

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Földrajz- és Földtudományi Intézet  
Meteorológiai Tanszék

# **A hegyi éghajlat regionális osztályozása Feddema alapján: közép-európai alkalmazások**

– DIPLOMAMUNKA –



Készítette:

**Takács Dominika**

*Meteorológus MSc, éghajlatkutató szakirány*

Témavezetők:

**Dr. habil. Ács Ferenc**

*ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék*

**Dr. Breuer Hajnalka**

*ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék*

**Budapest, 2015**

# Tartalomjegyzék

<b>Bevezetés</b> .....	3
<b>1. Szakirodalmi áttekintés</b> .....	6
1.1. Az Alpok éghajlatát befolyásoló tényezők.....	6
1.2. Köppen (1936) és Thornthwaite (1948) módszerének nemzetközi és hazai alkalmazásai .....	9
<b>2. Anyag és módszer</b> .....	14
2.1. Felhasznált adatok.....	14
2.2. Alkalmazott módszerek.....	14
2.2.1. Feddema (2005) éghajlat-osztályozási módszere .....	14
2.2.2. Az alpesi régióra finomhangolt Feddema-módszer.....	16
<b>3. Eredmények</b> .....	19
3.1. Az alpesi régió éghajlata Feddema (2005) eredeti modellverziója alapján .....	19
3.1.1. Harminc éves periódusok.....	19
3.1.1.1. Az 1901–1930 közötti időszak.....	19
3.1.1.2. Az 1936–1965 közötti időszak.....	22
3.1.1.3. Az 1971–2000 közötti időszak.....	26
3.1.2. Ötven éves periódusok .....	29
3.1.2.1. Az 1901–1950 közötti időszak.....	29
3.1.2.2. Az 1951–2000 közötti időszak.....	32
3.2. Az alpesi régió éghajlata Feddema finomhangolt modellverziója alapján.....	35
3.2.1. Harminc éves periódusok.....	35
3.2.1.1. Az 1901–1930 közötti időszak.....	35
3.2.1.2. Az 1936–1965 közötti időszak.....	40
3.2.1.3. Az 1971–2000 közötti időszak.....	46
3.3. Éghajlatváltozás az alpesi régióban Feddema (2005) eredeti modellverziója alapján.....	50
3.3.1. Harminc éves periódusok.....	50
3.3.1.1. Az 1901–1930 és az 1936–1965 időszakok között bekövetkezett változások .....	50
3.3.1.2. Az 1936–1965 és az 1971–2000 időszakok között bekövetkezett változások .....	54
3.3.1.3. Az 1901–1930 és az 1971–2000 időszakok között bekövetkezett változások .....	57
3.3.2. Ötven éves periódusok .....	60
3.3.2.1. Az 1901–1950 és az 1951–2000 időszakok között bekövetkezett változások .....	61
<b>Összefoglalás</b> .....	64
<b>Köszönetnyilvánítás</b> .....	67
<b>Irodalomjegyzék</b> .....	68
<b>Függelék</b> .....	72

# Bevezetés

Egy térség éghajlatának jellemzése kapcsán napjainkban már számos rendszerezési elv közül válogathatunk. Annak felismerése, hogy egy terület hő- és vízellátottsága – voltaképpen az éghajlata – jelentős mértékben meghatározza a felszínét borító növénytakarót, komoly szerepet töltött be a biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek megjelenésében. Az éghajlat és a vegetáció-típusok közötti szoros kapcsolatot feltételező klímaklasszifikációk közül *Köppen* (1936), *Holdridge* (1947) és *Thornthwaite* (1948) módszere vált legismertebbé. Emellett említsünk meg egy viszonylag új keletű, a köztudatban kevésbé elterjedt biofizikai klímaklasszifikációt is, *Feddema* (2005) módszerét. *Feddema* (2005) éghajlat-osztályozási rendszere az eredeti *Thornthwaite*-féle klímaosztályozás (1948) továbbfejlesztésének tekinthető. *Feddema* (2005) megőrizte *Thornthwaite* (1948) módszerének komplexitását, ilyen módon az éghajlat meghatározásakor az évi mutatók mellett azok szezonális változásait is figyelembe veszi. A módosítás leginkább *Thornthwaite* (1948) módszerének könnyebb kezelhetőségére irányult, eredményképp egy jóval egyszerűbb és gyakorlatiasabb modellváltozatot, valamint áttekinthető térképes megjelenítést biztosított. A módosításoknak köszönhetően *Feddema* (2005) osztályozása teljes mértékben eleget tesz az *Essenwanger*-féle kritériumoknak (2001).

*Feddema* (2005), a klímaklasszifikációját globális skálán, az egész Földre kiterjedően alkalmazta. Módszerének kontinentális léptékben való alkalmazása *Skarbit* (2014) nevéhez fűződik, MSc diplomamunkája keretében Európa éghajlatát, illetve éghajlatváltozását vizsgálta a XX. és a XXI. században. Európa éghajlatának változását a XX. században – *Köppen* (1936) és *Feddema* (2005) módszerének összehasonlítása alapján – *Ács et al.* (2014) tanulmányozta. *Feddema* (2005) módszerének regionális léptékű alkalmazása mindaddig csak a Pannon-alföld térségére történt meg. *Skarbit* (2012) és *Ács et al.* (2015) megmutatta, hogy *Feddema* (2005) módszere, a globális léptékre kidolgozott osztályozás kritériumrendszerének minimális módosításával, hazánk klímájának mezoléptékű jellemzésére is használható. *Breuer et al.* (2015) hazánkban a XX. század folyamán zajló klímaváltozást vizsgálta *Feddema* (2005) eredeti és finomhangolt módszere alapján. Ezen kívül *Ács et al.* (2012, 2013 és 2014) tanulmányaiban *Feddema* (2005) módszerét más módszerekkel is összehasonlította, és a módszertani vizsgálatok alapján egyértelművé vált,

hogy Magyarország éghajlatának mezoléptékű szerkezetét Feddema finomhangolt modellverzióján kívül egyetlen módszer sem képes leírni.

Ezek alapján döntöttünk úgy, hogy a módszer regionális alkalmazhatóságát egy tipikusan hegyvidéki jelleggel bíró térségben is megvizsgáljuk. A választásunk azért az alpesi régió, pontosabban Svájc és Ausztria éghajlatának tanulmányozására esett, mert e két ország megközelítően megegyező földrajzi szélességeken fekszik Magyarországgal.

Munkám során *Feddema* (2005) módszerének eredeti és minimálisan módosított, azaz finomhangolt változatát használva vizsgáltam Svájc és Ausztria éghajlatát. Emellett az elmúlt évszázad folyamán bekövetkezett éghajlatváltozást is tanulmányoztam, *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján. A modellekhez szükséges bemeneti adatokat, vagyis az 1901–2000 közötti időszakra vonatkozó havi csapadék és hőmérséklet adatokat a CRU<sup>1</sup> TS 1.2 adatbázisból (*Mitchell et al.*,2004) vettük. A száz éves idősor adatokból a harminc éves átlagok mellett ötven éves átlagokat is képeztünk, így az adatok ilyen módú felhasználása lehetőséget nyújt a folyamatok dinamikájába való betekintésre is. A dolgozatban bemutatásra kerül a harminc éves periódusok közül a század eleji (1901–1930), a század közepén jellemző (1936–1965) és a század végi (1971–2000) éghajlat, továbbá az egyes időszakok közötti eltérések alapján a század közepén, a század végén és a teljes évszázad folyamán bekövetkezett éghajlatváltozás. Az elemzés kiegészül az ötven éves periódusok közül az 1901–1950 és az 1951–2000 közötti időszakok éghajlatának, illetve az említett két időszak közötti különbségek alapján történt éghajlatváltozás vizsgálatával.

Dolgozatom célja az alpesi területeken jellemző hegyvidéki klímaszerkezetek ismertetése *Feddema* (2005) éghajlat-osztályozási módszerének eredeti és finomhangolt modellverziója alapján. A módszer regionális alkalmazhatóságát Svájc és Ausztria éghajlatán kívül a klímaváltozás függvényében is megvizsgálom, a régió XX. századi időszakát feldolgozva. Továbbá megmutatom, hogy az alpesi régió éghajlatának és éghajlatváltozásának regionális elemzésében *Feddema* (2005) módszerének eredeti verziója jóval alkalmasabbnak bizonyul, mint a finomhangolt változat. Ez annak köszönhető, hogy *Feddema* (2005) eredeti módszere inkább az egész régió éghajlatának (több 100 km), míg

---

<sup>1</sup> Climatic Research Unit

Feddema finomhangolt változata inkább a régióon belül található egyes alrégiók (20–100 km) éghajlatának tanulmányozására alkalmas. Véleményünk szerint a mezoléptékű struktúrák *Feddema* (2005) eredeti módszere alapján is értelmezhetők.

# 1. Szakirodalmi áttekintés

## 1.1. Az Alpok éghajlatát befolyásoló tényezők

*Barry* (1994) megállapítása szerint a hegyvidékek éghajlata alapvetően négy tényező függvényében – földrajzi szélesség, óceántól vett távolság, tengerszint feletti magasság, domborzat – alakulnak.

A földfelszínre érkező évi átlagos besugárzás összege földrajzi szélességenként igen tág határok között mozog. Ebből adódóan, egy terület földrajzi helyzete, vagyis, hogy milyen szélességi körök között húzódik, nagymértékben meghatározza hőmérsékletének évi járását. Noha, jóval kisebb mértékben, de a csapadék mennyisége is függ a földrajzi szélességtől. (*Beniston*, 2005). Az effajta vízszintes övezetesség azonban inkább az alacsony fekvésű területekre jellemző. A magashegységekben kialakuló függőleges földrajzi övezetességet pedig elsősorban a tengerszint feletti magasság határozza meg, de a hegyvidéki övezetesség is függ a földrajzi szélességtől. Ugyanis a forró öv Egyenlítőhöz közeli magashegységeiben jellemző magassági övek, szemben a mérsékelt éghajlati övben található Alpokkal, lentől felfelé haladva csaknem teljes egyezést mutatnak az Egyenlítőtől a sarkokig jellemző éghajlati övezetekkel. Emellett a hegységek, domborzati okokból kifolyólag, felerősíthetik az adott éghajlati övben jellemző klíma sajátosságait is (*Beniston*, 2005).

A tengerszint feletti magassággal csökken a hőmérséklet és az évi közepes hóingás. Azonban az Alpokban télen gyakran fordul elő hőmérsékleti inverzió is, ilyenkor a sűrűbb hideg levegő lesüllyed és megreked a völgyekben, míg a hegycsúcsokon magasabb hőmérsékletet tapasztalhatunk. Ez az időjárási helyzet a sűrűn lakott alpesi völgyekben komoly légszennyezettséget okozhat (*Gábris et al.*, 2014). A hőmérséklettel szemben a csapadék mennyisége nő a magassággal. A hőmérséklet és a csapadék, mint két legfontosabb éghajlati elem, magassággal való változását a vegetáció-típusok jól megfigyelhető módon követik. *Flohn* (1968) „megemelt hóforrásoknak” nevezi a hegyeket, ugyanis a hegycsúcsok közelében napközben a levegő hőmérséklete magasabb, mint ugyanabban a magasságban, de a hegycsúcsoktól távolabb. Ez a jelenség a levegő sűrűségének magassággal való csökkenésével indokolható, mivel a nagy magasságokban jellemző ritka levegő miatt a

besugárzás hatására felmelegített hegyvidéki felszín csak a környező levegő meglehetősen vékony rétegének képes átadni energiáját.

A nagyobb hőkapacitású tengervíz markáns hűtő-fűtő hatásának köszönhetően a napi és az éves hőingás alacsonyabb a tengerpart közelében fekvő hegyvidékek esetében, mint a kontinensek belsejében található hegységekben. A kontinentális klímájú hegységek több napsütésben részesülnek, de alacsonyabb középhőmérsékleti értékek jellemzőek, mint a gyakorta felhős és csapadékos, óceánokhoz vagy tengerekhez közeli hegységekben. A tengerparti hegységekben az erdőhatár (zárt erdőségek felső határa) kisebb magasságokban húzódik, mint a kontinentális régiókban (*Beniston, 2005*). Az Alpok Közép-Európa egyik legfontosabb éghajlatválasztó hegysége, határt képezve az óceáni, a kontinentális és a mediterrán klímátípusok között. Az Atlanti-óceán éghajlat-módosító hatásának köszönhetően az Alpok északnyugati lejtőin a tél enyhe, a nyár hűvös és a hőmérséklet évi ingása kicsi. Az Atlanti-óceán felől a nyugati szelekkel érkező nedves légtömegeknek köszönhetően az északnyugati lejtőkön akár 2500–3000 mm is lehet az éves csapadékmennyiség, a csapadék évi járása pedig kiegyenlített (*Gábris et al., 2014*). Az Alpok Földközi-tengerrel határos, déli vidékein többnyire a mediterrán hatások befolyásolják az éghajlatot. Ezeken a területeken az enyhe és csapadékos telek mellett forró és száraz nyarak jellemzőek, kedvezve a mediterrán növénytakaságoknak. Az év nagy részében ezeken a területeken is a nyugati szelek szállítják a csapadékot a mérsékelt övi ciklonokkal, azonban nyáron a passzát szélrendszer leszálló légáramlásának magas nyomású öve a terület fölé tolódva, a szubtrópusi anticiklonok főként zavartalan napsütést, meleget és szárazságot eredményeznek. Az Alpok keleti részén az éghajlatot a Pannon-alföldre is jellemző nedves kontinentális klíma alakítja. A napi és az éves hőmérséklet-ingadozás nagy, a nyugati részekhez képest jóval kevesebb az éves csapadék, mennyisége 500–800 mm között alakul. Az Alpok vonulatainak belsejében található zárt medencékben és hosszanti völgyekben mindössze 500–600 mm az évi csapadékmennyiség (*Gábris et al., 2014*).

A hegyvidékek sajátos éghajlatát talán legnagyobb mértékben mégis az egyedi domborzati viszonyok alakítják. Az Alpok hegylánca a Ligur-tengertől a Kárpát-medencéig húzódik, azonban a Svájci-Alpoktól kezdődően fő csapásiránya nyugat-keleti. Ennek köszönhetően a délies kitétségű, úgynevezett napos lejtők több napsütésben részesülnek,

mint az északi, árnyékos lejtők (Gábris *et al.*, 2014). A lejtőkitettség (expozíció) hatása mind a hóhatárban, mind az eltérő növényzetben nyomon követhető. Mivel a melegigényes növények inkább a déli lejtőket kedvelik, így ezeken a területeken gyakran folyik mezőgazdasági növénytermesztés. Ezzel szemben a hűvösebb északi lejtőkön többnyire érintetlen erdőségekkel találkozhatunk (Gábris *et al.*, 2014). A hegység déli oldalán a hóhatár magasabban (2700–2900 m) húzódik, mint az északi oldalon (2400–2600 m), míg a hegység belsejében az Alpok 3000–3200 méternél magasabb területeit borítja nyáron is hó (Gábris *et al.*, 2014). Az Alpok lejtőinek egyenetlen csapadékeloszlása részben a térségben jellemző helyi szélnek, nevezetesen a fönnek tulajdonítható. A hegység déli, szélfelőli (luv) oldalán a széllel érkező levegő feláramlásra kényszerül, eközben lehül és csapadékot ad. A hegygerincen átbukva – erre a folyamatra utal a bukószél elnevezés – a kiszáradt leszálló légtömeg fokozatosan melegszik fel a hegység túlsó (lee) oldalán (Beniston, 2005). A meleg és száraz fön az északi lejtőkön felgyorsítja a tavaszi hóolvadást, emiatt gyakran hófaló szélnek is nevezik.

