorosad	Somogy	Község	Urbán / agglomeráció	6.48	92	110	5717.9	22
Sződliget	Pest	Község	Urbán / agglomeráció	7.31	4686	4447	11216	71
Tamási	Tolna	Város	Urbán / agglomeráció	111.95	7804	8558	77749.2	418
Tápszentmiklós	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	20.75	949	951	5623.49	31
Tarnaméra	Heves	Község	Urbán / agglomeráció	28.26	1589	1691	15116.6	84
Tázlár	Bács-Kiskun	Község	Agrár / tanyás	73.38	1785	1731	5775.66	26
Tenk	Heves	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.34	1193	1223	8092.38	61
Tényő	Győr-Moson-Sopron	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	26.38	1755	1565	12440.4	67
	Szabolcs-Szatmár-							
Terem	Bereg	Község	Agrár / tanyás	49.5	646	648	10232.1	46

Tiszaújváros	Bács-Kiskun	Város	Urbán / agglomeráció	133.27	12096	11519	41756.5	91
Tiszaújváros	Borsod-Abaúj-Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	22.19	622	661	10969.7	73
Tivadar	Szabolcs-Szatmár-Bereg	Község	Turisztikailag kiemelt	4.8	159	217	6666.22	31
Tokodaltáró	Komárom-Esztergom	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	5.27	2900	3112	13478.6	114
Tomor	Borsod-Abaúj-Zemplén	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.89	222	244	11235.2	53
Tornyospálca	Szabolcs-Szatmár-Bereg	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	43.61	2645	2675	26669.9	134
Tótszerdahely	Zala	Község	Jó helyzetű, nem kiemelt	12.29	1094	1144	39365.7	170
Törökbálint	Pest	Város	Urbán / agglomeráció	29.41	14264	13467	52396.3	533
Újkígyós	Békés	Város	Jó helyzetű, nem kiemelt	54.92	4844	5461	60875.7	186
Und	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	6.79	350	340	3924.14	16
Uraiújfalu	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	19.08	847	881	59426.5	68
Uszka	Szabolcs-Szatmár-Bereg	Község	Hátrányos helyzetű	7.35	537	419	6283.01	58
Uzsa	Veszprém	Község	Urbán / agglomeráció	11.5	289	354	3383.17	19
Üröm	Pest	Község	Urbán / agglomeráció	6.66	8119	7211	9410.24	53
Vácduka	Pest	Község	Urbán / agglomeráció	8.4	1715	1343	4504.34	21
Várong	Tolna	Község	Hátrányos helyzetű	6.63	97	166	13891.3	48
Vásárosmiske	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	13.42	376	353	3464.48	5
Vasszécseny	Vas	Község	Urbán / agglomeráció	17.95	1259	1424	9671.08	13
Versend	Baranya	Község	Hátrányos helyzetű	14.13	918	959	10846.8	68
Vértesboglár	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	23.21	887	910	32461.9	162
Vértesszőlős	Komárom-Esztergom	Község	Urbán / agglomeráció	17.12	3364	3128	8147.31	62
Veszprémvarsány	Győr-Moson-Sopron	Község	Urbán / agglomeráció	21.18	1038	1038	11733.5	23
Zichyújfalu	Fejér	Község	Urbán / agglomeráció	10.82	869	956	44205	150

5.1 Regressziós településalapú becslési módszertan

A kiválasztott 195 minta-település eredményeit (palatető [m^2], palatetős épület [db]) települési-, népségi- és lakásállomány adatokkal vetettük össze, hogy a mintaterület alapján becsüljük minden település palatető állományát. A keresett (függő) változó az összes palatető településenként, míg magyarázó változókat az alábbi adatok közt kerestük:

A települési és lakásállomány adatok forrása Magyarország Nemzeti Atlasza [<https://emna.hu/>] (MNA2021):

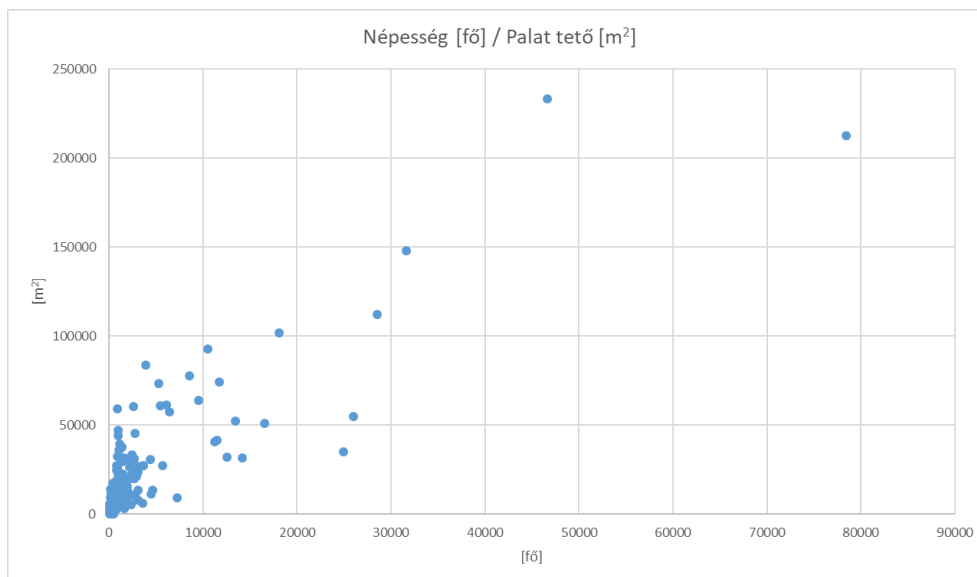
- Településállomány
- Falutípusok
- 1960 előtt épült lakások
- 1990-2011 között épült lakások
- Panel-és betonfalazatú lakások
- Lakásértékesítés
- Használt lakások átlagára

Ezen felül a 2012-20 településszintű demográfiai adatokat, és a települések terület adatait használtuk fel.

A palatető állomány és a települési, demográfiai adatok összevetésével, regressziós függvényeket kerestünk, hogy a rendelkezésünkre álló adatok alapján a mintaterület pala-tető kataszterét országosan kiterjesszük.