*Giorgi et al.* (1997) megállapítása szerint a nagy magasságokban (hegységekben) zajló éghajlati folyamatok sok esetben regionális légköri válaszként viselkednek a nagyskálájú kényszerekre. *Beniston és Jungo* (2002) munkájában kijelentette, hogy az Alpok térségében az 1990-es években történt intenzív felmelegedés jobbra az Észak-atlanti Oszcilláció (NAO) viselkedésével magyarázható. Beniston 1997-es munkájában a NAO és a téli hőmérsékleti, valamint csapadék karakterisztikák közti kapcsolatot vizsgálta az Alpokban (Beniston, 1997). Eredményei alapján pedig elmondható, hogy erősen pozitív NAO indexek esetén a tartósan magas nyomási mező hatására az átlagosnál magasabb hőmérsékleti és alacsonyabb csapadék értékek voltak megfigyelhetők az alpesi régióban. Továbbá az 1980-as évek közepét követően, egészen 1996-ig bezárólag lényegesen csökkent a hó mennyisége, valamint a hóval borítottság időszaka, ami szintén a nyomási mezővel indokolható, mely a XX. század folyamán sosem volt még olyan magas nyomású és tartós, mint az említett időszakban (Beniston, 1997).



## 1.2. Köppen (1936) és Thornthwaite (1948) módszerének nemzetközi és hazai alkalmazásai

A biofizikai jellegű éghajlat-osztályozási modellek a XX. század közepén élték fénykorukat. Ugyanis, miután Köppen 1936-ban publikált, 'Das geographische System der Klimata' c. munkájával berobbant a köztudatba, számos kísérlet történt olyan éghajlat-osztályozási módszerek kidolgozására, melyek az éghajlat és a vegetáció szoros kapcsolatán alapulnak. Köppen (1936) után Holdridge (1947), Thornthwaite (1948) és Geiger (1954) munkássága vált legismertebbé. Töretlen népszerűségüknek köszönhetően, e módszerek napjainkban is szerves részét képezik a leíró éghajlattannak.

A következőkben a Köppen (1936) és a Thornthwaite (1948) klímaosztályozás nemzetközi és hazai szakirodalomban való főbb alkalmazásainak áttekintésével foglalkozom. Ugyanis, egyrészt Köppen (1936) klasszifikációja a legelterjedtebb világ szinten, míg módszerének népszerűségét Thornthwaite (1948) osztályozása követi a sorban. Másrészt pedig Feddema (2005) is Thornthwaite (1948) módszerét vette alapul saját éghajlat-osztályozási rendszerének megalkotásakor. Emellett a dolgozat tárgyát képező alpesi régió éghajlatának rövid ismertetésére is sor kerül a fent említett két klasszifikáció alapján.

Köppen 1900-ban elkészített – számos kutató szerint bolygónk klímátípusait illetően az első kvantitatív klasszifikáció (Thornthwaite, 1933; Bharucha és Shanbhag, 1956; Wilcock, 1968; Sanderson, 1999; Kottek et al., 2006; Sparovek et al., 2007; Rubel és Kottek, 2010; Alvares et al., 2014) – éghajlat-osztályozási rendszerét (Köppen, 1900), melyben a Földre vonatkozóan öt klímaövet definiált, Grisebach (1866) és de Candolle (1874) vegetáció-térképei ihlették. de Candolle 1874-es munkájában öt főcsoportba sorolta a különböző vegetáció-típusokat, Köppen pedig ezen vegetáció-típusok határvonalaihoz illesztett izovonalak alapján adott kvantitatív határokat az egyes klímákra vonatkozóan (Sanderson, 1999). Köppen folyamatosan kisebb-nagyobb módosításokkal egészítette ki módszerét, utolsó, 1936-ban publikált munkájában Rudolf Geiger klimatológussal együttműködve. Köppen 1940-ben hunyt el, halálát követően Geiger (1954) további módosításokat végzett Köppen (1936) módszerén. Manapság az oktatásban, a klímaosztályozással, illetve az éghajlatváltozással kapcsolatos tanulmányokban és más

földtudományi szakterületeken az úgynevezett Köppen-Geiger klímaterképet (*Geiger*, 1961) veszik alapul leggyakrabban (*Kottek et al.*, 2006). Napjainkban a Köppen-Geiger klímaterkép (*Geiger*, 1961) naprakész, globális hőmérsékleti és csapadék adatsorok alapján történő aktualizálása kedvelt kutatási terület a klimatológusok körében. Ezek közül a legismertebbek *Kottek et al.* (2006), *Peel et al.* (2007), valamint *Rubel és Kottek* (2010) nevéhez fűződnek. *Kottek et al.* (2006) a havi hőmérséklet adatokat a CRU TS 2.1 adatbázisból (*Mitchell és Jones*, 2005), a havi csapadék adatokat pedig GPCC<sup>2</sup> VASCLimO v1.1 adatbázisból (*Beck et al.*, 2005) vették az 1951–2000 közötti időszakra vonatkozóan. *Rubel és Kottek* (2010) az előző munkájukat kiterjesztették az 1901–2100 közötti időszakra, a CRU és a GPCC adatok mellett, a 2002-es évet követő időszakra a TYN<sup>3</sup> SC 2.03 adatbázis (*Mitchell et al.*, 2004) adatait használták fel. *Peel et al.* 2007-ben megjelent tanulmányában kontinentális léptékben dolgozta át a Köppen-Geiger klímaterképet (*Geiger*, 1961) Köppen (1936) kritériumrendszerét alkalmazva, a GHCN<sup>4</sup> 2.0 adatbázis (*Peterson és Vose*, 1997) alapján. Majd az egyes kontinensekre kapott klímaterképekből állította össze világtérképét.

A Függelék F1. ábráján láthatjuk Európa éghajlati képét Köppen (1936) módszere alapján *Peel et al.* (2007) szerint. Az ábráról leolvasható, hogy a Svájci-Alpokban, Ausztriában az alpesi területek közül a nyugati országrészben, valamint a Magas-Tauern térségében az **ET** tundra klíma jellemző. Az állandóan fagyos **EF** klíma is megjelenik, mégpedig Svájcban, a Berni-Alpok nyugati részén. Az **ET** klímátípussal jellemezhető területeket **Dfc** (hideg telű klíma egyenletes évi csapadékeloszlással,  $T_{\text{cold}}^5 \geq -38$ ) klímájú területek övezik. Ausztria legnagyobb részén, valamint a Jura-hegységben és a Svájci-fennsík északkeleti vidékein a **Dfb** (hideg telű klíma egyenletes évi csapadékeloszlással,  $T_{\text{hot}}^6 < 22$  és  $T_{\text{mon}10}^7 \geq 4$ ) klímátípus határozza meg az éghajlatot. A **Cfb** (meleg-mérsékelt klíma egyenletes évi csapadékeloszlással,  $T_{\text{hot}} < 22$  és  $T_{\text{mon}10} \geq 4$ ) klímátípus csak szórványosan fordul elő mind Svájc, mind Ausztria területén. Az elmondottak alapján a vizsgált régió legnagyobb része a hideg-mérsékelt (boreális), illetve a poláris klímaövekbe tartozik.

---

<sup>2</sup> Global Precipitation Climatology Centre

<sup>3</sup> Tyndall Centre for Climate Change Research

<sup>4</sup> Global Historical Climatology Network

<sup>5</sup>  $T_{\text{cold}}$ : a leghidegebb hónap átlaghőmérséklete (°C)

<sup>6</sup>  $T_{\text{hot}}$ : a legmelegebb hónap átlaghőmérséklete (°C)

<sup>7</sup>  $T_{\text{mon}10}$ : azon hónapok száma, amelyek átlaghőmérséklete 10°C feletti

*Köppen* (1931, 1936) éghajlat-osztályozási rendszerének regionális alkalmazására is születtek kísérletek, többek között Brazília vagy Magyarország éghajlatának jellemzésére. Brazíliában az első átfogó klímaterkép elkészítése *Köppen* (1931) kritériumrendszere alapján *Sparovek et al.* (2007) nevéhez köthető. Majd *Alvares et al.* (2014) Brazília térségére egy finomabb térbeli felbontású (1 ha) klímaterképpel állt elő, tanulmányában *Köppen* (1936) módszerét alkalmazva. *Köppen* (1936) klímaklasszifikációs módszerét hazai vonatkozásban elsőként *Réthly* (1933), napjainkban pedig *Szelepcsényi et al.* (2009b), illetve *Fábián és Matyasovszky* (2010) elemezte. Az eredmények alapján elmondható, hogy *Köppen* (1931, 1936) módszere alkalmas Brazília éghajlatának részletes jellemzésére. Ugyanakkor, ez Magyarország esetében nem mondható el, ugyanis hazánk éghajlata nagyfokú területi homogenitást mutat *Köppen* (1936) módszere szerint. Ennek oka a két terület területi kiterjedésében keresendő. Brazília esetében az ország szélessége észak-déli irányban megközelítően 4200 km, mely távolság több, mint 37°-ot jelent, szélességekben kifejezve (*Alvares et al.*, 2014). Míg Magyarország szélessége mindössze 320 km, hosszúsága pedig 520 km. Ilyen módon Brazíliában a globális modellekkel kapott eredmények jóval reprezentatívabbak, *Köppen* (1931, 1936) módszerének esetében három klímaövezet (A, B, C) is kirajzolódik. Azonban hazánkban a globális modellek regionális finomhangolása nélkül nem jelennek meg a mezoklíma-szerkezetek.

*Thornthwaite* (1948) módszere *Köppen* (1936) módszeréhez képest nagyobb komplexitást mutat, ugyanis klímaklasszifikációjában a csapadék és a hőmérséklet integrált mutatóját, az evapotranszspirációt is becsülte. Jóllehet, nem tényleges evapotranszspirációt használt modellében, ami a légkör mellett a talaj állapotától is függ, hanem csak potenciális evapotranszspirációt, de bizonyos módon a talaj tulajdonságait is számításba vette. Ugyanis a talaj hasznos vízkészletének figyelembe vételével, a csapadék és a potenciális evapotranszspiráció mérlege alapján becsülte egy adott terület vízháztartását (*Ács et al.*, 2013). *Thornthwaite* (1948) *Köppen*hez (1936) hasonlóan klímaképletekkel definiálja a lehetséges klímátípusokat. Az évi karakterisztikákat a klímaképlet első két betűje jellemzi, míg az utolsó két betű a szezonális karakterisztikákra utal.

*Thornthwaite* (1948) módszerét globális léptékben *Feddema* (2005) dolgozta át. *Thornthwaite* (1948) klasszifikációja a vízellátottság évszakos jellemzésekor az éghajlat

száraz, illetve nedves jellege alapján az éves humiditási vagy ariditási indexek kiszámításával foglalkozik, ezenkívül a klímaképletek 4. betűje is szezonalitást, a nyári hőellátottságot írják le. Mivel *Thorntwaite* (1948) esetében a szezonalitási mutatók meghatározása hosszas számításokat igényel, *Feddema* (2005) egyetlen, de egyszerűbben megadható szezonalitási indexet definiál. A rendelkezésre álló vízforgalom éven belüli változékonysága elegendően reprezentálja a szezonális mértékét. *Feddema* (2005), a könnyebb értelmezhetőség kedvéért, elhagyta a klímaképleteket, valamint az egyes mutatókban lecsökkentette a kategóriákat, vagyis az éghajlati osztályok számát *Thorntwaite* (1948) eredeti modelléhez képest.

*Villmow* (1962) kontinentális léptékben, mégpedig Európa éghajlatának meghatározására használta fel *Thorntwaite* (1948) módszerét. Az alpesi régió éghajlatának *Thorntwaite* (1948) klasszifikációja szerinti jellemzéséhez *Villmow* (1962) Európára vonatkozó klímaterképét vettem alapul. A *Függelék F2. ábráján* Európa vízellátottságát láthatjuk, *Thorntwaite* (1948) módszere alapján (*Villmow*, 1962). Az alpesi régió vízellátottságát döntően a **B<sub>2</sub>** humid – **A** perhumid típusok határozzák meg. A **B<sub>1</sub>** humid típus jellemzően a Jura-hegységben és az Elő-Alpok északi részén fordul elő. Az Osztrák-gránitfennsíkon, a Bécsi-erdőben és a Bécsi-medencében a **C<sub>2</sub>** nedves szubhumid klímátípus jellemző. A vízellátottság szezonális jellegét szemléltető térképet a *Függelék F3. ábráján* láthatjuk. Svájc és Ausztria csaknem teljes területén az **r** (kicsi vagy nincs vízhiány) típus jellemző. Az **s** (közepes nyári vízhiány) csak Ausztria Magyarországgal határos vidékein fordul elő. A hőellátottság tekintetében (*Függelék F4. ábra*) *Thorntwaite* (1948) módszere területi homogenitást mutat az alpesi régióban, mivel Svájc és Ausztria területén kizárólag csak a **B'<sub>1</sub>** mezotermális típus található meg. A hőellátottság szezonális jellegének területi eloszlását a *Függelék F5. ábrája* szemlélteti. A vizsgált régió túlnyomó részén a **b'<sub>3</sub>** mezotermális típus jellemző, mindössze Svájc Franciaországgal határos vidékein fordul elő a **b'<sub>4</sub>** mezotermális típus.

*Thorntwaite* (1948) klasszifikációját regionális léptékben is alkalmazták. Nemzetközi viszonylatban *Garnier* (1950) Új-Zéland klímájának meghatározására használta fel a módszert. *Thorntwaite* (1948) módszerét hazánkban elsőként *Berényi* (1943), majd *Szesztay* (1958), *Kakas* (1960), *Szász* (1963), *Szepesiné* (1966), *Drucza és Ács* (2006), *Ács et al.*

(2007), *Breuer* (2007), más módszerekkel összehasonlítva pedig *Szelepcsényi et al.* (2009b) vizsgálták. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy hazánk hőellátottságbeli területi változatosságának jellemzésére nem alkalmas *Thornthwaite* (1948) módszere, mivel a hőellátottságban nagy területi homogenitást mutat. Azonban a vízellátottságbeli különbségeket jól érzékelteti a módszer. A jövőre vonatkozó alkalmazások Magyarország területére *Drucza* (2008) és *Bartholy et al.* (2003, 2004), a Kárpát-medence térségére pedig *Szelepcsényi* (2012) nevéhez fűződik.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Felhasznált adatok

Az 1901–2000 közötti időszakra vonatkozó csapadék és hőmérséklet adatokat a CRU TS 1.2 adatbázisból vettük (*Mitchell et al.*, 2004). A vizsgált terület az É 45,667°–49,167°-os szélességi, valamint a K 5,833°–17,333°-os hosszúsági körök által közrefogott térrész, amit az adatbázis 1/6°×1/6°-os horizontális felbontással fed le. Ennek megfelelően a számításokat 1536 db rácspontra végeztük el, melyek között a rácstávolság megközelítően 18 km volt. A száz éves idősor adatokból harminc és ötven éves átlagokat képeztünk, így rendre összesen 71 db, illetve 51 db havi csapadékösszeg és hőmérséklet mezővel rendelkezünk.

### 2.2. Alkalmazott módszerek

#### 2.2.1. *Feddema* (2005) éghajlat-osztályozási módszere

*Feddema* (2005) éghajlat-osztályozási rendszere globális skálán értelmezett biofizikai jellegű klímaklasszifikáció, ami lényegében az eredeti *Thornthwaite*-féle klímaosztályozás (1948) továbbfejlesztésének tekinthető. A módosítás, amellett, hogy komplexitását megőrizte, *Thornthwaite* (1948) módszerének könnyebb kezelhetőségére irányult. *Feddema* (2005), *Thornthwaite* (1948) eredeti módszerével szemben, elhagyta a klímaképleteket, továbbá az éghajlati osztályok számát is lecsökkentette. *Feddema* (2005) módszere a termikus, a nedvességi, a szezonális és a szezonális típusát kifejező tényezőket vizsgálja egy adott térség klímájának meghatározására.

#### a) Termikus tényező

*Thornthwaite* (1948) modelljéhez hasonlóan, *Feddema* (2005) esetében is a potenciális evapotranszpiráció (PET) szolgál a hőellátottság jellemzésére. A PET értékek, a havi átlaghőmérséklet és a potenciális napfénytartam ismeretében, *McKenney és Rosenberg* (1993) parametrizációja alapján állapíthatók meg. A PET értékei alapján 300 mm-es léptékben haladva hat hőellátottsági kategória különbözethető meg a termikus állapot jellemzésekor (*I. táblázat*).

HŐELLÁTOTSÁGI KATEGÓRIA	PET [mmév <sup>-1</sup> ]
forró	> 1500
nagyon meleg	1200–1500
meleg	900–1200
hűvös	600–900
hideg	300–600
fagyos	0–300

I. táblázat

*Feddema* (2005) módszerének hőellátottsági kategóriái. PET = potenciális evapotranspiráció

b) Nedvességi tényező

A terület vízháztartásának becslésével, vagyis a talajban és a növényzetben végbemenő vízforgalom ismeretében állapítható meg a nedvességi tényező. A vízellátottság jellemzésére a csapadék és a potenciális evapotranspiráció mérlege alapján (*Willmott és Feddema*, 1992) számított nedvességi index ( $I_m$ ) szolgál, eltérve *Thornthwaite* (1948) számítási eljárásától. A nedvességi index értékei alapján 0,33-os léptékben haladva hat vízellátottsági kategória definiálható (*II. táblázat*).

VÍZELLÁTOTSÁGI KATEGÓRIA	NEDVESSÉGI INDEX ( $I_m$ )
nagyon nedves	0,66–1
nedves	0,33–0,66
nyirkos	0–0,33
száraz	-0,33–0
szemiarid	-0,66–(-0,33)
arid	-1–(-0,66)

II. táblázat

*Feddema* (2005) módszerének nedvességi kategóriái

c) Szezonális tényező

*Thornthwaite* (1948) szezonális mutatóinak meghatározása hosszas számításokat igényel, valamint egyes klímátípusok esetében nehezen értelmezhetők. Emiatt *Feddema* (2005) egyetlen olyan szezonális indexet vezetett be, amely a havi nedvességi index

értékek éven belüli változékonyságán alapulva egyszerre alkalmas a víz- és a hőellátottság szezonális jellemzésére. Az éves  $I_m$ -változás mértékének megfelelően négy szezonális kategória különböztethető meg (III. táblázat).

SZEZONALITÁSI KATEGÓRIA	ÉVES $I_m$ -VÁLTOZÁS
kis	0–0,5
közepes	0,5–1
nagy	1–1,5
extrém	1,5–2

**III. táblázat**

*Feddema* (2005) módszerének szezonális mérték kategóriái

d) A szezonális típusa

*Feddema* (2005) negyedik tényezője a szezonális típusát vizsgálja. A havi csapadék és PET értékek évi ingadozásának aránya alapján a szezonális típusa három kategóriába sorolható (IV. táblázat). Észrevehető, hogy extrém esetekben egyetlen klímaváltozó okozza a szezonálisitást, míg a másik klímaváltozó éven belüli változása ehhez képest elhanyagolható, és így évközben közel állandónak tekinthető.

KLÍMAVÁLTOZÓ	ÉVES P-VÁLTOZÁS/ÉVES PET-VÁLTOZÁS
hőmérséklet	< 0,5
hőmérséklet és csapadék	0,5–2
csapadék	> 2

**IV. táblázat**

*Feddema* (2005) módszerének szezonális típusát kifejező kategóriái. P = csapadék, PET = potenciális evapotranszpiráció

**2.2.2. Az alpesi régióra finomhangolt Feddema-módszer**

Fontos megjegyeznünk, hogy a térség mezoklimáinak reprodukálására is alkalmas módosított kritériumrendszer kidolgozásakor az adatok tér-időbeli felbontása változatlan maradt. A módosított kritériumrendszert az eredeti kritériumrendszer alapján vezettük be



úgy, hogy a különböző kategóriákba eső esetek száma minél homogénebb (közel azonos számú) eloszlást mutasson.

a) Az alpesi régióra finomhangolt termikus tényező

A vizsgált terület termikus állapota nagyfokú homogenitást mutat *Feddema* (2005) módszere alapján. Mindössze két hőellátottsági kategória – a hűvös és a hideg – jellemző. Az új kategóriák megalkotása a hideg típus két alkategóriára és a hűvös típus három alkategóriára való bontásával történt, úgy, hogy az előfordulások száma minél egyenletesebb eloszlású legyen (*V. táblázat*).

HŐELLÁTOTTÁGI KATEGÓRIA	PET [mmév <sup>-1</sup> ]
hűvös	600–800
mérsékeltlen hideg	545–600
hideg	300–545

**V. táblázat**

Az alpesi régióra finomhangolt Feddema-módszer hőellátottsági kategóriái.  
PET = potenciális evapotranszpiráció

b) Az alpesi régióra finomhangolt nedvességi tényező

*Feddema* (2005) szerint a régióban négy nedvességi típus különböztethető meg. Az Alpok régiójára finomhangolt osztályozás kidolgozásakor a száraz, nyirkos, valamint a nagyon nedves tartományokat változatlanul hagytuk. A módosítást csupán a nedves kategória esetében tartottuk indokoltnak, bontva azt egy nedves és egy mérsékeltlen nedves alkategóriára (*VI. táblázat*).

VÍZELLÁTOTTÁGI KATEGÓRIA	NEDVESSÉGI INDEX (I <sub>m</sub> )
nagyon nedves	0,66–1
nedves	0,47–0,66
mérsékeltlen nedves	0,33–0,47
nyirkos	0–0,33
száraz	-0,33–0

## VI. táblázat

Az alpesi régióra finomhangolt Feddema-módszer nedvességi kategóriái

### c) Az alpesi régióra finomhangolt szezonális tényező

A szezonális mértékét illetően mind a négy eredeti típus (*Feddema*, 2005) megtalálható. Egyedül a nagy szezonálissal jellemzett tartományt osztottuk fel egy nagy és egy nagyon nagy altípusra (*VII. táblázat*).

---

SZEZONALITÁSI KATEGÓRIA	ÉVES $I_m$ -VÁLTOZÁS
kis	0–0,5
közepes	0,5–1
nagy	1–1,25
nagyon nagy	1,25–1,5
extrém	1,5–2

## VII. táblázat

Az alpesi régióra finomhangolt Feddema-módszer szezonális mérték kategóriái

### d) A szezonális típusa

A szezonális típusát tekintve nem történt módosítás a *Feddema*-féle eredeti kategóriarendszerhez (2005) képest.

## 3. Eredmények

### 3.1. Az alpesi régió éghajlata *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján

#### 3.1.1. Harminc éves periódusok

##### 3.1.1.1. Az 1901–1930 közötti időszak

Az alpesi régió 1901–1930 közötti időszakra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlati képét az 1. ábrán láthatjuk. A század elején Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:

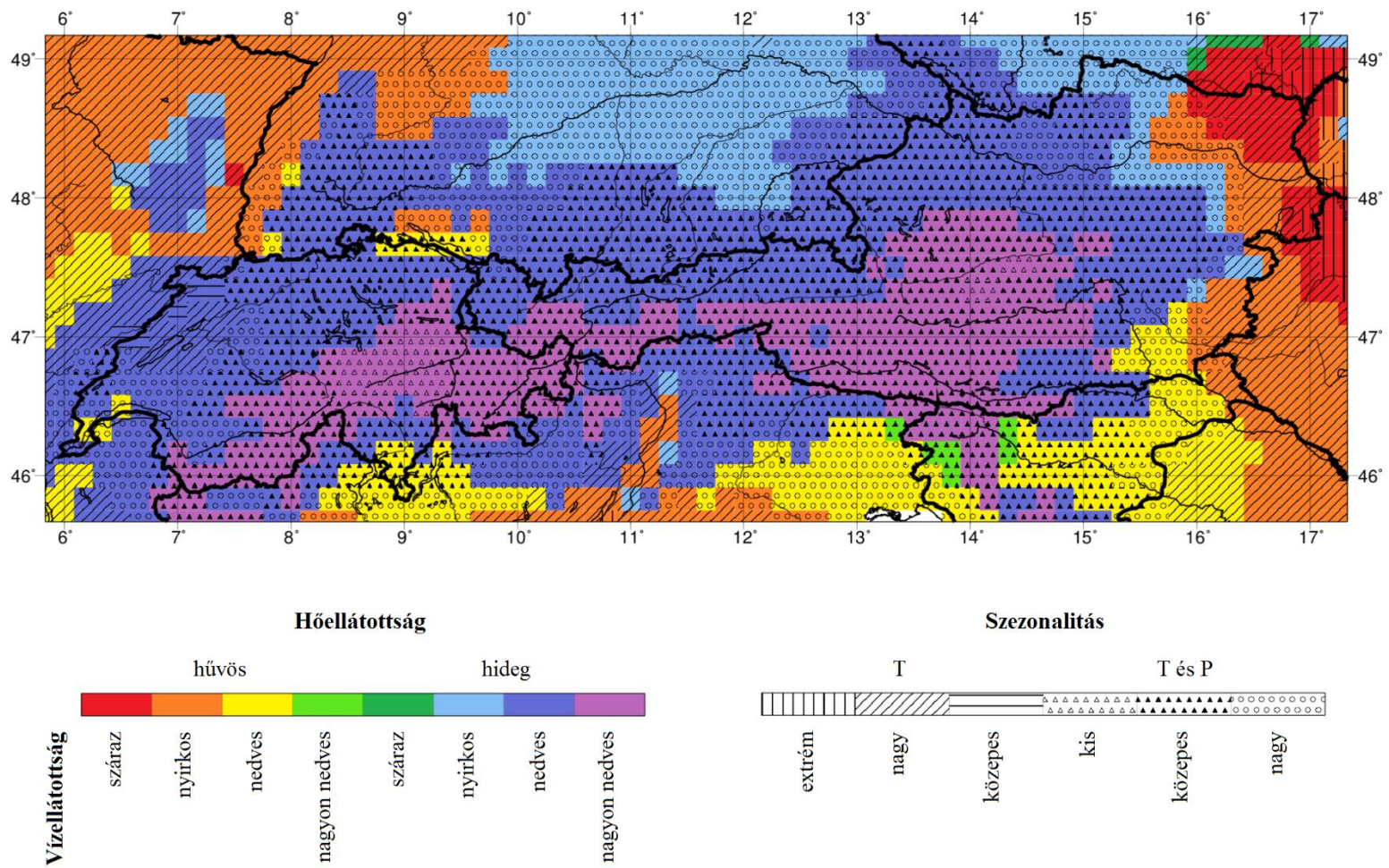
- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T<sup>8</sup> extrém, b) a T nagy és c) a T és a P<sup>9</sup> nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 4) hideg–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 5) hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T közepes, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 6) hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

Amennyiben összesítjük az évi karakterisztikák (számok) és az éven belüli változások (betűk) típusait, tizenöt klímátípust kapunk a két ország területén. A vizsgált régió változatos éghajlatát inkább a nedvességbeli, mintsem a hőellátottságbeli különbségek eredményezik, ugyanis a terület termikus állapota egymást követő hőellátottsági kategóriákba sorolható. A

---

<sup>8</sup> T: hőmérséklet

<sup>9</sup> T és P: hőmérséklet és csapadék



1. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján az 1901–1930 közötti időszakra vonatkozóan

hegyvidéki területek tipikusan hideg, míg az alacsonyabban fekvő területek, tóvidékek és az Ausztria keleti részén található folyóvölgyek tipikusan hűvös éghajlati típusba tartoznak. Mindemellett az évszakos ingadozások is jelentősen hozzájárulnak a kapott éghajlati kép kialakításához. A tipikus ingadozás típus a hőmérséklet és a csapadék együttes ingadozása nagy vagy kisebb mértékben. A kontinentális hatást tükröző hőmérséklet–ingadozás, melynek mértéke főként közepes vagy nagy, az alacsonyabb – alföldi vagy fennsíki jelleggel is rendelkező – területeken fordul elő.

Mindkét ország hegyvidéki területei, úgymint a Nyugati-Alpok svájci része, a Jura-hegység, az előbbieket között elterülő Svájci-fennsík, továbbá Ausztriában a Keleti-Alpok magashegységei, az alpi vonulatokat északról kísérő Elő-Alpok dombvidéke, valamint a Dunától északabbra fekvő Mühlviertel, Weinsbergi-erdő és Waldviertel térsége nagyrészt hideg–nedves klímával rendelkeznek. Ennél nedvesebb („nagyon nedves” vízellátottság) területek a magasabban fekvő vonulatokban fordulnak elő. Míg továbbra is hideg, de szárazabb („nyirkos” vízellátottság) területek pedig a Thaya folyó mentén, az Osztrák-gránitfennsík (a Cseh-masszívum Ausztriába átnyúló része) két nagy tájegysége (Wald- és Weinviertel) között húzódó Manhartsberg környékén, a Wachau völgyoszoróban és az azt délkeletről övező Dunkelsteinerwald térségében, a Bécsi-erdőben és az attól délebbre fekvő Kőmező területén, illetve a Répce forrásvidékén és a Wechsel hegységtől délre fekvő vidéken található. A domborzati viszonyoknak megfelelően Svájcban többnyire délkelet–északnyugati irányú, Ausztriában délnyugat–északkeleti irányú higrikus gradiens figyelhető meg.

Az alapvetően hideg–nedves klímájú hegyvidékhez képest melegebb („hűvös” hőellátottság) területek Svájcban a tavak környékén, pontosabban a Genfi-, a Boden- és a Luganói- tó vidékén, Ausztriában a Nyugat- és a Kelet-Stájer-dombságon, a Grazi-medencében, valamint a Mura és a Rába között fordulnak elő.

A Pannon-alföld Ausztriában található részén nagyrészt hűvös–nyirkos klímátípus jellemző, ennél szárazabb területek („száraz” vízellátottság) a Bécsi-medencétől északra elhelyezkedő Weinviertelben, valamint a Fertőzugban figyelhetők meg.

Svájcban a hűvös–nyirkos éghajlati típus csak érintőlegesen fordul elő, egyedül a svájci–német–francia hármashatárnál fekvő Riehen városában található meg.

A vizsgált régióban főként a hőmérséklet és a csapadék kombinált ingadozása határozza meg a szezonalitást. Majdhogynem a teljes Alpokban, a Jura-hegység és a Svájci-fennsík északkeleti részein, a Lac de Joux tóvidéken, Ausztriában az Elő-Alpokban és az Osztrák-gránitfennsík egyes részein a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása jellemző. Az ingadozás mérséklődik (a hőmérséklet és a csapadék „kis” ingadozása) a Glarusi-Alpokban, illetve az Alacsony-Tauernben. Ugyanakkor erősödik az ingadozás (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) a Genfi-tó környékén, a Svájci-fennsík és a Berni-Alpok délnyugati területein, Ausztriában a Bregenzi-erdőben, az Osztrák-gránitfennsík és a Duna-völgy nagy részében, a Keleti-Alpok legkeletibb lankáin, valamint a Mura-Rába völgyében.