A random mintavételnek köszönhetően feltételezhetjük, hogy a 195 felmért település átlagát felszorozva a települések számával, jó közelítéssel, megadja az országos összes tetőfelületet. A digitalizálás során is érezhető volt a pala-tető felületek mennyiségi változása az ország különböző területein. Ezt a földrajzi eltérést modelleztük a települések jellemző társadalomföldrajzi adataival.

Az első legszembeötlőbb összefüggés az erős korreláció a település mérete és a palatető-felületek között, mely a 19. ábrán figyelhető meg. Jól látható, hogy a minta 1000 fő feletti települések esetében lineáris összefüggést mutat a népesség és a pala-tető felület, míg 1000 fő alattiak esetében az összefüggés nem ilyen egyértelmű.



22. ábra Település lakossága és az összes pala-tető [m²] összefüggése

5.1.1 Lineáris többváltozós regressziós módszertan a településszintű adatok becslésére

A regressziós vizsgálatok független változói települési és lakásállomány adatok, településszintű demográfiai adatok és a települések terület adatai. A vizsgálatokat alapvetően 3 eltérő összeállításban végeztük el, a teljes mintára egyben (195 településre), illetve két osztályozási megközelítésben. Az első körben az 1000 fő feletti és alatti lakossággal jellemzett településekre futtattuk külön-külön, illetve a második körben az 5 településtípusra külön-külön.

A teljes sokaság és az osztályok vizsgálatával az alábbi lineáris többváltozós összefüggéseket találtuk:

4. Táblázat. Település osztályok

Település osztály	Kiválasztott magyarázó változók	R ²
Teljes minta	NEPESSEG2012, Ter_km2, Lakas_db, Nepes_2020, 60_90	0.813
Jó helyzetű, nem kiemelt települések	Lakas_db	0.523
Agrár / tanyás települések	Nepes_2020, atlagarval	0.704
Urbán / agglomeráció	NEPESSEG2012, Ter_km2, Lakas_db	0.868
Hátrányos helyzetű települések	Lakas_db, Panel_beto	0.6
Turisztikailag kiemelt települések	atlagar17_	0.728
1000 fő feletti települések	NEPESSEG2012, Ter_km2, Lakas_db	0.809
Települések 1000 főig	NEPESSEG2012	0.349

Magyarázó változók:

NEPESSEG2012	2012. év végi népesség
Nepes_2020	2020. év végi népesség
Lakas_db	Lakásállomány
Ter_km2	Település területe (külterülettel)
60_90	1960 és 1990 között épült lakások aránya [%]

Panel_beto	Panel és betonfalazatú lakások aránya [%]
atlagar17_	Használt lakások átlagára 2017/2018
atlagarval	Használt lakások átlagárának változása, 2008=100%

Az eredmények egyértelműen mutatják, hogy a legerősebb összefüggés a település méretét leíró adatokkal van, minél nagyobb a település, annál nagyobb mennyiségben van jelen a pala-fedés. Ez alapján a palatető adatok a teljes sokaságra számolt összefüggések alapján kiterjeszthetők az ország területére, de mivel fontosnak tartottuk kiemelni a területi jellemzőket, mely a véletlenszerű minta alapján statisztikailag is megjelenik, de gyengén. Mégis látható hogy egyes osztályok esetében a lakásállomány korára, értékére vagy felújítottságának fokára mutató adat is jelen van a magyarázó változók között. Tehát, az eredmények alapján, ahol a településméretet jellemző adatokon felül az épületek minőségét is leíró magyarázó változó került a regressziós egyenletbe, ott azokat választottuk:

Osztály	Alkalmazott összefüggés
Agrár / tanyás települések	$30022,796 + (6,559 * \text{Nepes_2020}) + (-224,009 * \text{atlagarval})$
Turisztikailag kiemelt települések	$-3055,354 + (1322,489 * \text{atlagar17_})$

Ahol alacsony a korrelációs együttható, nem kezeltük alosztályként, mert az osztályozás nem jellemzi az összefüggéseket, itt a teljes mintára számolt regressziós egyenlettel számoltunk:

Osztály	Alkalmazott összefüggés
Jó helyzetű, nem kiemelt települések	$1279,261 + (13,029 * \text{NEPESSEG2012}) + (145,409 * \text{Ter_km2}) +$
Hátrányos helyzetű települések	$(-10,167 * \text{Lakas_db}) + (-5,937 * \text{Nepes_2020}) + (133,774 * \text{60_90})$

Ahol a teljes mintára kiszámolt R^2 értékek feletti érték jött ki az osztályra számolt regressziós egyenletet alkalmaztuk:

Osztály	Alkalmazott összefüggés
Urbán/agglomeráció	$6007,942 + (7,272 * \text{NEPESSEG2012}) + (199,557 * \text{Ter_km2}) + (-10,644 * \text{Lakas_db})$

Az erős településméret korrelációt megvizsgálandó kiszámítottuk az 1000 fő alatti és feletti településosztályokra is a legjobb korrelációs együttthatójú regressziós egyenleteket is. Az 1000 fő felettiek esetében jó R^2 értéket hozott a

$$7173,214 + (7,881 * NEPESSEG2012) + (173,060 * Ter_km2) + (-11,792 * Lakas_db)$$

regressziós egyenlet.