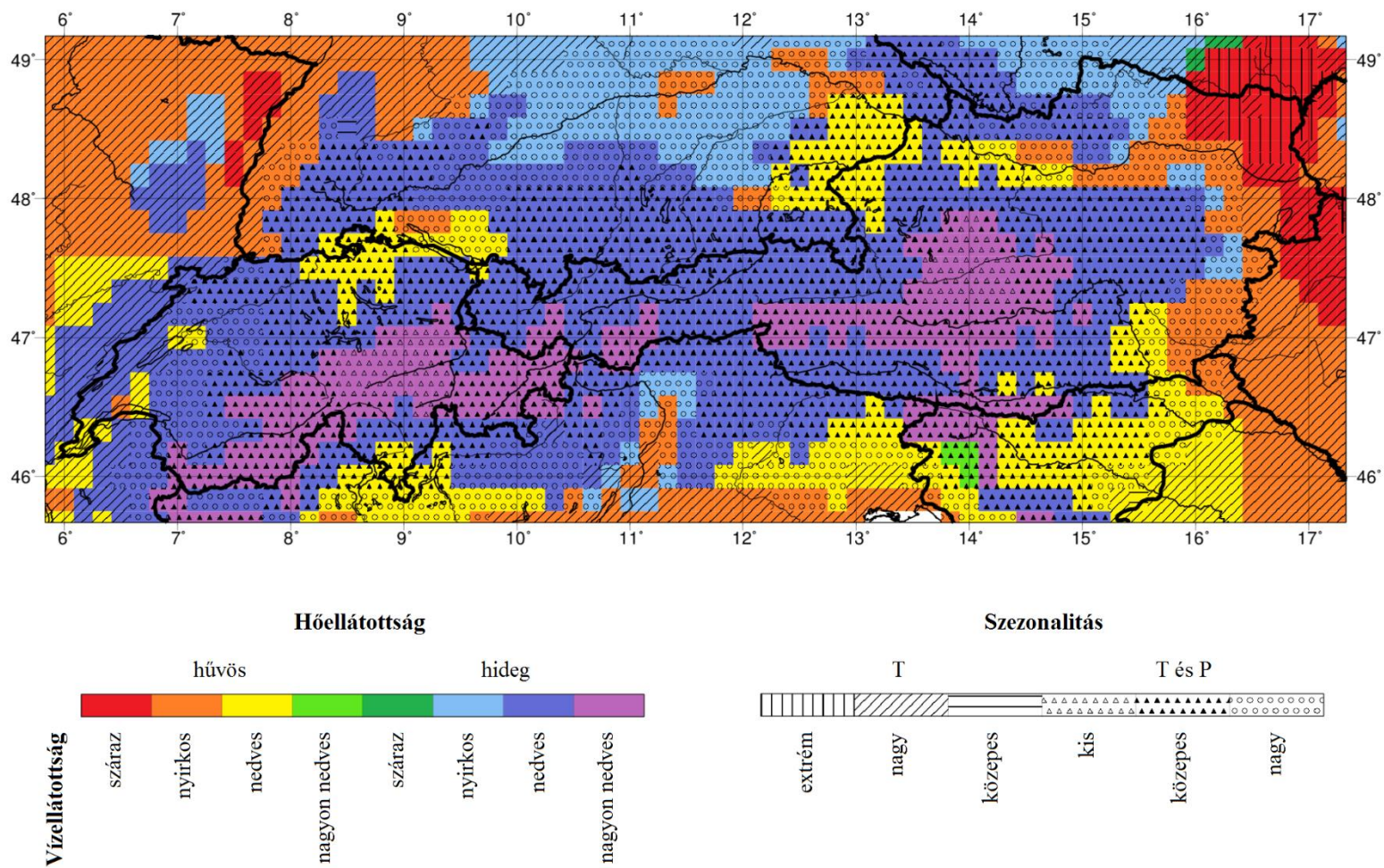
Ausztria keleti országrészén a klíma egyre inkább kontinentális jelleget ölt a hőmérséklet nagy ingadozásának köszönhetően. Az ingadozás tovább erősödik (a hőmérséklet „extrém” ingadozása) az osztrák–cseh–szlovák határ közelében, illetve a Fertőzugban. Svájcban a hőmérséklet évi ingadozása csak kis területen fordul elő, az ingadozás mértéke nagy a Neuchâtel-, Bieli- és Murteni-tó vidékén, míg az északabbra fekvő Jura-hegység egyes területein közepes.

### **3.1.1.2. Az 1936–1965 közötti időszak**

Az alpesi régió 1936–1965 közötti időszakra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlati képét a 2. ábrán láthatjuk. A század közepén Svájc és Ausztria területén a következő klímatispusok figyelhetők meg:

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém és b) a T nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,





2. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján az 1936–1965 közötti időszakra vonatkozóan

4) hideg–nyirkos éghajlat

a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,

5) hideg–nedves éghajlat

a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,

6) hideg–nagyon nedves éghajlat

a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

A század eleji állapotokhoz képest a hűvös–száraz éghajlat a T és a P nagy ingadozásával, valamint a hideg–nedves éghajlat a T közepes ingadozásával klímátípusok eltűntek, míg egy új klímátípus, a hűvös–nedves éghajlat a T nagy ingadozásával, megjelent. Ezek alapján tizennégy klímátípus számolható össze a két ország területén.

A magashegységekben a tipikus klímátípus továbbra is a hideg–nedves, illetve a hideg–nagyon nedves éghajlat. Az ennél szárazabb hideg–nyirkos klímátípus csak jóval kisebb területen figyelhető meg. Ausztriában a Keleti-Alpok legkeletibb lejtőin foltokban van jelen, összefüggő területet csak az Osztrák-gránitfennsík középső részén találhatunk.

Vizsgáljuk meg a magasabb vonulatokban jellemző hideg–nagyon nedves éghajlati típus területi kiterjedését, ugyanis annak visszaszorulása már a század közepén is észrevehető, a Keleti-Alpokban jelentősebb területeket érintve. A nagyon nedves területek közül nedvességi karakterisztikájában szárazabbá („nedves” vízellátottság) vált területek a következők: Svájcban a Glarusi-Alpokban a Waleni-tó vidéke, valamint az Elő-Rajna és a Hátsó-Rajna összefolyásának térsége, a Bernina-hegycsoportban pedig az Inn folyó forrásvidéke. Ausztriában főként a Központi-Alpok egyes részei a nyugati országrészben, valamint a Gail-völgyi-Alpok és az attól északabbra fekvő Dráva völgye váltak szárazabbá. Továbbá foltokban a Salzburgi- és az Osztrák-Mészkőalpokban, illetve a Murától délebbre eső vidékeken figyelhető meg ez a változás.

A tóvidékeken és a folyóvölgyekben a hűvös–nedves klímátípus területi kiterjedése mindkét országban megnőtt a hideg–nedves klímátípus rovására. Hűvös–nedves klímátípussal jellemezhető többek között a Genfi-tó vidéke, a Neuchâtel-tó északi része, a Bieli- és Murteni-tó térsége, valamint a Zugi-tó, és az attól északabbra fekvő területek. Az ugyancsak hűvös–nedves éghajlatú Boden-tó és Luganói-tó térsége a század



eleji állapotokhoz képest változatlan maradt. Ausztriában a hideg–nedves klímájú területek melegedése („hűvös” hőellátottság) főként Felső-Ausztria északnyugati határán, valamint a Duna völgyében figyelhető meg. A Mura-Rába völgyében és a Dráva mentén kisebb mértékben jellemző a hűvös–nedves klímátípus térnyerése.

Továbbá jegyezzük meg, hogy míg a Genfi-tó vidékén érintőlegesen jelenik meg, addig Ausztriában egyre nyugatabbi területeket hódít meg a hűvös–nyirkos éghajlati típus, jelentős területeket szerezve a Duna és a Rába vonalában. Nedvességi karakterisztikájában az ennél szárazabb hűvös–száraz klímátípus pedig a Weinviertel és a Fertőzug mellett már a Morvamezőn is megjelenik a század közepén.

A szezonaritást illetően továbbra is a hőmérséklet és a csapadék közepes ingadozása fordul elő legnagyobb területen. Ennél erősebb mértékű az ingadozás (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) Svájcban a Jura-hegység Bieli-tótól északabbra húzódó részein, a svájci–német–francia hármashatár közelében, a Boden-tó vidékén, a Svájci-fennsík középső részein, valamint azon a területen, ahol a Rhône belefolyik a Genfi-tóba és a Berni-Alpok délnyugati részein. Ausztriában pedig az Osztrák-gránitfennsík nagy részén, majdhogynem a Duna teljes vonalán, az Őrvidék és a Mura-Rába-völgy területén jellemző a hőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása. A hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozásához képest mérsékeltébb ingadozás (a hőmérséklet és a csapadék „kis” ingadozása) a Glarusi-Alpokban, illetve az Enns és a Mura folyók által körülölelt Alacsony-Tauernben továbbra is, a század közepétől pedig az attól északabbra húzódó területeken is jellemző.

Svájcban a Jura-hegység déli részén, a Genfi-tótól egészen a Neuchâtel-tóig kiterjedően a hőmérséklet nagymértékű ingadozása a tipikus. Ausztriában a század közepén a hőmérséklet nagymértékű ingadozása már csak egy keskeny sávban jellemző az északkeleti országrészben, a hőmérséklet és a csapadék együttes, nagymértékű ingadozásával jellemezhető területek térnyerésének köszönhetően. Ezenkívül az osztrák–cseh–szlovák határ közelében a szezonaritás erősödését is figyelemmel kísérhetjük, a század közepén ezen a területen már a hőmérséklet extrém mértékű ingadozása tipikus a nagymértékű ingadozás helyett.

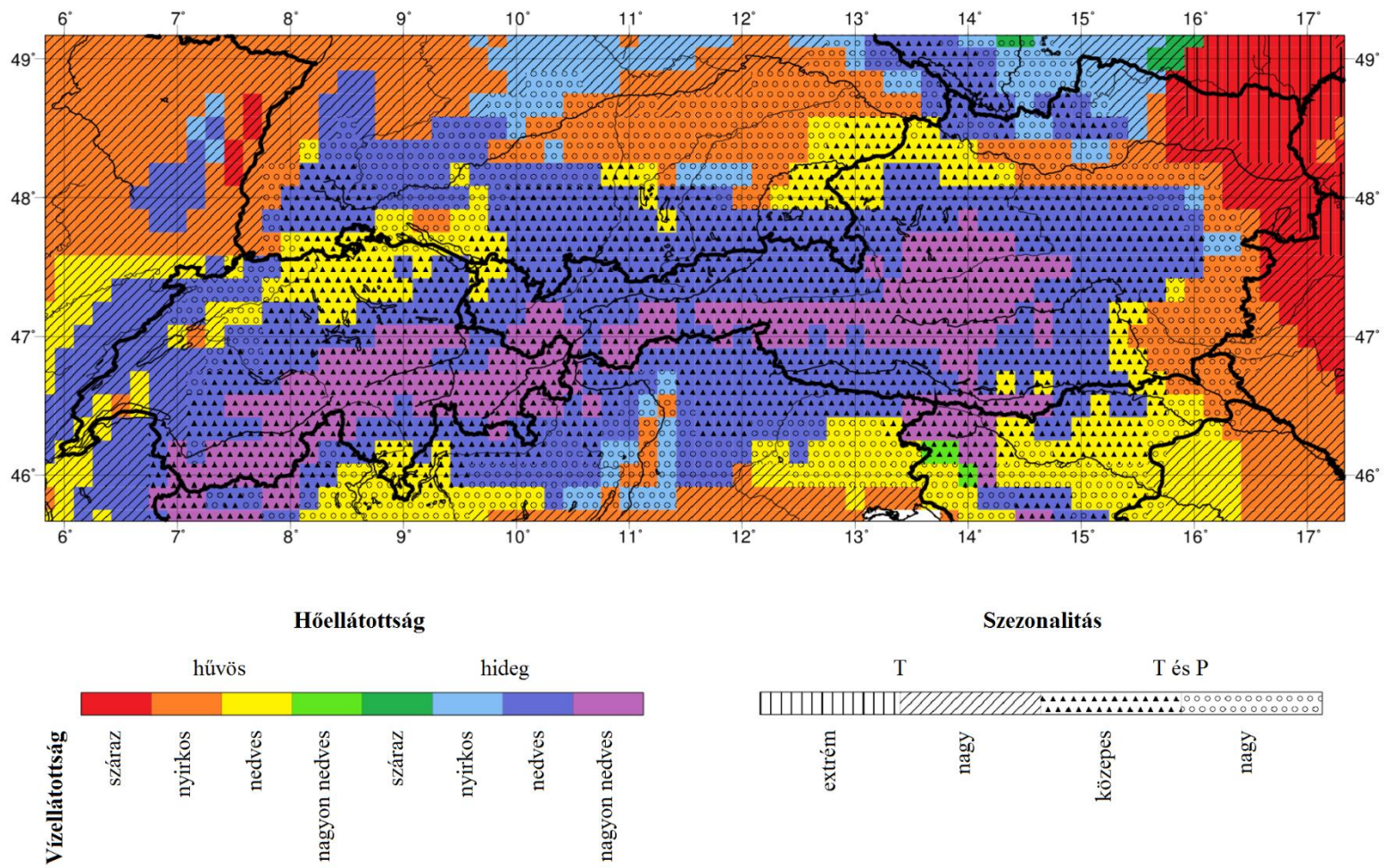
### 3.1.1.3. Az 1971–2000 közötti időszak

Az alpesi régió 1971–2000 közötti időszakra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlati képét a 3. ábrán láthatjuk. A század végén Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém és b) a T nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 4) hideg–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 5) hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 6) hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával.

A század közepén jellemző állapotokhoz képest a század végén egy klímátípussal – a hideg–nagyon nedves éghajlat a T és a P kis ingadozásával – kevesebb van. Így tizenhárom klímátípus számolható össze a két ország területén.

A vizsgált régió uralkodó éghajlata a század végén is a hideg hőellátottságú klímátípusokkal írható le. Az alpesi területek és a Jura-hegység nagyrészt, a Svájci-fennsík déli része, a Dunától északabbra fekvő Mühlviertel nyugati oldala és a Weinsbergi-erdő továbbra is hideg–nedves klímátípussal jellemezhetők. Míg az ennél nedvesebb vízellátottságú hideg–nagyon nedves klímátípus az Alpok magasan fekvő vonulataiban található meg, addig a nedvességi karakterisztikájában a hideg–nedves klímátípusnál szárazabb hideg–nyirkos klímátípus az Osztrák-gránitfennsík középső, dombvidékes tájain, valamint Baden városánál az Osztrák-Mészköalpokban és a Rozália-hegységben figyelhető meg.



3. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

Vegyük észre, hogy a század végén az Alpok egyes részei, a század eleji állapotoknak megfelelően, ismét a hideg–nagyon nedves éghajlati típussal jellemezhetők. Az érintett területek a következők: Svájcban a Bernina-hegycsoport, Ausztriában a Salzburgi-Mécskőalpok bizonyos részei, valamint a Keleti-Alpok központi kristályos vonulata Tirol tartományban. Ezzel szemben a század közepén jellemző állapotokhoz képest tovább szárazodott („nagyon nedves” helyett „nedves” vízellátottság) Svájcban a Waleni-tó és a Rajna-összefolyás vidéke, Ausztriában ez a folyamat az Alacsony-Tauernben, illetve az attól északabbra és délebbre eső területeken figyelhető meg.

A hűvös hőellátottságú területek térnyerése is szembetűnő. A század végén a Svájci-fennsík északi vidékén a hűvös–nedves klímátípus jellemző, beleértve a Genfi-tó környékét, a Neuchâtel-tó térségét, az Aare folyó völgyét a Bieli-tavon átfolyva egészen a torkolatig, továbbá a Zürichi- és a Zugi-tó vidékét, valamint a Bodentó térségét. Ezen kívül Svájc északnyugati, Franciaországgal határos vidékén és a Luganói-tónál is megtalálható a hűvös–nedves klímátípus. Ausztriában mind a hűvös–nedves, mind a hűvös–nyirkos klímátípus nyugatabbra történő áthelyeződése figyelhető meg. A nedvesebb klímájú területek („nedves” vízellátottság) a Bregenzi-erdőben, az Elő-Alpok Felső-Ausztria tartományában található részén, a Nyugat-Stájer-dombságon és a Grazi-hegyekben összefüggő területet képeznek, azonban a Fischbachi-Alpokban, valamint a Dráva folyó mentén csak foltokban van jelen a hűvös–nedves klímátípus. A szárazabb klímájú területek („nyirkos” vízellátottság) a Duna völgyének középső szakaszán és a délkeleti országrészen, úgymint a Mura és a Rába között elterülő folyó völgyben, a Kelet-Stájer-dombságon, a Felső-órségben, az Órvidék nagy részén, illetve Bécestől délebbre fekvő Kőmező térségében fordulnak elő. Svájcban a hűvös–nyirkos klímátípussal továbbra is csak elvétve találkozhatunk a Genfi-, illetve a Bieli- és Murteni-tó vidékén. A Pannon-alföld Ausztriába átnyúló része pedig javarészt a hűvös–száraz éghajlati típussal írható le.

A szezonalitást tekintve a század végére mind Svájcban a Glarusi-Alpokban, mind Ausztriában az Alacsony-Tauernben, és az attól északabbra húzódó Salzburgi-Mécskőalpokban a hőmérséklet és a csapadék kismértékű ingadozását felváltotta az ugyancsak hőmérséklet és csapadék együttes, de már közepes mértékű ingadozása. Ezek alapján kijelenthető, hogy a vizsgált régióban az Alpok csaknem teljes területén kizárólag a

hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása jellemző. A hőmérséklet és a csapadék ingadozásának mértéke erősebb (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) a svájci–német–francia hármashatár közelében, a Jura-hegység északkeleti részén, a Svájci-fennsíkon jórészt az Aare folyó völgyében és a Boden-tó túlnyomó részén. Kisebb területen pedig a Luganói-tóvidéken és a Rhône folyó mentén, Martigny városától nem messze is előfordul ez a szezonális típus. Ausztriában a hőmérséklet és a csapadék nagy ingadozása a Mühlviertel és a Waldviertel nagy részén, a Wachau völgyes részétől nyugatra, végig a Duna mentén, továbbá az Osztrák-Mészközpok keleti oldalán és az ország délkeleti tájegységein, úgymint a Mura-Rába völgyében, a Felsőörségben, illetve az Őrvidéken tipikus.

Svájcban a nagy hőmérséklet ingadozású területek döntően a Jura-hegység és a Svájci-fennsík délnyugati vidékein – a Genfi-tótól egészen a Bieli-tóig kiterjedően – fordulnak elő. Ausztriában az Osztrák-gránitfennsík középső területein, a Dunkelsteinerwald térségében, a Tullni-mezőn, a Bécsi-medencében és a Fertő-tó környékén határozza meg a szezonális hőmérséklet nagymértékű ingadozása. A Weinviertelben és a Fertőzugban erősebb az évszakos ingadozás mértéke, itt a hőmérséklet extrém ingadozása a jellemző szezonális típus.

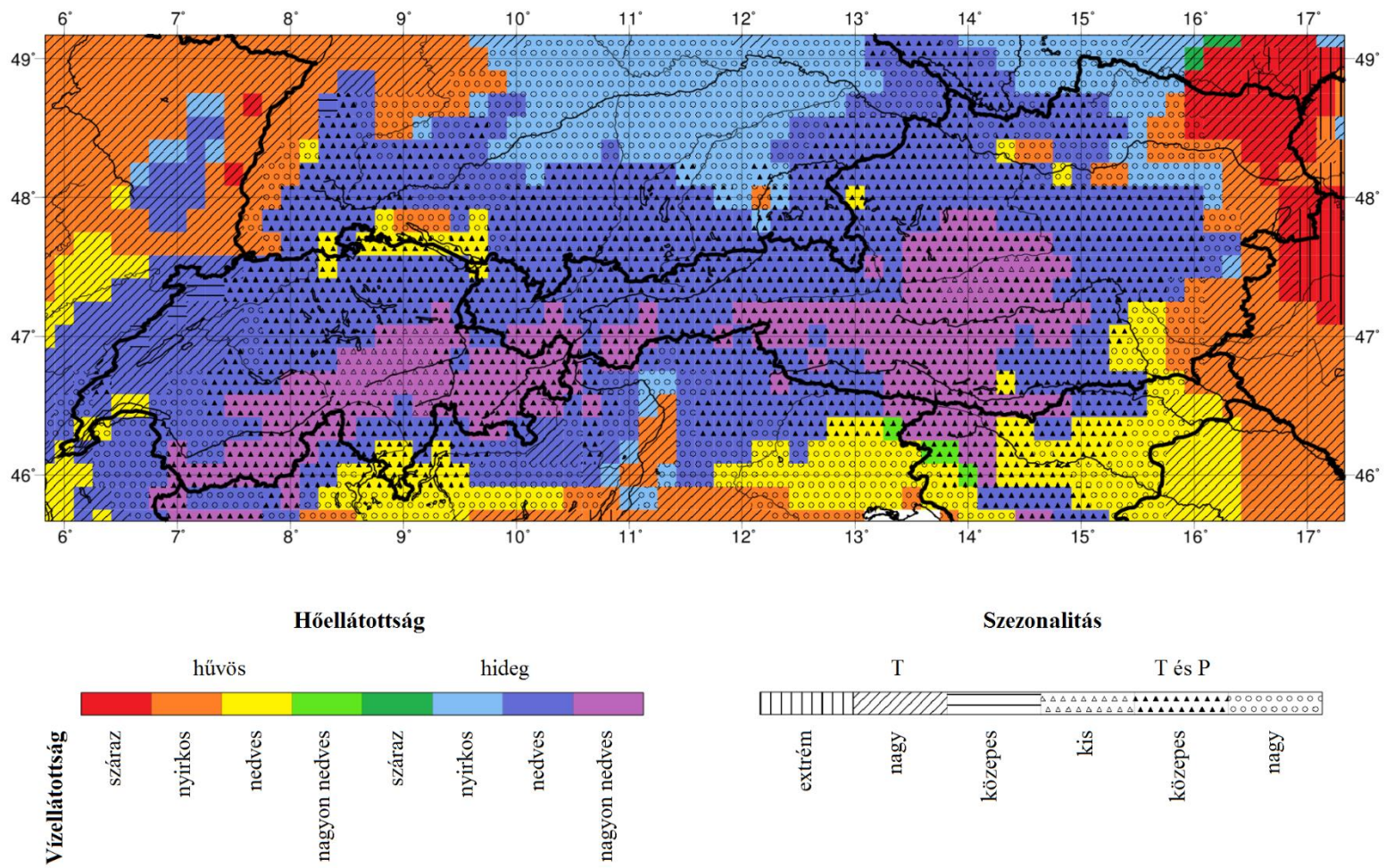
### **3.1.2. Ötven éves periódusok**

#### **3.1.2.1. Az 1901–1950 közötti időszak**

Az alpesi régió 1901–1950 közötti időszakra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlati képét a 4. ábrán láthatjuk. A század első felében Svájc és Ausztria területén a következő klímatispusok figyelhetők meg:

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém, b) a T nagy és c) a T és a P nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,





4. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján az 1901–1950 közötti időszakra vonatkozóan

4) hideg–nyirkos éghajlat

a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,

5) hideg–nedves éghajlat

a) a T nagy, b) a T közepes, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,

6) hideg–nagyon nedves éghajlat

a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

Az évi karakterisztikák és az éven belüli változások típusait összesítve, tizenhat klímátípust különböztethetünk meg a két ország területén.

A vizsgált régió hegyvidéki és fennsíki területein, vagyis az Alpokban, a Jura-hegységben, a Svájci-fennsík túlnyomó részén, az Elő-Alpokban és az Osztrák-gránitfennsík magasabban fekvő vidékein, hideg–nedves az éghajlat. Az ennél nedvesebb hideg–nagyon nedves klímátípus az Alpok magasabb vonulataiban jellemző. A Waldviertelben, kiváltképp a Thaya folyó mentén és az azt környező vidékeken, a Wachau völgyoszoróban és átellenesen, a Duna jobb partján található Dunkelsteinerwald területén, továbbá a Bécsi-erdőben, illetve a Gyöngyös, Répce folyók forrásvidékén hideg–nyirkos klímájú területekkel találkozhatunk.

Melegebb, azaz hűvös hőellátottságú területek Svájcban inkább a tóvidékeken, Ausztriában inkább a keleti országrészben, az alacsonyabban fekvő területeken jellemző. A hűvös–nedves klímátípus a Luganói-tóvidéken, a Genfi-tó térségében, a Svájci-fennsík északkeleti csücskében, a Boden-tó vidékén, valamint a svájci-német határnál az Aare folyó völgyében figyelhető meg. Ausztriában összefüggőbb területen a Nyugat-Stájer-dombságon és a Mura-Rába-völgyben, nyomokban pedig a Duna középső szakaszán, Salzburg tartományban az Obertrumi-tó és a Grabensee térségében, illetve a Klagenfurti-medencében határozza meg az éghajlatot a hűvös–nedves klímátípus. A nyirkos vízellátottság kizárólag Ausztriában fordul elő, mégpedig döntően Burgenland területén, ezen felül Manhartsbergben, a Tullni-mezőn, a Bécsi-erdőben és a Bécsi medencében is. Kisebb területen a Duna középső szakaszán is találkozhatunk ezzel a klímátípussal. Hűvös–száraz klímájú területek a Weinviertelben és a Fertőzugban figyelhetők meg.

Csaknem a teljes Alpok évszakos ingadozása a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozásával írható le, ugyanis csupán a Glarusi-Alpokban és az Alacsony-Tauernben mérséklődik (a hőmérséklet és a csapadék „kis” ingadozása), a Berni-Alpok nyugati oldalán pedig erősödik (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) az ingadozás mértéke. Az alpesi területeken kívül a Jura-hegység északkeleti tájain, illetve a Lac de Joux tóvidéken, továbbá a Svájci-fennsík keleti részén, Ausztriában az Elő-Alpokban, a Weinsbergi-erdőben, valamint foltokban a Mühlviertelben szintén a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása jellemző. Erősebb, a hőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása a Jura-hegység legdélebbi részén, helyenként a Svájci-fennsíkon, a Mühlviertelben, a Waldviertelben és a Manhartsbergben, illetve az előbbi területeket délről határoló Duna völgyében, továbbá a Bécsi-erdő, a Kőmező, a Rozália-hegység és a Bucklige Welt területén, illetve a Nyugat- és Kelet-Stájer-dombságon, valamint köztük, a Mura és a Rába völgyében határozza meg a szezonalitást.

A hőmérséklet közepes mértékű ingadozásával jellemezhető területek csak szórványosan, a Jura-hegység középső vidékein fordulnak elő. Svájcban az ingadozás erősödik (a hőmérséklet „nagy” ingadozása) a Genfi- és a Neuchâtel-, Bieli-, Murteni-tó környékén. Hasonlóan nagy hőmérséklet ingadozású területeket a Weinviertelben, a Bécsi-erdőben és a Bécsi-medencében, ezen kívül az Észak-burgenlandi-teknőben, Közép-Burgenlandban és a Felsőörségben figyelhetünk meg. Az osztrák-cseh határvidéken található Mikulovi-hegységben és a Fertőzugban a hőmérséklet extrém mértékű ingadozása jellemző.

### **3.1.2.2. Az 1951–2000 közötti időszak**

Az alpesi régió 1951–2000 közötti időszakra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlati képét az 5. ábrán láthatjuk. A század második felében Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:

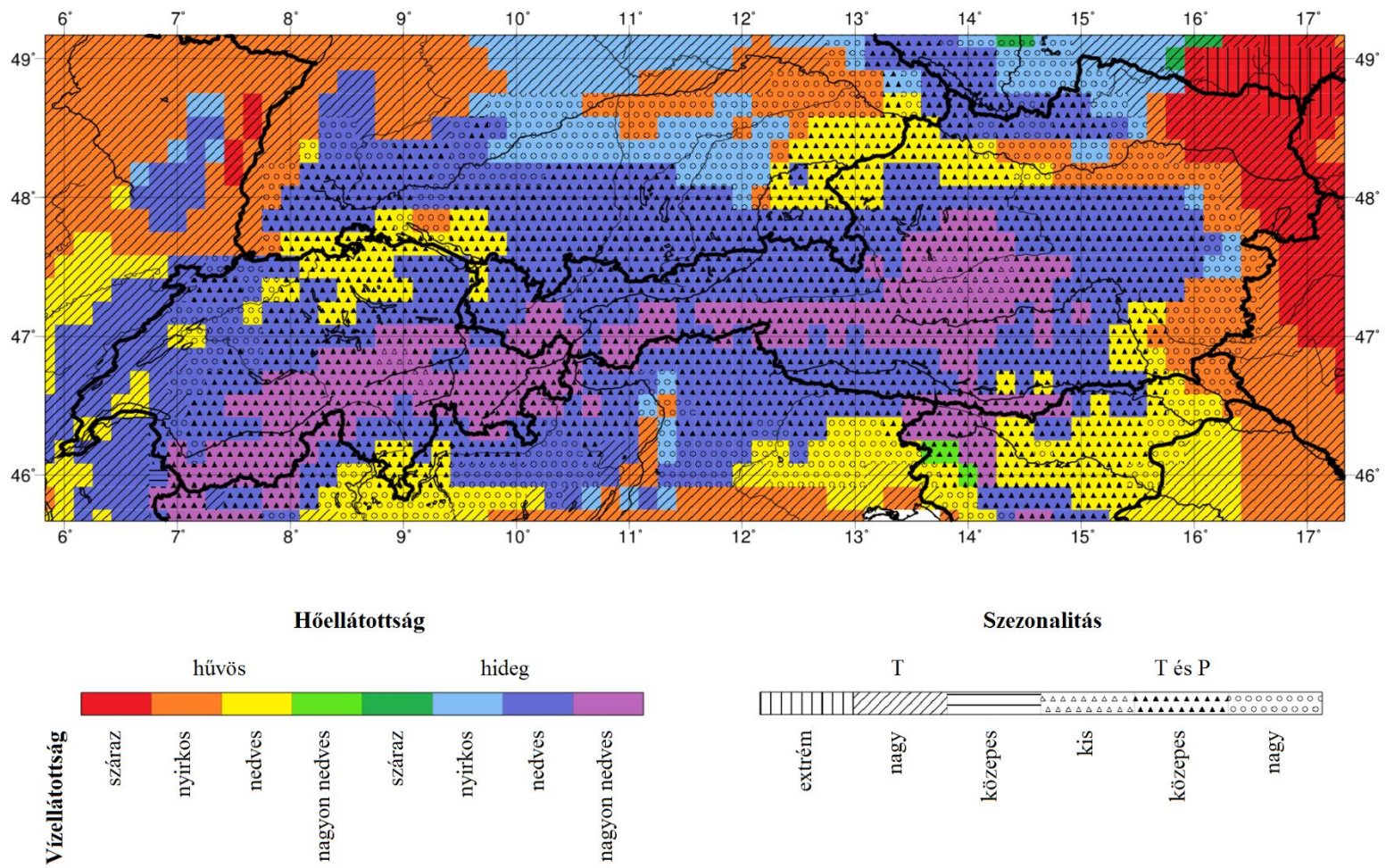
1) hűvös–száraz éghajlat

a) a T extrém és b) a T nagy ingadozásával,

2) hűvös–nyirkos éghajlat

a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,





5. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján az 1951–2000 közötti időszakra vonatkozóan

3) hűvös–nedves éghajlat

a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,

4) hideg–nyirkos éghajlat

a) a T nagy és b) a T és a P nagy ingadozásával,

5) hideg–nedves éghajlat

a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,

6) hideg–nagyon nedves éghajlat

a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

A század első felében jellemző állapotokhoz képest eltűnik a hűvös–száraz éghajlat a T és a P nagy ingadozásával, illetve a hideg–nedves éghajlat a T közepes ingadozásával. Ezzel szemben a hűvös–nyirkos éghajlat a T és a P közepes ingadozásával új klímátípusként jelenik meg. A fentiek alapján tizenöt különböző klímátípus fordul elő a két ország területén.

A hideg–nedves klímátípus a század második felében is az alpesi területek, a Jura-hegység, a Svájci-fennsík és a Weinsbergi-erdő uralkodó éghajlati típusa. Ezen túlmenően a Mühlviertel északi és az Elő-Alpok déli része is hideg–nedves éghajlattal írható le. Az ennél szárazabb, nyirkos vízellátottságú területek a Waldviertelben és az Osztrák-Mészköalpok keleti lejtőin jellemzőek. A hideg–nagyon nedves klímátípussal pedig csupán az Alpok legmagasabban fekvő tájain találkozhatunk. A Glarusi-, a Nori- és a Gail-völgyi-Alpok, valamint a Salzburgi-Mészköalpok bizonyos területein szárazabbá („nedves” vízellátottság) vált az éghajlat az 1901–1950 közötti időszakhoz képest. A század első felében jellemző állapotokhoz képest nedvesebbé („nagyon nedves” vízellátottság) vált területek főleg a Központi-Alpok Tirol tartományban található részén figyelhetők meg, de a Svájci-Alpokban is előfordulnak ilyen területek.