Az ezer fő alattiak esetében a teljes sokaságra számított

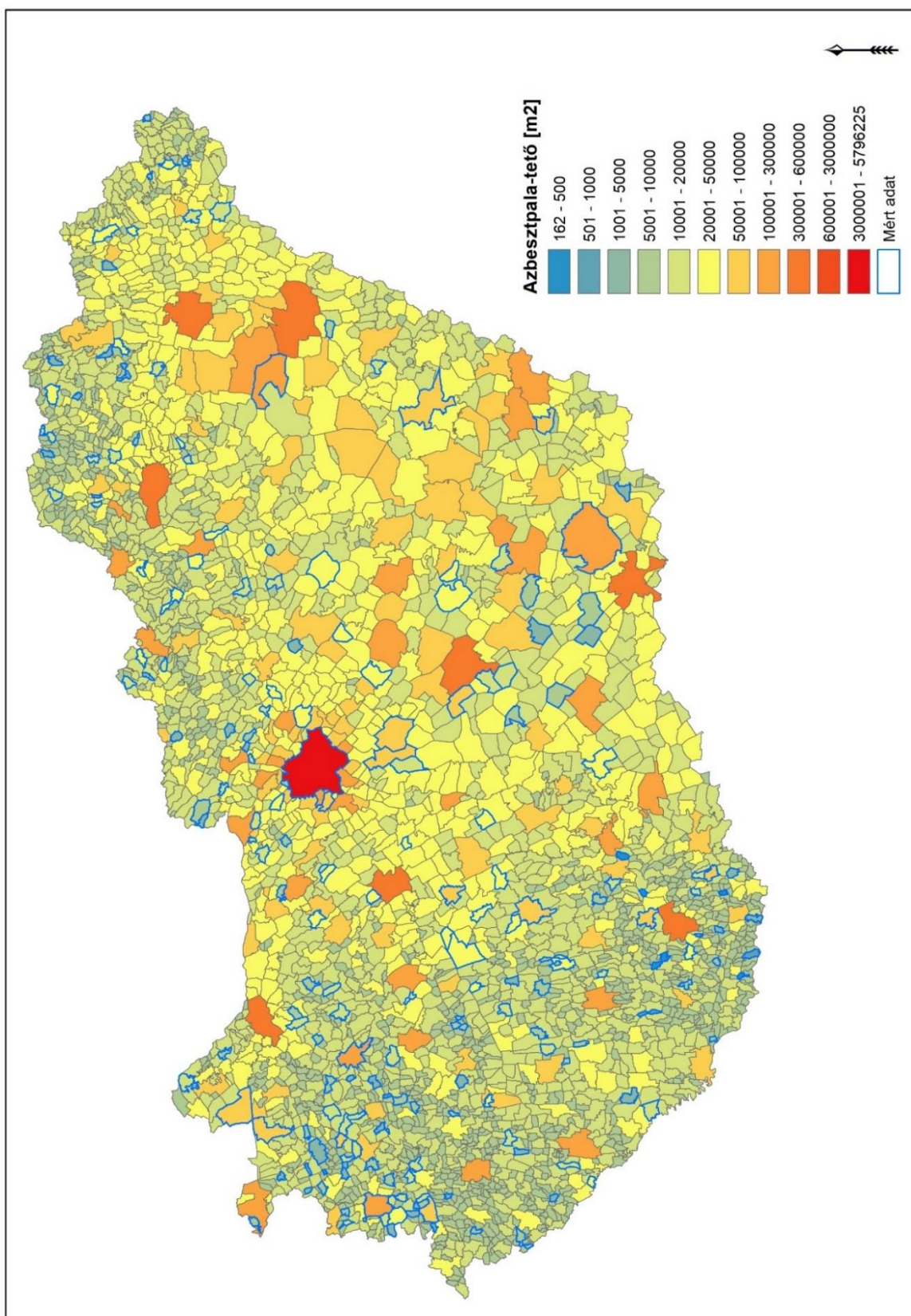
$$1279,261 + (13,029 * NEPESSEG2012) + (145,409 * Ter_km2) + (-10,167 * Lakas_db) + (-5,937 * Nepes_2020) + (133,774 * 60_90)$$

egyenlettel számolva becsültük a palatetők mennyiségét.

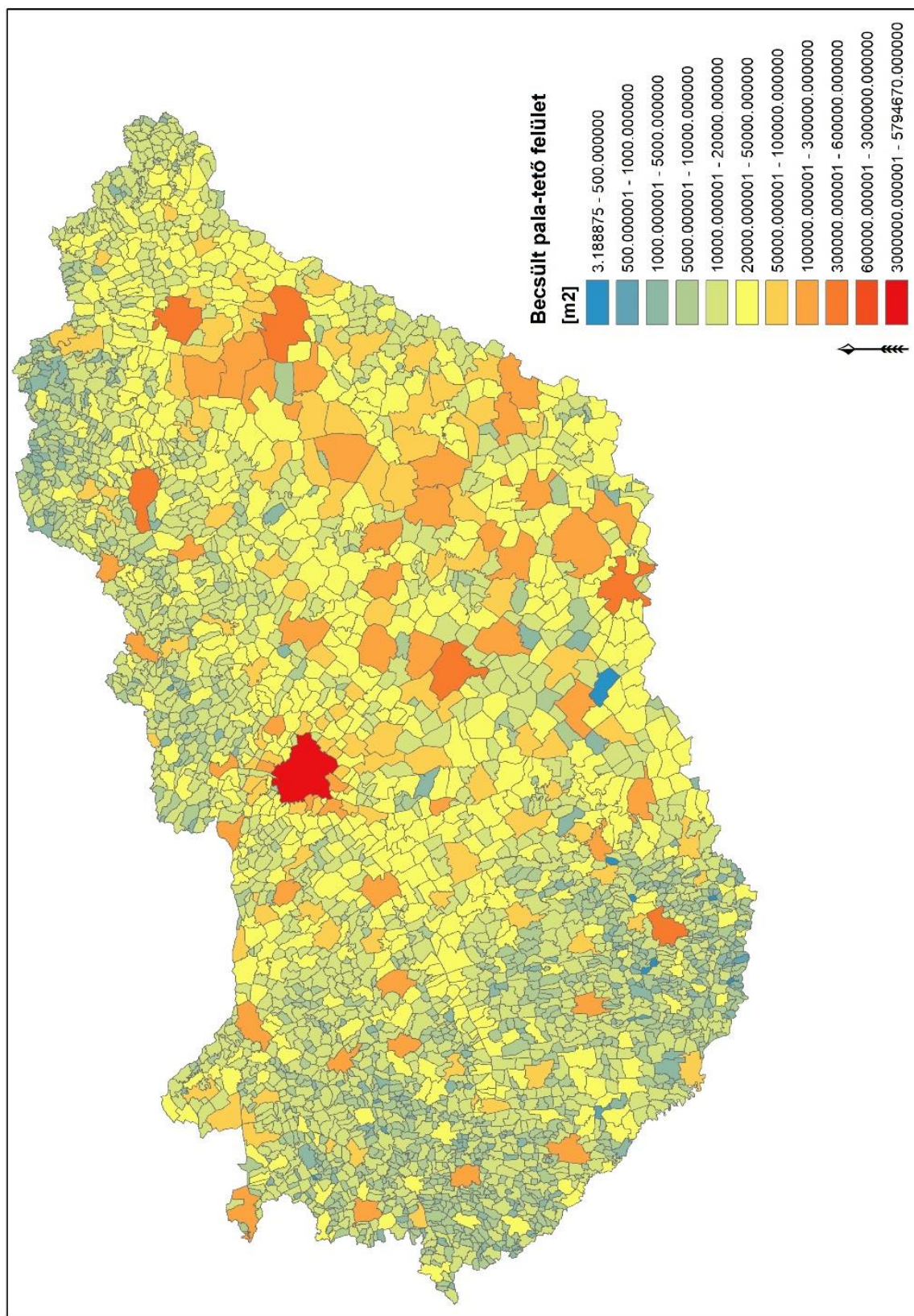
Összefoglaló táblázat a korrigálatlan eredményekről:

Módszer	Pala felület m2-ben Bp-el együtt
Felszorzásos	70210906.71
1000 fő alatt/felett regresszió (23.ábra)	66448499.16
Településtípus regresszió (24. ábra)	64927904.82

A három módszert összevetve (egyszerű beszorzásos, illetve a lakosság szerinti és a településtípus szerinti regressziós számítások) nagyon közeli értékeket hozott. A legjelentősebb különbség a térbeliség kifejezésében van. Az egyszerű felszorzás alapján nem tudunk térképet készíteni, csak egy végső becslést számítani. A település méretét alapul vevő osztályok gyengén fejezik ki a régiónkénti változatosságot (23. ábra), és a település méretével korreláló térbeliséget adnak, míg a településtípusok szerint feldozott adatok (24. ábra) mutatják a legjellemzőbb térbeli eltéréseket, hiszen az épületek minőségét is figyelembe vevő becslő algoritmusok alapján készültek.



23. ábra A település méretét alapul vevő osztályok alapján számolt országos pala-tető eloszlás



24. ábra Az 5 településtípus szerint feldolgozott adatok alapján készített térkép

6 Korrekciós lépések, validálás

6.1 Melléképületekkel történő korrekció

A módszertan alapvetően nem alkalmas a kis melléképületek becslésére, mivel ezek gyakran nem láthatók az utcafrontról. Az udvarokon található kis épületek tetőfelületének becslésére vidéken a drónos felvételeket használtuk, Budapesten pedig a legjobb felbontással rendelkező Google Earth felvételeket alkalmaztuk. Mindkét esetben kézi digitalizálás történt, melynek során megjelölésre került minden palával fedett terület. Az állományból leválogattuk a 30m²-nél kisebb poligonokat, melyek a házak mögötti kisebb épületeket foglalták magukba. Az ebből számított arányszám Budapest esetében 15,11% a lakóépület pala százalékaiban.

Ezzel az értékkel megszorozva a Budapesti palatető mennyiséget az alábbi becsült palatető felületet kapjuk: **6.670.245 m²**

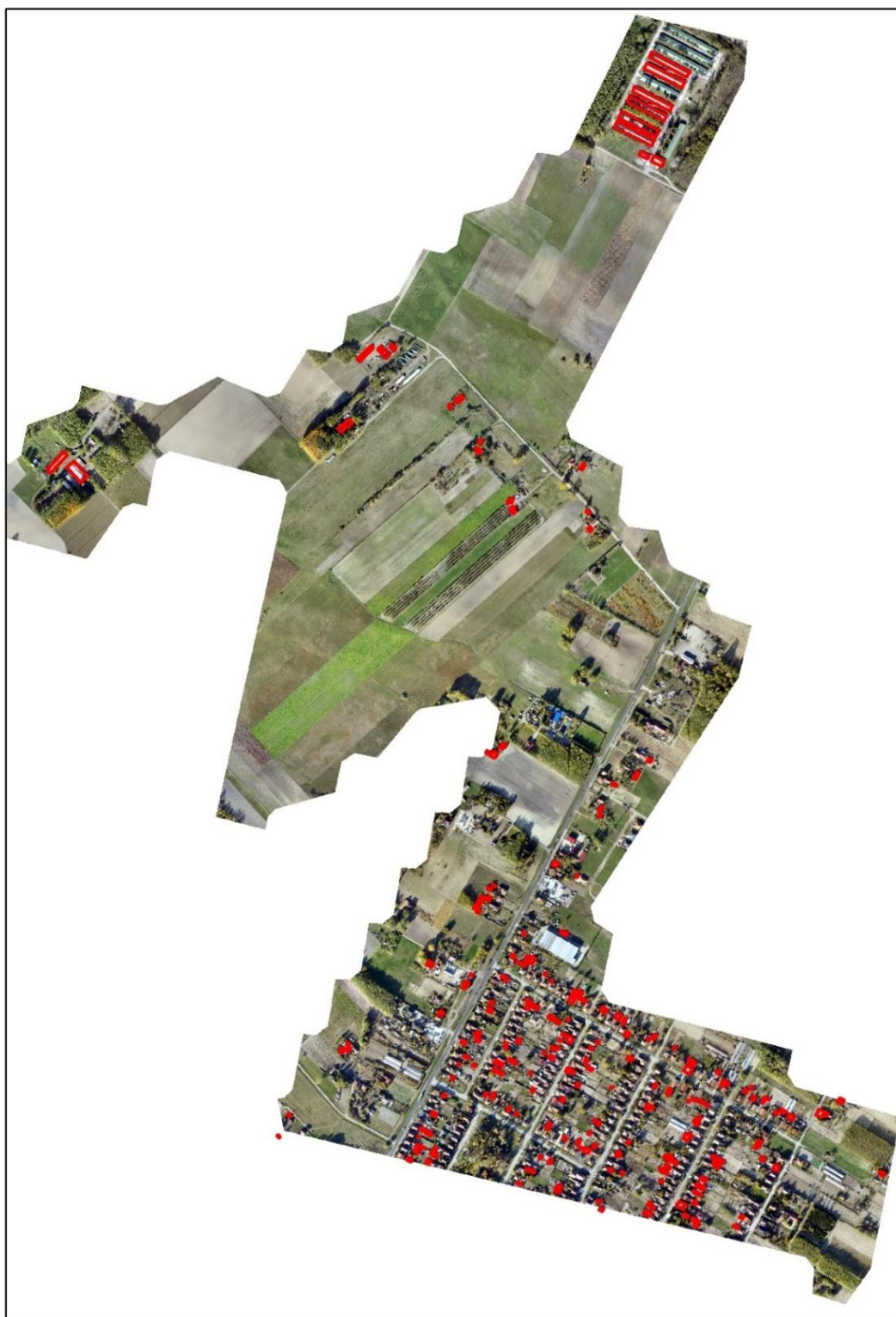
Vidéken is hasonló módszertant követtünk, csak itt két település, Jakabszállás és Páhi képezte a mintaterületet. Mindkét területről drónfelvétel készült 2021 októberében.