A hűvös–nedves klímátípus területi kiterjedése számottevően megnőtt az Elő-Alpok Dunával szomszédos vidékein, illetve az Innviertelben, Svájcban pedig a Neuchâteli-tó északkeleti részén, a Bieli- és a Murteni-tó vidékén, az Aare folyó mentén Solothurn és Aargau kantonokban, valamint a Zugi- és a Zürichi-tó térségében. Ezen kívül még a Genfi-tó környékén, a Luganói-tóvidéken, továbbá a Bregenzi-erdőben, sőt a Klagenfurti-medencében, a Nyugat-Stájer-dombságon és a Mura-Rába völgyében is megfigyelhető a hűvös–nedves klímátípus. A nedvességi karakterisztikájukban szárazabb, azaz nyirkos

vízellátottságú területek a Manhartsbergben, a Duna középső szakaszán, a Bécsi-erdő túlnyomó részén, valamint a Kabold-Fülesi-dombságon és Dél-Burgenlandban található. A hűvös–száraz klímátípus jellemzően a Weinviertelben, a Bécsi-medencében és az Észak-burgenlandi-teknőben fordul elő.

A szezonalitást illetően az alpesi területek és az Elő-Alpok döntő részén, valamint a Svájci-fennsík északkeleti vidékein a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása jellemző. Ez a szezonalitási típus előfordul a Jura-hegységben, a Mühlviertelben és a Weinsbergi-erdőben, illetve a Grazi-hegyekben és a Nyugat-Stájer-dombságon is. Míg a Glarusi-Alpokban már csak foltokban, addig az Alacsony-Tauernben, a század első feléhez képest, nagyobb területen határozza meg a szezonalitást a hőmérséklet kismértékű ingadozása. Az ingadozás mértéke nagy az Aare folyó völgyének jelentős részén, a Berni-Alpokban pedig csak nyomokban fordul elő a Rhône mentén. Ausztriában a hőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása az Osztrák-Mészköalpokot keletről határoló tájakon, a Duna középső szakaszán, a Mühlviertelben és a Waldviertelben figyelhető meg.

A Jura-hegység és a Svájci-fennsík délnyugati vidékein a hőmérséklet nagymértékű ingadozása határozza meg az évszakai ingadozást. Ausztriában is található ezzel megegyező szezonalitási típusú területek, mégpedig a Waldviertelben a Thaya folyó mentén, a Manhartsberg térségében, a Weinviertelben, a Tullni-mezőn, a Bécsi-medencében és az Észak-burgenlandi-teknőben. Az ingadozás mértéke egyedül az osztrák–cseh–szlovák határvidéken erősödik (a hőmérséklet „extrém” ingadozása).

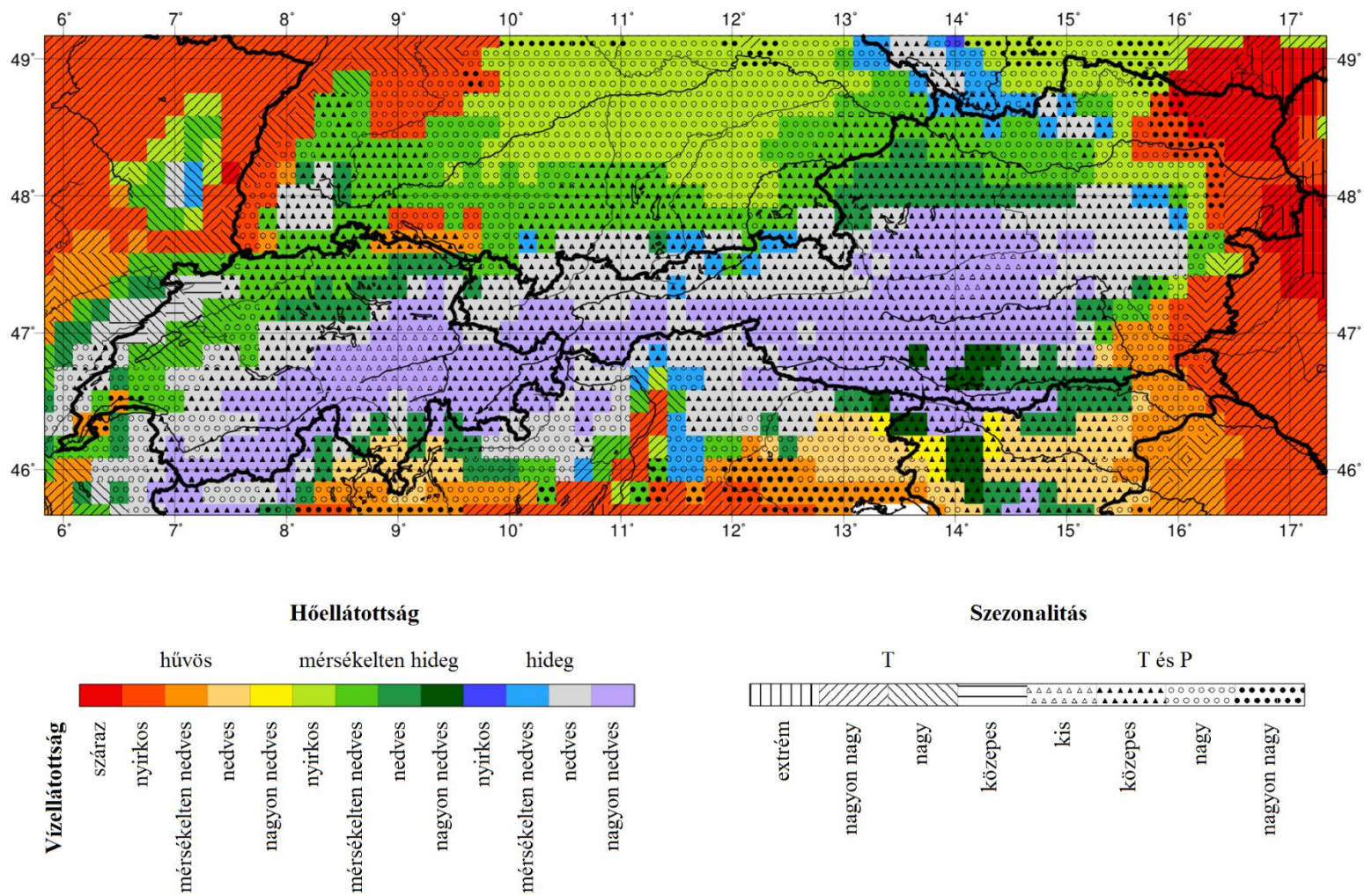
## **3.2. Az alpesi régió éghajlata Feddema finomhangolt modellverziója alapján**

### **3.2.1. Harminc éves periódusok**

#### **3.2.1.1. Az 1901–1930 közötti időszak**

Az alpesi régió 1901–1930 közötti időszakra vonatkozó, Feddema finomhangolt modellverziójával kapott éghajlati képét a 6. ábrán láthatjuk. A század elején Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:





6. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban Feddema finomhangolt modellverziója alapján az 1901–1930 közötti időszakra vonatkozóan

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém, b) a T nagyon nagy és c) a T és a P nagyon nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy, c) a T és a P nagyon nagy és d) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagyon nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 4) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 5) mérsékelt hideg–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy, c) a T és a P nagyon nagy és d) a T és a P nagy ingadozásával,
- 6) mérsékelt hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagyon nagy, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 7) mérsékelt hideg–nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 8) mérsékelt hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával,
- 9) hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 10) hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T közepes, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 11) hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

A finomhangolt verzió tehát összesen harmincegy éghajlati típust különböztet meg, ami elsősorban az évi karakterisztikák finomabb megkülönböztetésének eredménye. A hűvös és a hideg éghajlati típusok közé beiktattuk a mérsékelt hideg éghajlati típust, valamint a nedves éghajlati típust pedig mérsékelt nedves és nedves típusokra bontottuk.

A módosított Feddema-módszerrel kapott klímák a hőellátottságban és a vízellátottságban is jelentős területi változatosságot mutatnak a *Feddema* (2005) klasszifikációhoz képest. Így az ábra színezése meglehetősen gazdagodott, megítélésünk szerint első rálátásra súrolva az áttekinthetlenség határát. Azonban az ábra hosszadalmasabb tanulmányozásával észrevehetjük a térkép sokszínűsége nyújtotta lehetőségeket is. Ugyanis a vizsgált régióban mindkét ország területén egyértelműen elkülönülnek a fontosabb földrajzi tájegységek, kellőképpen érzékeltetve a magasságbeli eltéréseket. A magashegységek, hőellátottságbeli karakterisztikájukat tekintve, hideg klímájú területek, és főként nedves, illetve nagyon nedves vízellátottsággal jellemezhetők. A mérsékelt hideg hőellátottság, döntően mérsékelt nedves vagy nedves vízellátottsággal, kimondottan a fennsíki jelleggel bíró területeken, valamint a magasabban fekvő dombvidékeken figyelhető meg. A medencék és az alacsonyabban fekvő dombvidékek pedig a kontinentális hatásokat tükröző hűvös, azon belül is inkább száraz vagy nyirkos éghajlati típusokba tartoznak.

Az Alpok hegyvonulataiban, úgymint a Svájci-Alpokban és Ausztriában a Keleti-Alpokban, emellett a Jura-hegység legnagyobb részén, sőt mi több a Weinsbergi-erdőben is alapvetően a hideg–nedves klímátípus figyelhető meg. Az ennél nedvesebb („nagyon–nedves”) klímájú területek az alpesi régió legmagasabban húzódó vonulataiban fordulnak elő. A szintén hideg hőellátottsági kategóriába tartozó, de szárazabb („mérsékelt nedves”) vidékek csak szórványosan fordulnak elő, jobbára az osztrák–cseh határvidéken, ezen kívül az Észak-tiroli-Mészkőalpokban az Inn folyó völgyében, érintve a Karwendel, a Rofan és a Kaisergebirge hegységeket, valamint az Osztrák-Mészkőalpokban található Gutensteiner-Alpokban.

A Jura-hegység és a Svájci-Alpok hideg–nedves klímájú területei között elterülő Svájci-fennsíkon és a Jura-hegység északkeleti, alacsonyabban fekvő tájain a mérsékelt hideg–mérsékelt nedves klímátípus az uralkodó éghajlati típus. Ugyancsak mérsékelt hideg–mérsékelt nedves klímátípus jellemző az Elő-Alpok északi peremén, attól északi irányba továbbhaladva a Duna folyó völgyében, a Mühlviertel térségében és a Thaya folyó forrásvidékén. Hasonló éghajlattal rendelkező területeket még a Keleti-Alpok keleti, délkeleti lábánál sorakozó dimbes-dombos tájakon, a Bregenzi-erdőben és az Észak-tiroli-

Mészköalpokban is találhatunk. Svájcban a továbbra is mérsékelten hideg, de nedvesebb („nedves” vízellátottság) hegyvidéki területek a Luganói-tóvidéket északról határoló Ticinói-Alpokban és a Bernina-hegycsoportban találhatók. A Sempachi-, a Baldeggi-, a Zugi-, a Zürichi-tóvidék, valamint a Greifensee és a Pfäffikersee térsége csak nedvességi karakterisztikájában („nedves vízellátottság”) tér el az alapvetően mérsékelten nedves fennsíki területektől. Ezen kívül még a Boden-tó és a Genfi-tó környékén is előfordul a mérsékelten hideg–nedves klímátípus. Ausztriában többnyire az Elő-Alpok és a Lavant-völgyi-Alpok Dráva menti része jellemezhető az előbbi klímátípussal, azonban kisebb területeken is előfordul, úgymint a Bregenzi-erdőben, a Grazi-hegyekben vagy a Fischbachi-Alpok déli tájain. A mérsékelten hideg–nagyon nedves éghajlati típus kizárólag Ausztriában, mégpedig a Karintiai-tóvidéken figyelhető meg. Ezen felül szintén csak Ausztriában található meg a mérsékelten hideg–nyirkos klímátípus, ami leginkább a Waldviertelben, attól délebbre a Duna igen keskeny szakaszán, részben a Bécsi-erdőben, továbbá a Kőmező térségében, Közép-Burgenlandban, valamint a Wechseltől délebbre eső vidéken jellemző.

A vizsgált régióban a hűvös–nedves és a hűvös–mérsékelten nedves éghajlatú területek csak foltokban vannak jelen. Míg a nedvesebb klímátípus Svájcban a Luganói-tóvidéken összefüggő területet képez, addig Ausztriában csak a Mura folyó térségében figyelhető meg ez a klímátípus. Ezzel szemben a szárazabb, mérsékelten nedves éghajlati típus területi kiterjedése Ausztriában nagyobb, mégpedig a Mura-Rába völgyében található meg. Svájcban a hűvös–mérsékelten nedves klímátípus mindössze a Genfi- és a Boden-tó vidékén fordul elő. A hűvös–nyirkos klímájú területek a Tullni-mezőn, a Weinviertel attól északabbra eső területein, emellett a Bécsi-medencében és Dél-Burgenlandban található meg. Ennél szárazabb („száraz” vízellátottság) az éghajlat a Weinviertel keleti tájain és a Fertőzugban.

Az alpesi területeken, Svájcban a Lac de Joux tóvidéken, a Jura-hegység és a Svájci-fennsík északkeleti részén, Ausztriában a Weinsbergi-erdőben és a Mühlviertel nyugati peremén jellemző évszakos ingadozás a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása. Az ingadozás mérséklődik (a hőmérséklet és a csapadék „kis” ingadozása) a Glarusi-Alpokban és az Alacsony-Tauernben. A nagy hőmérséklet és csapadék ingadozású területek Svájcban jórészt a Jura-hegység és a Svájci-fennsík déli részén, továbbá a Berni-Alpok nyugati tájain fordulnak elő. Ugyancsak a hőmérséklet és a csapadék nagy ingadozása

határozza meg a szezonalitást a svájci–német–francia hármashatár közelében, ezen felül az Aare és az Emme folyók között elterülő tájegységen, Ausztriában a Bregenzi-erdőben, a Duna középső szakaszán, a Thaya folyó völgyében, a Mura és a Rába völgyében, illetve a Keleti-Alpok keleti peremvidékén. Az ingadozás erősödik (a hőmérséklet és a csapadék „nagyon nagy” ingadozása) a Genfi-tó térségében, a Tullni-mezőn és az attól északabbra eső területeken, valamint Bécs környékén.

A nagy hőmérséklet ingadozású területek Svájcban a Jura-hegység és a Svájci-fennsík középső tájain, Ausztriában a Felsőörségben és Közép-Burgenlandban fordulnak elő. Ausztria keleti országrésze döntően nagyon nagy hőmérséklet ingadozású. A hőmérséklet közepes és extrém ingadozása csak igen kis területen jellemző, a közepes mértékű ingadozási típus elvétele megfigyelhető a Jura-hegységben, az extrém mértékű ingadozási típus pedig csak az osztrák–cseh–szlovák határvidéken és a Fertőzugban van jelen.

### **3.2.1.2. Az 1936–1965 közötti időszak**

Az alpesi régió 1936–1965 közötti időszakra vonatkozó, Feddema finomhangolt modellverziójával kapott éghajlati képét a 7. ábrán láthatjuk. A század közepén Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém és b) a T nagyon nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T és a P nagyon nagy és c) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T és a P nagyon nagy, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 4) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 5) mérsékelt hideg–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T és a P nagyon nagy és c) a T és a P nagy ingadozásával,





- 6) mérsékelt hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy, c) a T és a P nagyon nagy, d) a T és a P nagy és e) a T és a P közepes ingadozásával,
- 7) mérsékelt hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 8) mérsékelt hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával,
- 9) hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 10) hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 11) hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes és b) a T és a P kis ingadozásával.