Ezek a területek az azbeszttel fedett melléképületek aránya sokkal magasabb, mint a korábbi városi mintán.

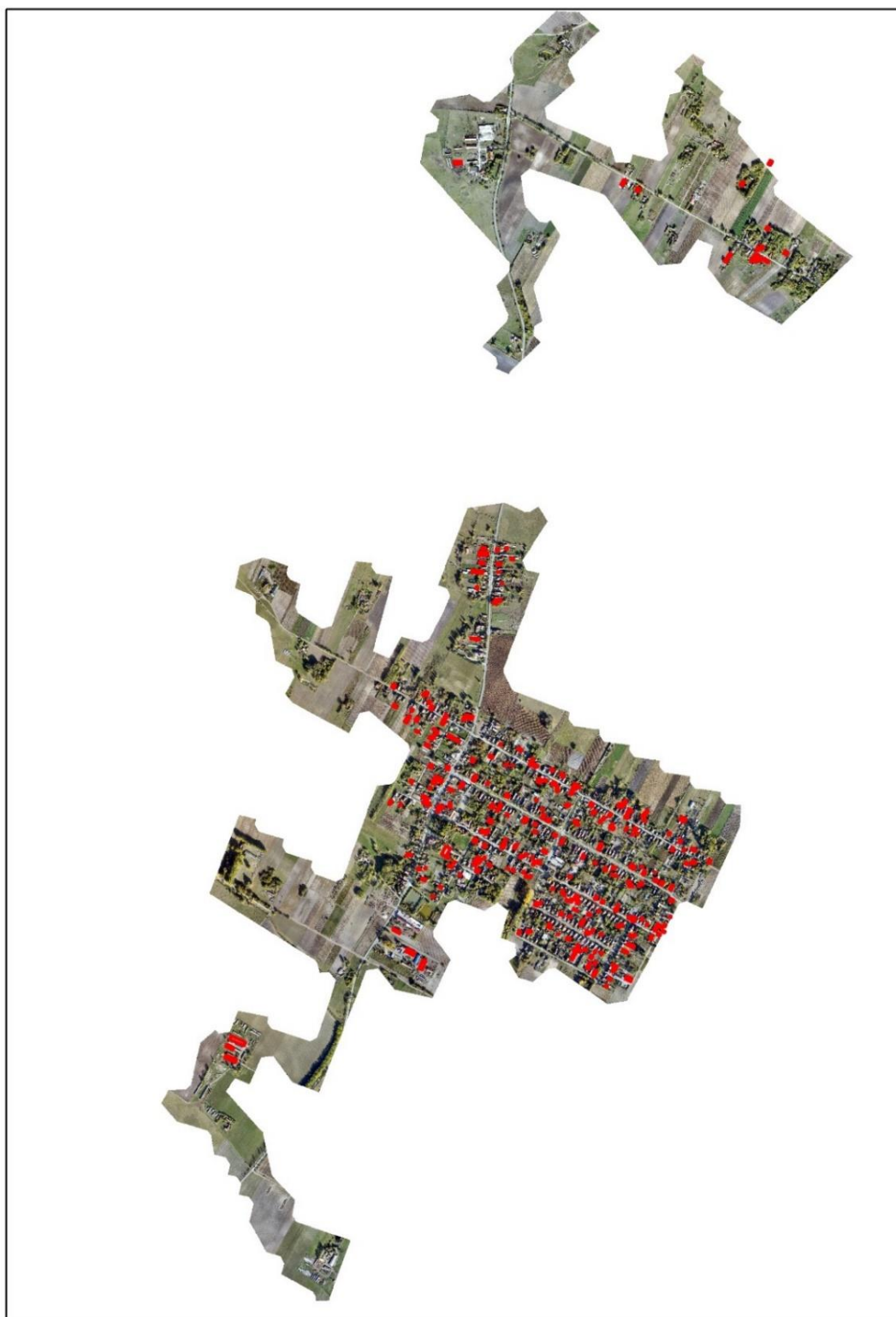
A teljes épületállomány és a melléképületek palatető felülete m²-ben:

	Páhi	Jakabszállás	Összes
Teljes palafelület	7217	4733	11950
Melléképület palafelület	4142	3636	7778

Az adatokból az látszik, hogy szélsőséges esetekben a melléképületek palatető felülete a teljes tetőfelület 65%-át is kiteheti, ami jelentős bizonytalanságot eredményez a becslésekben. A vizsgálataink alapján, országos szinten 15 és 60 % között változik. A terepi validálás során, bár regisztrálni nem tudtuk, de tapasztalataink alátámasztják ezt az értéket. A lakóépületekkel közel megegyező méretű melléképület rendelkezik pala-tetővel. Érzékelhető trend, hogy a tetőfelújításokat követően, a lakóépületről lekerült palával fedik a garázsokat, ólokat, stb.



25. ábra Jakabszállási mintaterület a lehatárolt palatetőkkal



26. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetőkkal



27. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetőkkal (részlet)



28. ábra Páhi mintaterület a lehatárolt palatetőkkal (részlet)

6.2 Digitalizálási bizonytalanság

A digitalizálási bizonytalanság alatt a digitalizáló munkát végzők által fel nem ismert területeket pontosítottuk területbejárás alapján. 20 véletlenszerűen kiválasztott települést jártunk be és azonosítottuk az utcafrontról a palatetőjű épületeket. Az összesített eredményeket az alábbi táblázat mutatja. A táblázatban külön kiemeltük a kisméretű palaegységeket. Látható, hogy míg a lakóházak esetén nem tapasztaltunk jelentős változást, a kisméretű palaegységek számát a terepi bejárás kétszeresére emelte.