Noha a század elején jellemző klímátípusok közül több is eltűnik a század közepére, ugyanakkor újabb klímátípusok is megjelennek. A hűvös– és a mérsékelt hideg–nyirkos éghajlat a T nagy ingadozásával, továbbá a hideg–nedves éghajlat a T közepes ingadozásával és a hűvös–száraz éghajlat a T és a P nagyon nagy ingadozásával klímátípusok már nem találhatók meg a vizsgált régióban a század közepén. Az új klímátípusok pedig a hűvös– és a mérsékelt hideg–mérsékelt nedves éghajlat a T nagyon nagy ingadozásával, valamint a mérsékelt hideg–nedves éghajlat a T nagy ingadozásával. Ezek alapján harminc eltérő éghajlati típus fordul elő a vizsgált régióban.

Az 1936–1965 közötti időszak éghajlatát szemléltető ábra áttekinthetősége lényegesen romlott a század eleji állapotokhoz képest. Az éghajlati szerkezetek térbeli eloszlásának bonyolultsága jelentősen nehezíti a rendszerezést. Emiatt az elemzés során a fontosabb földrajzi tájegységek mellett a kisebb régióegységek sajátos éghajlatát is meg kell vizsgálnunk.

A Jura-hegység és az alpesi területek javarészt a század közepén is hideg–nedves klímátípussal írhatók le. Ehhez képest a Weinsbergi-erdőben igen kis területen, már csak az osztrák–cseh határvidéken jellemző ez a klímátípus. Az ennél nedvesebb („nagyon nedves” vízellátottság) vízellátottságú területek pedig kizárólag az Alpok magasabban fekvő

vonulataiban található meg, sőt a század eleji állapotokhoz képest területeket is veszített. A század közepén szárazabbá („hideg-nedves” klímátípus) váltak többek között a Salzburgi-Alpok, a Központi-Alpok és a Magas-Tauerntól délebbre fekvő területek. Svájcban ez a változás leginkább a Glarusi-Alpokot érintette.

Nézzük meg a Keleti-Alpok fontosabb folyóinak éghajlatát. Az Inn folyó Észak-tiroli-Mészkőalpokban található szakaszának klímáját a hideg-, illetve a mérsékelt hideg-mérsékelt nedves éghajlati típusok határozzák meg. A hűvösebb („hideg” hőellátottság) klímájú területek a Mieming-hegyláncban, a Karwendelben, a Rofan hegység nyugati oldalán az Achen-tótól nem messze és a Kitzbühli-Alpokban figyelhetők meg. A melegebb („mérsékelt hideg” hőellátottság) klímájú területek a Karwendel, a Rofan hegység és a Kitzbühli-Alpok mellett még a Kaisergebirge térségében is előfordulnak. A hideg-mérsékelt nedves klímátípus Ausztriában még a Stubai-Alpok nagyon kicsi részén és az Osztrák-gránitfennsíkon a Weinsbergi-erdőben is jelen van. Folytassuk az elemzést Karintia legjelentősebb folyójával, a Drávával, sőt annak is a Karintiai-tóvidéken átkelő szakaszával. A Dráva mentén, illetve az attól északabbra húzódó Nori-Alpokban, annak is inkább a keleti oldalán elhelyezkedő Lavant-völgyi-Alpokban, elsősorban a mérsékelt hideg-nedves klímátípus jellemző. Továbbra is nedves, de termikus állapotát tekintve melegebb („hűvös” hőellátottság) területek csak foltokban, a Klagenfurti-medencében fordulnak elő. A hasonlóan mérsékelt hideg hőellátottságú, de nedvesebb („nagyon nedves” vízellátottság) éghajlati típus szintén csak nyomokban fedezhető fel, mégpedig az Ossiachi-tó vidékén és a Karavankákban. Végül vizsgáljuk meg a Mura folyókanyarulatában jellemző éghajlatot. Ez a terület tipikusan mérsékelt hideg hőellátottságú. A Grazi-hegyek térsége mérsékelt nedves, a Fischbachi-Alpok pedig valamivel nedvesebb („nedves” vízellátottság). Még mindig a magashegységeket szemlélve, ugyancsak mérsékelt hideg-nedves az éghajlat az Appenzelli-Alpokban, a Ticinoi-Alpokban, illetve a Bernina-hegycsoport és a Jura-hegység bizonyos részein. Hőellátottsági viszonyokban megegyező, de szárazabb („mérsékelt nedves” vízellátottság) területek előfordulnak még a Jura-hegység északi részén található alacsonyabban fekvő tájakon, a Bregenzi-erdőben, illetve az Osztrák-Mészkőalpok keleti lábánál. A Luganói-tóvidék pedig hűvös-nedves klímátípussal írható le.

A következőkben vegyük sorra a magasabb dombvidékeken és a fennsíki területeken előforduló éghajlati típusokat. A Svájci-fennsík, nedvességi állapotát tekintve, a mérsékelt nedves vízellátottsági kategóriába sorolható. A tájegység jobbra mérsékelt hideg éghajlatú, ennél melegebb („hűvös” hőellátottság) területek a Genfi-tó környékén, a Neuchâtel-tó északkeleti részén és a Bieli-, illetve a Murteni-tó térségében, továbbá a fennsík északkeleti részén figyelhetők meg. Az alapvetően mérsékelt hideg–mérsékelt nedves fennsíki területeknél nedvesebb („nedves” vízellátottság) területek a Sempachi-, Baldegi-tóvidéken és a Zürichi-tó környékén jellemzőek. A szárazabb és nedvesebb hűvös–nedves klímátípus a Zugi-tónál fordul elő. Ezen kívül a Genfi-tó környékén érintőlegesen megjelenik a hűvös–nyirkos éghajlati típus is. Az Ausztriában található Elő-Alpok hullámos dombvidékei is igazán változatos éghajlati képet mutatnak. A Salzkammergut-tóvidéken, az attól északabbra húzódó Hausruckviertel területén, illetve Eisenwurzenben a mérsékelt hideg–nedves klímátípussal találkozhatunk. Az ennél szárazabb mérsékelt nedves klímátípus csak elvétve fordul elő ezen a területen. Az Elő-Alpokban a melegebb („hűvös” hőellátottság) éghajlati típusok is jelen vannak. A hűvös–mérsékelt nedves és –nedves területek inkább a folyóvidékek környezetében figyelhetők meg, úgymint az Inn és a Salzach folyók térségében az Innviertelben, illetve az Elő-Alpokot északról határoló Duna völgyében jellemzőek. Az Osztrák-gránitfennsík mérsékelt hideg klímájú területei közül a Mühlviertel nedves, a Waldviertel többnyire mérsékelt nedves vízellátottságú. A mérsékelt hideg–mérsékelt nedves klímátípus a Bécsi-erdő egyes részein és a Gyöngyös, illetve a Répce folyók forrásvidékén is jellemző.

Végül nézzük meg, hogy az alacsonyabban fekvő területeken, és az azokat átszelő folyók térségében milyen éghajlati típusokkal találkozhatunk. Minden kétséget kizáróan kijelenthetjük, hogy Ausztria legváltozatosabb éghajlattal rendelkező folyója nem más, mint a Duna. Kísérjük végig a Duna vonalát egészen Passau városától, ahol a folyó az osztrák–német határvidék felől keresztül folyik Felső- és Alsó-Ausztria tartományain, egészen a Dévényi-kapuig. A Passau-völgytől addig a területig, ahol a Große Mühl beletorkollik a Dunába, mérsékelt hideg–mérsékelt nedves az éghajlat. A Linz városát nyugatról határoló Eferdingi-medencétől kezdődően, egészen a Machland artéri területéig, belépve Alsó-Ausztriába is, már melegebb („hűvös” hőellátottság), de továbbra is mérsékelt nedves klímájú területek találhatók. Keleti irányba továbbhaladva a Strudengau és a Nibelungengau

völgyszorososa, majd ezt követően a Dunkelsteinerwald és a Tullni-mező, valamint a Bécsi-erdő északkeleti része hűvös–nyirkos klímátípussal írható le. A Duna Bécsi-medencén áthaladó szakaszán hűvös–száraz az éghajlat. Majd a Dévényi-kapunál, elhagyva Ausztria területét, ismét visszaköszönt a nedvesebb („nyirkos” vízellátottság) klímátípus. A Duna völgyén kívül a Mühlviertel déli peremén, a Manhartsbergben és Burgenland jelentős részén is a hűvös–nyirkos klímátípus jellemző. Nedvesebb („mérsékelt nedves” vízellátottság) klímájú területek a Mura és a Rába folyóvölgyében fordulnak elő. A nedvességi karakterisztikáját tekintve száraz vízellátottságú vidékek a század közepén is a Weinviertelben és a Fertőzugban található meg.

Az alpesi területeken kívül Svájc északi részén, beleértve a Jura-hegység és a Svájci-fennsík itt található vidékeit, Ausztriában az Elő-Alpokban, a Mühlviertel egyes tájain, a Weinsbergi-erdőben, valamint a Nyugat-Stájer-dombságon a hőmérséklet és a csapadék együttes, közepes mértékű ingadozása határozza meg a szezonalitást. A hőmérséklet és a csapadék kombinált ingadozása a Glarusi-Alpokban, a Salzburgi-Mécskőalpokban és az Alacsony-Tauernben mérséklődik („kis” ingadozás). A svájci–német–francia hármashatárnál, a Bodén-tó legnagyobb részén, az Aare folyóvölgyének bizonyos szakaszain, ezen felül a Berni-Alpok nyugati oldalán és az azt északról határoló fennsíki területeken jellemző évszakos ingadozás a hőmérséklet és a csapadék nagymértékű ingadozása. Ezzel megegyező szezonalitású területek Ausztriában is előfordulnak, főként a Mühlviertel és a Waldviertel területén, ezen kívül a Duna völgyének nyugati felén, a Bécsi-erdőben, továbbá Közép- és Dél-Burgenlandban, valamint a Mura-Rába-völgyben. Az ingadozás mértéke erősödik (a hőmérséklet és a csapadék „nagyon nagy” ingadozása) a Manhartsbergben, az azt délről övező Tullni-mezőn, a Bécsi-erdőben és a Kőmezőn, illetve a Soproni- és a Kőszegi-hegység között elterülő Kabold-Füles-dombságon. Ez a szezonalitási típus a Svájci-fennsík Genfi- és Bieli-tó között húzódó területein is előfordul.

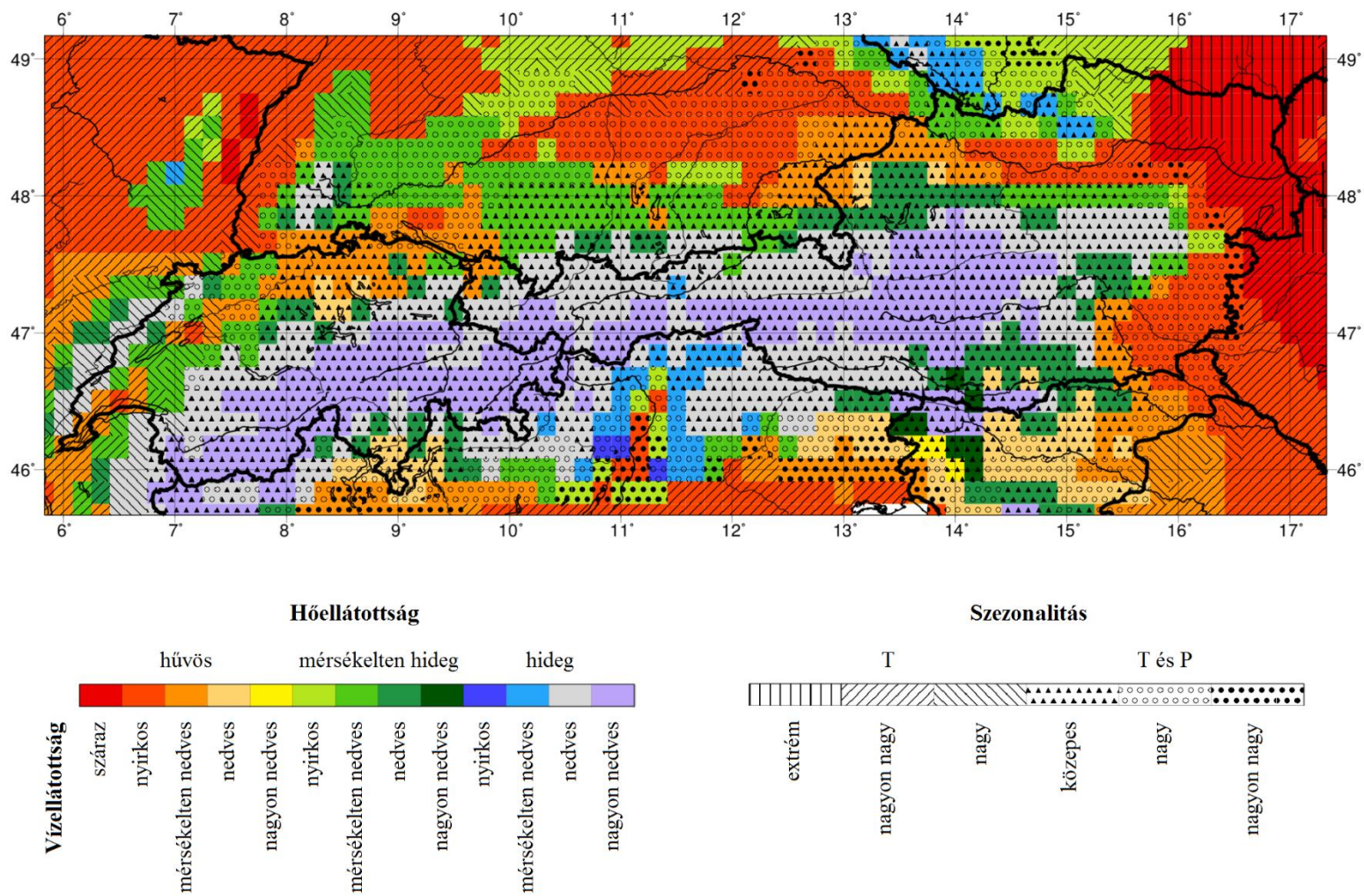
A nagy hőmérséklet-ingadozás kizárólag a Jura-hegységben jellemző. A hőmérséklet nagyon nagy mértékű ingadozása a Svájci-fennsíkon a Genfi-tótól a Neuchâtel-tóig kiterjedően, valamint részben a Weinviertelben és az Észak-burgenlandi-teknőben határozza meg a szezonalitást. Az ennél erősebb mértékű (a hőmérséklet „extrém” ingadozása) ingadozással leírható területek pedig Ausztria északkeleti csücskében fordulnak elő.

### 3.2.1.3. Az 1971–2000 közötti időszak

Az alpesi régió 1971–2000 közötti időszakra vonatkozó, Feddema finomhangolt modellverziójával kapott éghajlati képét a 8. ábrán láthatjuk. A század végén Svájc és Ausztria területén a következő klímátípusok figyelhetők meg:

- 1) hűvös–száraz éghajlat
  - a) a T extrém és b) a T nagyon nagy ingadozásával,
- 2) hűvös–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T és a P nagyon nagy és c) a T és a P nagy ingadozásával,
- 3) hűvös–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 4) hűvös–nedves éghajlat
  - a) a T és a P nagy és b) a T és a P közepes ingadozásával,
- 5) mérsékelt hideg–nyirkos éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy és c) a T és a P nagy ingadozásával,
- 6) mérsékelt hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T nagyon nagy, b) a T nagy, c) a T és a P nagy és d) a T és a P közepes ingadozásával,
- 7) mérsékelt hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 8) mérsékelt hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával,
- 9) hideg–mérsékelt nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával,
- 10) hideg–nedves éghajlat
  - a) a T nagy, b) a T és a P nagy és c) a T és a P közepes ingadozásával,
- 11) hideg–nagyon nedves éghajlat
  - a) a T és a P közepes ingadozásával.





8. ábra

Az éghajlat területi eloszlása az alpesi régióban Feddema finomhangolt modellverziója alapján az 1971–2000 közötti időszakra vonatkozóan

A század végén a hűvös–mérsékelt nedves, a mérsékelt hideg–nyirkos és a mérsékelt hideg–mérsékelt nedves éghajlat a T és a P nagyon nagy ingadozásával, valamint a hideg–mérsékelt nedves éghajlat a T és a P nagy ingadozásával és a hideg–nagyon nedves éghajlat a T és a P kis ingadozásával klímátípusok már nem szerepelnek. Azonban megjelentek új klímátípusok is, a hűvös–mérsékelt nedves és a mérsékelt hideg–nyirkos éghajlat a T nagy ingadozásával. Ilyen módon huszonnégy különböző éghajlati típus fordul elő a két ország területén.