5. Táblázat. A validáláshoz kiválasztott 20 település

NUTS5NAME	NUTS5KSH	NUTS2CODE	NUTS1CODE
Kerekegyháza	22530	HU33	HU3
Bicsérd	13310	HU23	HU2
Cún	11086	HU23	HU2
Újkígyós	02352	HU33	HU3
Hejőkeresztúr	04604	HU31	HU3
Járdánháza	26657	HU31	HU3
Balástya	23676	HU33	HU3
Királyhegyes	13666	HU33	HU3
Sárkeresztes	31802	HU21	HU2
Kapuvár	28334	HU22	HU2
Ostoros	27216	HU31	HU3
Vértesszőlős	31264	HU21	HU2
Litke	04871	HU31	HU3
Sóshartyán	14881	HU31	HU3
Apaj	33561	HU10	HU1
Uszka	31820	HU32	HU3
Aparhant	26125	HU23	HU2
Nárai	17367	HU22	HU2
Vasszécseny	29373	HU22	HU2
Balatonvilágos	03559	HU21	HU2

A validálás összesített eredményei a 20 település alapján:

	db	m ²	db változás	m ² változás
Digitalizált	2399	505417	9%	1,7%
Terepi ellenőrzés	2616	513981		
Digitalizált 30m2 alatt	35	825	108%	108%
Terepi ellenőrzés, 30m2 alatt	73	1716		

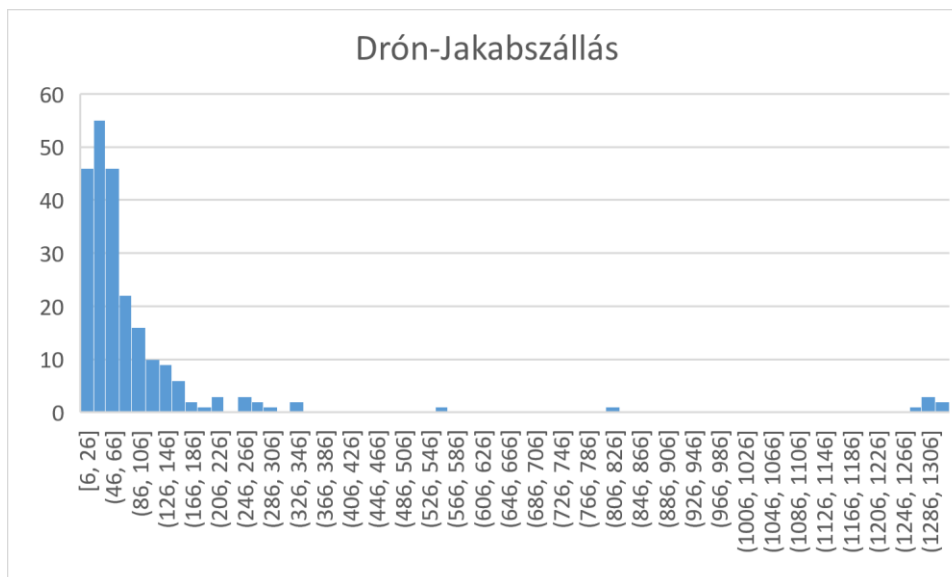
6.3 Google Earth felbontási korlátból eredő bizonytalanság

A két település esetében megtörtént a települések összes palatető területének digitalizálása. Az eredményeket az alábbi táblázat foglalja össze.

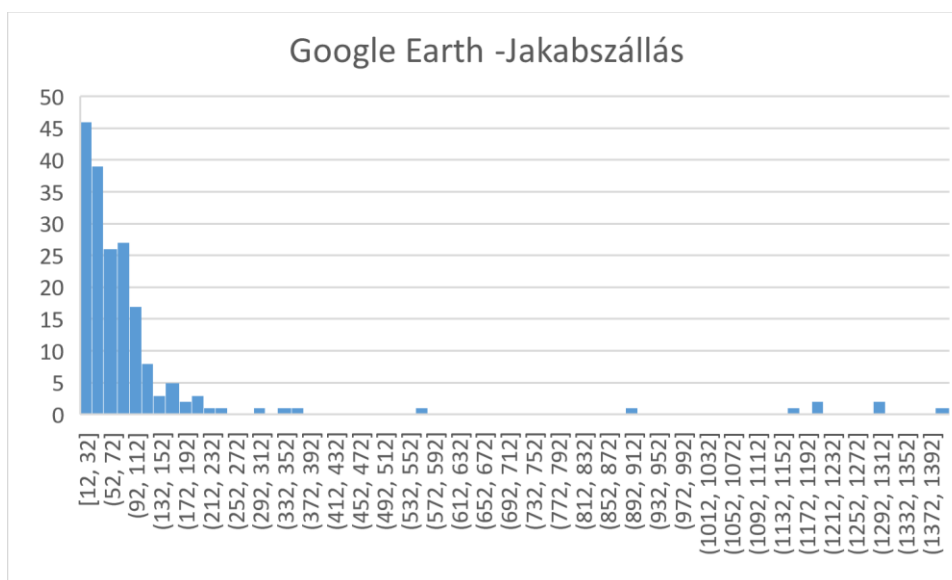
A validáció során azonosított objektumok száma és összfelülete a Google Earth és a drón felvétel alapján

	Google Earth		Drón	
	db	m ²	db	m ²
Páhi	258	29471	320	33805
Jakabszállás	190	21880	207	23507
Összes	448	51351	527	57312

A táblázatból látszik, hogy a Google Earth-ös felvételen 11,6%-al kisebb tetőfelületet tudunk azonosítani. A hisztogramokon pedig az látszik, hogy a Drónos felvételen kisebb objektumok is azonosíthatók, ami magyarázza a 11 százalékos különbséget. Ezt a 11.6%-os alábecslést, mint korrekciós tényezőt alkalmazzuk a végeredmények esetében.



29. ábra A drón felvételen azonosított palatető felületek méret szerinti megoszlása



30. ábra A Google Earth felvételen azonosított palatető felületek méret szerinti megoszlása

A 29-30-as ábrák a drónos és Google Earth felvételek eredményeképpen kialakult adatbázisok hisztogramjait mutatják. Az ábrák összevetéséből is jól látszik, hogy mennyire hasonló eloszlásokat kapunk, vagyis a két felvétel hasonló adottságokkal bír.

7 Összegzés

A felmérések alapján az ország teljes területére (Bp és a vidék együtt) megállapított, eddig korrigálatlan, nyers adatok mennyiségek az alábbiak voltak.

Módszer	Pala felület m ² -ben Bp.-el együtt
Felszorzásos	70.210.907
1000 fő alatt/felett regresszió	66.448.499
Településtípus regresszió	64.927.905

A validálás során a terepi adatok és a drónos felvételezés adatai alapján az alábbi korrekciós tényezők kerültek megállapításra (6. fejezet – validálás):

Digitalizálási alábecslés

Goggle Earth felbontásból származó alábecslés

Az utcafrontról nem látható melléképületekből fakadó alábecslés

E három tényező alapján kerültek a nyers adatok további pontosításra, külön Budapest és külön a vidéki 3155 település területére az alábbiak szerint.

7.1 Budapest

Budapest esetében a kiindulási érték : 5.794.670 m²

Ezt az értéket kell 15,11%-al megnövelni a budapesti melléképületek miatt, ami 6.670.245 m²

A terepi validálás során további 1.6%-os korrekciós tényezőt állapítottunk meg, míg a Google Earth felbontásdából fakadóan további 11,6%-os emelkedéssel számolunk, ami összesítve 7.563.662 m²-es becsült palatető felületet jelent Budapest közigazgatási területére

7.2 Vidék

A vidéki területek becslési számai korrekció nélkül:

Módszer	Pala felület m ² -ben Bp. nélkül
Felszorzásos	64.416.237
1000 fő alatt/felett regresszió	60.653.829
Településtípus regresszió	59.133.235

Az eltérő módszerek 59 és 64 millió m² palatetőt becsültek az országra Budapest nélkül.

A validálás során számított korrekciós tényezők :

Melléképületek: A Páhi és Jakabszállás mintái és a terepi validálás tapasztalatai alapján a melléképületek szélsőséges esetben a teljes palamennyiség 65%-át is kitehetik, mely arány folyamatosan emelkedni fog az idő előrehaladásával, mert várhatóan előbb cserélik le a lakóház palatetejét, mint a gazdasági épületekét. Azokon a településeken viszont, ahol magas a lakóházak palaarány (pl. Nagyvisnyó), ez az arány egyharmad alá esik. Országos szinten tapasztalati becslés alapján 45 % körülire tesszük a melléképületi palák arányát.

Digitalizálási pontatlanság: 1.6%

Goggle Earth felbontási veszteség: 11,6%

6. Táblázat Becsült palafelületek Budapest nélkül

Módszer	Pala felület m ² -ben Bp. nélkül korrigálva az 1.6 és 11,6 %-al	Lakóházak és ipari területek	Maximális becslés (65% melléképület arány)	Közepes becslés (45% melléképület arány)	Minimális becslés (25% melléképület arány)
Felszorzásos	73.038.737		208.682.106	132.797.704	97.384.983
1000 fő alatt/felett regresszió	68.772.708		196.493.451	125.041.287	91.696.944
Településtípus regresszió	67.048.573		191.567.351	121.906.496	89.398.097

7.3 Egyesített országos becslés Budapest és a vidék adatainak egyesítésével

7. Táblázat Országos összesítés Budapesttel együtt
 (szürkével kiemelve a munka által becsült legvalószínűbb tartomány)

	Lakóházak és ipari területek	Melléképületekkel együtt Maximális	Melléképületekkel együtt Legvalószínűbb becslési tartomány	Melléképületekkel együtt Minimális
Felszorzásos	78.883.407	210.451.098	134.566.696	99.153.975
1000 fő alatt/felett regresszió	74.567.378	198.262.443	126.810.279	93.465.936
Településtípus regresszió	72.843.243	193.336.343	123.675.488	91.167.089
Átlag	75.431.342	200.683.295	128.350.821	94.595.667

7.4 Összefoglaló értelmezés

A munka célja a magyarországi lakó- és nagyobb méretű ipari épületek jelenlegi fedésére használt azbesztartalmú tetőfelület direkt, illetve a lakóépületekhez csatlakozó melléképületeken használt azbesztartalmú anyagok indirekt becslése volt. Az ország teljes területét lefedő direkt felmérésre az idő és az anyagi erőforrások szűkössége miatt nem volt lehetőség. A létező módszertanok között a legelfogadottabb a hiperpsektális légifelvételzés, illetve a légifelvételek adatainak osztályozásával létrehozott közvetlen becslés, mely adatok nem álltak rendelkezésre, és sem időben, sem költségvetésben nem volt reális alternatíva.

A munkacsoport végül a Google Earth ingyenes, nagy felbontású adatbázisaira alapozott, mintaterület alapú országos becslési módszertant dolgozott ki. Budapestet és az ország többi részét módszertanilag különválasztottuk. Az országban 195 települést választottunk ki random leválogatással, illetve Budapestet településszerkezetileg homogén egységekre bontva 18 mintaterülettel jellemeztük. Az összesen 213 darab mintaterületet egyenként dolgoztuk fel „manuálisan” a Google Earth felülnézeti képeiből, melyeken a felismerhető azbeszt tetőfelületeket egyenként digitalizáltuk be. Kérdéses esetekben a Streetview adatbázist alkalmaztuk, melyeken

egyértelműen azonosíthatók az utcafronton elhelyezkedő épületek tetőanyagai. Az eredményeket két helyszínen drónos felvételek alapján, illetve 20 településen terepbejárással validáltuk. A melléképületek arányait a drónfelvételek, a terepi felvételek és a digitalizáló csapat személyes – nem kvantitatív becslés alapú – adatai alapján becsültük meg.

A korábbi becslések 100-tól 200millió négyzetméteres adatokkal számoltak. A mi becsléseink 72-75 millió négyzetméternyi azbesztpala területet adtak az országban a lakóházak és a nagyobb ipari objektumok esetében, melyek azonosítása a módszertan alapján egyértelmű volt. Az is látszik azonban, hogy az azbeszt pala használat többnyire helyi momentumok alapján, a helyi szokások alapján terjedt, így vannak egymás melletti települések, melyek nagyon eltérő pala-arányt mutatnak. A lakóépületek tetejéről eltávolított palák gyakran a melléképületek fedésében nyernek új életet, így a települések lakásinfrastruktúra átalakulási folyamatai elsősorban nem az összes pala mennyiségét, hanem annak térbeli „hátraszorulását” eredményezi, vagyis hátratulódnak az utcafrontról a melléképületek felé. Ennek eredményeképpen az összes pala mennyisége kevésbé, láthatósága viszont erősebben változik. A felméréseink és a kognitív tapasztalataink alapján az feltételezhető, hogy a jelenlegi összes palamennyiség nagyjából fele a melléképületekre tevődött át. Vidéki környezetben az összes palák fele, kétharmada, míg városi környezetben –ahol a melléképületek jelentősége csökkent – 15% körüli értéket tesznek ki.

Ezek alapján reálisan egy 140-150 millió m²-es értékkel számolhatunk országosan, mely a korábbi becslésekkel is összhangban van.

8 Irodalom

- Kovács Zoltán, Szabó Szilárd, Burai Péter, Szabó Gergely. (2014). Tetőtípusok azonosítása hiperspektrális felvételek alapján. Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Debrecen. 2014. május 29-31.
- Kovács Z., Szabó Sz. (2013): Interaktív spektrum kiértékelés MS Excel környezetben: Bővítmény hiperspektrális adatok feldolgozásához. ISBN:978-963-318-334-2, pp. 251-255, Térinformatikai Konferencia 2013. Debrecen.
- Nagyvárad L., Gyenizse P., Szebényi A. (2011): Monitoring the changes of a suburban settlement by remote sensing. Acta Geographica Debrecina Landscape & Environment, Vol. 5, pp. 76-83.
- Szalai Z., Kiss K., Jakab G., Sipos P., Belucz B., Németh T. (2013): The use of UV-VISNIR reflectance spectroscopy to identify iron minerals. Astronomische Nachrichten, 01/2013; 334:940-943.
- Taherzadeh, E., Shafri, H.Z.M., Soltani, S.H.K., Mansor, S., Ashurov, R. (2012): A comparison of hyperspectral data and Worldview-2 images to detect impervious surface, ASPSRS Annual Conference, Sacramento, California

Tobak Z., Csendes B., Henits L., van Leeuwen Boudewijn, Szatmári J., Mucsi L. (2012): Városi felszínek spektrális tulajdonságainak vizsgálata légifelvételek alapján. VI. Magyar Földrajzi Konferencia. pp. 1088-1097.

C.M. Marino, C. Panigada, and L. Busetto (2001) Airborne hyper spectral remote e sensing applications in urban areas: asbestos concrete sheeting identification and mapping, IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Roma, Italy, pp. 212-216, 2001 (14) (PDF) *Airborne remote sensing for mapping asbestos roofs in Aosta Valley*. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/233904258_Airborne_remote_sensing_for_mapping_asbestos_roofs_in_Aosta_Valley [accessed Nov 08 2021].

Frassy F., Candiani G. Rusmini M., Maianti P., Marchesi A., Nodari F.R, Dalla Via G, Albonico C. és Gianinetto M (2021) Mapping Asbestos-Cement Roofing with Hyperspectral Remote Sensing over a Large Mountain Region of the Italian Western Alps. Elérhető: https://www.researchgate.net/publication/265134993_Mapping_Asbestos-Cement_Roofing_with_Hyperspectral_Remote_Sensing_over_a_Large_Mountain_Region_of_the_Italian_Western_Alps [accessed Nov 08 2021].

Internetes hivatkozások

1. [HTTP://ETANANYAG.TTK.ELTE.HU/FILES/DOWNLOADS/EJ-WEISZBURG_TOTH_KORNY_ASV.PDF](http://ETANANYAG.TTK.ELTE.HU/FILES/DOWNLOADS/EJ-WEISZBURG_TOTH_KORNY_ASV.PDF)
2. [HTTP://AZBESZTMENTES.HU/AZBESZT](http://AZBESZTMENTES.HU/AZBESZT)
3. [HTTPS://LABORATORIUM.HU/AZBESZTPALAVESZELY.HTML](https://LABORATORIUM.HU/AZBESZTPALAVESZELY.HTML)
4. [HTTP://WWW.OMFI.HU/LETOLT/AZBESZT_GYAKORLATI_UTMUTATO.PDF](http://WWW.OMFI.HU/LETOLT/AZBESZT_GYAKORLATI_UTMUTATO.PDF)
5. [HTTPS://WWW.LEVEGO.HU/EGYEB/AZBESZTMENTESITES-MAGYARORSZAGON/](https://WWW.LEVEGO.HU/EGYEB/AZBESZTMENTESITES-MAGYARORSZAGON/)
6. [HTTPS://LABORATORIUM.HU/AZBESZTAPANELBEN](https://LABORATORIUM.HU/AZBESZTAPANELBEN)
7. [HTTPS://AZBESZTMENTES.HU/HIREK](https://AZBESZTMENTES.HU/HIREK)
8. [HTTPS://MAGYARNARANCS.HU/BELPOL/SZALL-CSAK-SZALL-118431](https://MAGYARNARANCS.HU/BELPOL/SZALL-CSAK-SZALL-118431)
9. [HTTPS://WWW.SONLINE.HU/SOMOGY/KOZELET-SOMOGY/IGY-MAR-NE-PALAZZ-SZAZEZREKBE-KERUL-AZ-AZBESZTMENTES-ELET-641830/](https://WWW.SONLINE.HU/SOMOGY/KOZELET-SOMOGY/IGY-MAR-NE-PALAZZ-SZAZEZREKBE-KERUL-AZ-AZBESZTMENTES-ELET-641830/)
10. [HTTP://TAMOP248.HU/DOWNLOAD/20150611/AZBESZTMENTES_EUROPA.PDF](http://TAMOP248.HU/DOWNLOAD/20150611/AZBESZTMENTES_EUROPA.PDF)