A magashegységek, vagyis az Alpok és a Jura-hegység, a század végén is túlnyomóan hideg–nedves klímátípussal rendelkeznek. A hideg–nagyon nedves klímátípus csupán a magasabb vonulatok éghajlatát határozza meg. Az alapjában véve nedves vízellátottságú Alpokban a század végén nedvesebbé vált területek, melyek immáron hideg–nagyon nedves klímátípussal írhatók le, kiváltképp a Központi-Alpokban és a Salzburgi-Alpokban figyelhetők meg. Ez a változás a Valaisi-Alpokban és a Bernina-hegycsoportban jóval kisebb területeket érintett. Jegyezzük meg, hogy az előbbieken említett területek (a Valaisi-Alpokban történt változásoktól eltekintve) a század elején is hideg–nagyon nedves éghajlatúak voltak. Ugyanakkor a Glarusi-Alpokban, a Salzburgi-Mészköalpok északi, északkeleti vidékein, az Alacsony-Tauernben, valamint a Mura folyó mentén folytatódott a szárazodás folyamata („nagyon nedves” helyett „nedves” vízellátottság) a század közepén jellemző állapotokhoz képest. A hideg–mérsékelt nedves éghajlati típus a Karwendel hegység azon területén, ahol az Isar folyó ered és a Weinsbergi-erdőben fordul elő. Továbbra is mérsékelt nedves vízellátottságú, viszont a termikus állapotot tekintve mérsékelt hideg hőellátottságú területek nyomokban a Jura-hegységben, az Appenzelli-Alpokban a Boden-tó környékén, ezen túlmenően a Bregenzi-erdőben, az Inn folyó völgyében a Rofan hegység és a Kaisergebirge térségében, illetve az Osztrák-Mészköalpok keleti lejtőin figyelhetők meg. A Jura-hegység északi, Franciaországgal határos területein, az Appenzelli-Alpokban és a Bregenzi-erdőben ennél melegebb („hűvös” hőellátottság) vidékekkel is találkozhatunk. Hasonlóan hűvös, ám nedvesebb („nedves” vízellátottság) klíma a Luganói-tóvidéken és a Klagenfurti-medencében jellemző. Nedvességi karakterisztikájában változatlanul nedves, de hűvösebb („mérsékelt hideg”) éghajlati típus több helyen csak foltokban fordul elő, így a Jura-hegységben, az Appenzelli- és a Ticinoi-Alpokban, a Bregenzi-erdőben, a Kaisergebirge térségében és az Eisenwurzenben. Nagyobb kiterjedésben



a Dráva mentén a Lavant-völgyi-Alpokban, illetve a Mura folyókanyarulatában jellemző. A mérsékelt hideg–nagyon nedves klímátípus, a század közepi állapotokhoz hasonlóan, csak az Ossiachi-tó vidékén és a Karavankák nagyon kis területén határozza meg az éghajlatot.

Most térjünk át a fennsíki és inkább középhegységi jelleggel bíró területek éghajlatának tárgyalására. A Svájci-fennsíkon a század végén is a mérsékelt nedves vízellátottság dominál. A század közepi állapotokhoz képest a mérsékelt hideg hőellátottság már a fennsík délebbi részein jellemző, a hűvös hőellátottság pedig megjelent az Aare folyóvölgyében és a Hallwili-tó környékén is. A mérsékelt nedves területeknél nedvesebb („nedves” vízellátottság) vízellátottság a Sempachi-, a Vierwaldstätter- és a Zürichi-tóvidéken mérsékelt hideg hőellátottság mellett; a Baldegg- és Zugi-tóvidéken, a Zürichi-tó egyes részein és az attól északabbra található Greifensee, valamint Pfäffikersee környékén hűvös hőellátottság mellett jellemző. A Svájci-fennsíkon a Genfi- és a Bieli-, Murteni-tó térségében fordul elő a hűvös–nyirkos klímátípus. Az Osztrák-gránitfennsík nyugati, magasabban fekvő tájegységein döntően mérsékelt hideg–mérsékelt nedves és –nyirkos klímátípussal találkozhatunk. Hűvös–nyirkos az éghajlat a Manhartsbergben és a Duna középső szakaszával szomszédos fennsíki területeken. Nedvességi karakterisztikájában továbbra is nyirkos, de hűvösebb („mérsékelt hideg” hőellátottság) területek a Bécsi-erdőben és a Rozália-hegységben figyelhetők meg. Az Elő-Alpok a század végén is felettebb változatos klímával rendelkezik. Délnyugati területein, úgymint Salzburg városánál a Salzach folyó mentén, a Salzkammerguter-tóvidéken és attól északabbra a Hausruckviertelben, illetve északkeletre mérsékelt hideg–nedves az éghajlat. A fentebb említett területeket északról melegebb („hűvös” hőellátottság), nedves és mérsékelt nedves vízellátottságú területek övezik. Az Elő-Alpok Enns folyótól keletre található, a Duna jobboldali mellékfolyói (Ybbs, Erlauf és Traisen) által felszabdalt dombvidéki területein mérsékelt hideg–mérsékelt nedves, közvetlenül a mellékfolyók torkolati vidékén pedig hűvös–nyirkos klímátípus jellemző.

A hűvös–nyirkos klímátípus megtalálható még a Bécsi-erdőben, a Kőmezőn, Burgenland középső és déli területein, valamint a Mura és a Rába által közbezárt területen. Ennél nedvesebb („mérsékelt nedves” vízellátottság) területek a Grazi-hegységben és a

Nyugat-Stájer-dombságon, szárazabb („száraz” vízellátottság) területek a Weinviertelben, a Tullni-mezőn, a Bécsi-medencében és a Fertő-tó vidékén figyelhetők meg.

A század végén az Alpok jóformán teljes területén a hőmérséklet és a csapadék közepes mértékű ingadozása határozza meg a szezonalitást. Egyedül a Berni- és a Valaisi-Alpok határán, a Rhône folyó mentén találkozhatunk erősebb mértékű (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) ingadozással. Az alpesi területeken kívül a Svájci-fennsík északkeleti vidékein, a Nyugat-Stájer-dombságon és a Grazi-hegyekben, az Elő-Alpok túlnyomó részén, a Weinsbergi-erdőben, illetve foltokban a Mühlviertelben is közepes mértékű az ingadozás. Az ingadozás mértéke erősödik (a hőmérséklet és a csapadék „nagy” ingadozása) a Jura-hegység északkeleti és a Svájci-fennsík középső területein, a Duna középső szakaszán, egészen a Wachau völgyesorosig, a Bécsi-erdőben, a Rozália-hegységben, Dél-Burgenlandban és a Mura-Rába völgyében. Az ennél erősebb mértékű, nagyon nagy ingadozási típus csak szórványosan fordul elő Ausztriában, úgymint a Bécsi-erdőben, a Kőmezőn, valamint a Kabold-Fülesli-dombságon.

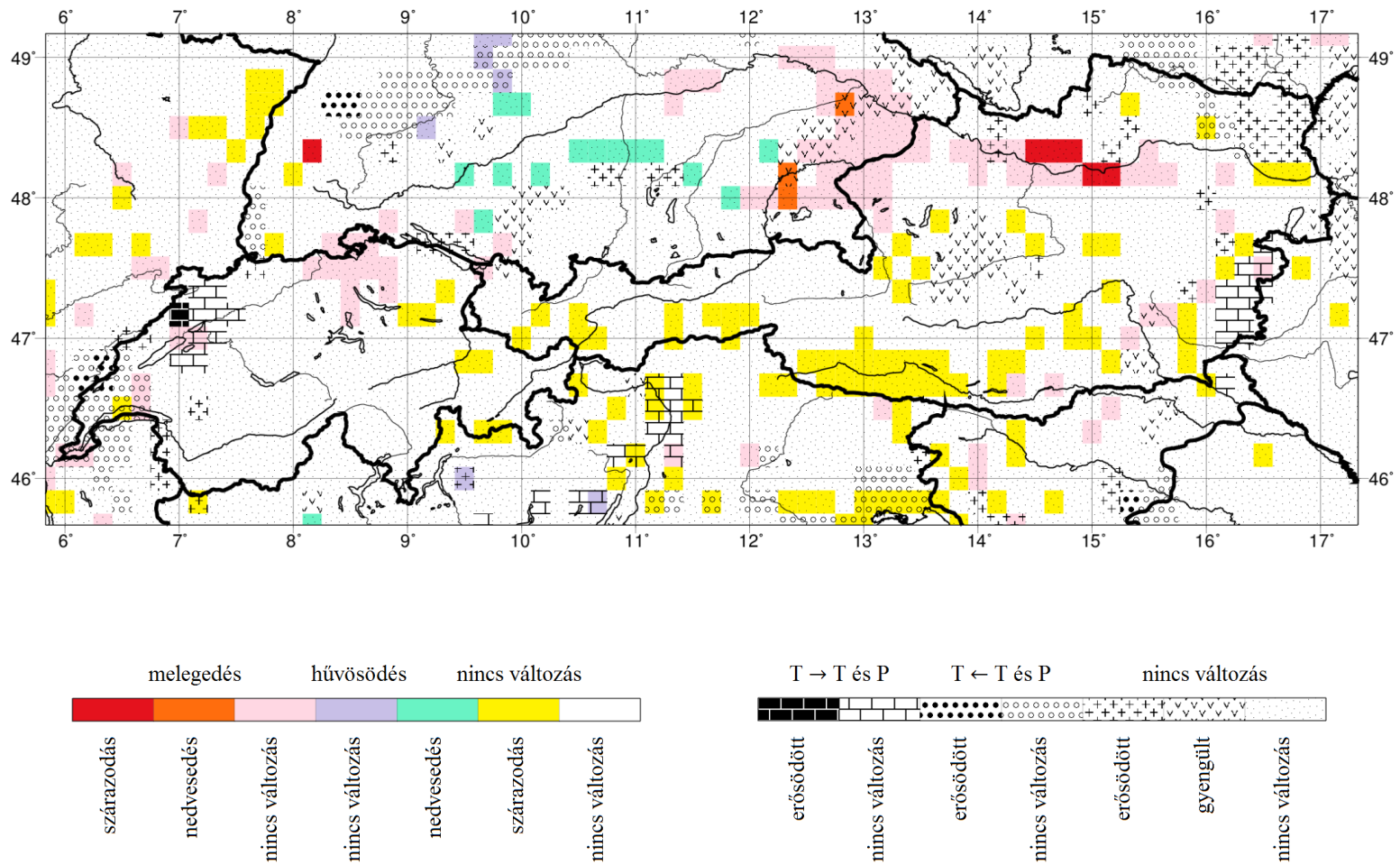
A hőmérséklet nagymértékű ingadozása Svájcban a Jura-hegységben, Ausztriában a Waldviertel egyes területein jellemző. A Svájci-fennsík Genfi- és Neuchâtel-tó közötti területen a tipikus ingadozás típus a hőmérséklet ingadozása nagyon nagy vagy kisebb (a hőmérséklet „nagy” ingadozása) mértékben. A Weinviertel legnagyobb részén és a Fertőzugban a hőmérséklet extrém mértékű ingadozása határozza meg a szezonalitást. Az extrém ingadozású területektől többnyire délnyugati irányba haladva mérséklődik („nagyon nagy”) az ingadozás mértéke.

### **3.3. Éghajlatváltozás az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján**

#### **3.3.1. Harminc éves periódusok**

##### **3.3.1.1. Az 1901–1930 és az 1936–1965 időszakok között bekövetkezett változások**

Az alpesi régió az 1901–1930 és az 1936–1965 időszakok között történt változásokra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlat-változási képét a 9. ábrán láthatjuk.



9. ábra

Az éghajlatváltozási típusok területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján, az 1901–1930 és az 1936–1965 időszakok között történt változások szerint

Az ábrán fehérrel, valamint apró pöttyözéssel jelzett területek alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a vizsgált régió túlnyomó részén nem történt éghajlatváltozás sem az évi, sem a szezonális karakterisztikákat illetően. Továbbá csak az évi karakterisztikákat tekintve elmondható, hogy az éghajlatváltozás legnagyobb területi kiterjedésben mindkét ország területén az egyszerre egy éghajlati mutatóban bekövetkezett változásokkal, a melegedés („melegedés–nincs változás”) vagy a szárazodás („nincs változás–szárazodás”) folyamatával jellemezhető. A vizsgált régiót érintő főbb szezonális változások pedig egyrészt a klímaváltozó jellegének megtartása mellett, csak az ingadozás mértékének erősödése („nincs változás–erősödött”) vagy mérséklődése („nincs változás–gyengült”), másrészt a szezonális típusok egymásba való átalakulása („T → T és P” vagy „T és P → T”), az ingadozás mértékének megváltozása nélkül („nincs változás”). Emellett vegyük észre, hogy meglehetősen alacsony azon esetek száma, amikor egy adott területen egyidejűleg történik változás az évi és a szezonális karakterisztikákban is.

A század eleji állapotokhoz képest a század közepén Svájcban szárazabbá vált területek leginkább tavak és folyók környezetében figyelhetők meg. Gondolva itt a Genfi- és a Walenitói vidékére, valamint a Plessur-Alpokban az Elő- és Hátsó-Rajna összefolyásának térségére, illetve a Bernina-hegycsoportban az Inn folyó forrásvidékére. Ezen kívül a Walenitótól északabbra található Appenzelli-Alpok nagyon kis területén is zajlott a szárazodás folyamata. Ezzel szemben Ausztriában jóval nagyobb és összefüggőbb területeket érintett a szárazodás folyamata. Mivel a Keleti-Alpok mindhárom földrajzi tájegységén – a felosztás a felépítő kőzetek alapján történik – találkozhatunk olyan területekkel, melyek a század közepén szárazabbá váltak, így azokat tájegységenként vegyük sorra. Az Északi-Mészkőalpok (Észak-tiroli-Mészkőalpok, Salzburgi-Mészkőalpok, Osztrák-Mészkőalpok) zónájában inkább csak szórványosan figyelhető meg a szárazodás folyamata. Az Észak-tiroli-Mészkőalpokban mindössze csak a Lech-völgyi-Alpok területén, és az Osztrák-Mészkőalpokban is csak elvétve, nevezetesen az Enns-völgyi-Alpokban és a Hochschwabcsoportban találkozhatunk szárazabbá vált területekkel. A Salzburgi-Mészkőalpokban már több helyütt is találkozhatunk ilyen területekkel, úgymint a Berchtesgadener-Alpok és a Tennengebirge határán áthaladó Salzach folyó mentén, továbbá a Salzach és az Enns folyók között elterülő vidéken, ezen felül Dachsteinben, Eisenwurzenben, illetve a Salzkammergutvidéken, mégpedig a Wolfgang-tótól délre eső, valamint az Atter- és a Traun-tó közötti

területen. Az Északi- és a Déli-Mészkőalpok között a Központi-Alpok kristályos övezete húzódik. Nyugati irányból kelet felé haladva a szárazodás folyamata jellemzi a Silvretta térségét, az Inn folyó menti területeket a Samnaun-csoport és az Ötz-völgyi-Alpok határán, valamint a Stubai-Alpok és a Ziller-völgyi-Alpok egyes részeit. Tovább folytatva a sort, a Magas-Tauern főgerincétől délebbre húzódó részein, mégpedig a Villgrater-hegyekben, a Schober- és a Kreuzech-csoportban, ezen kívül a Nori-Alpok nyugati tájegységének nevezett Gurk-völgyi-Alpok bizonyos részein, valamint a keleti tájegységének nevezett Lavant-völgyi-Alpokban, pontosabban a Tó-völgyi-Alpok, a Stubalpe, a Packalpe, a Koralpe és a Gleinalpe területén figyelhetők meg szárazabbá vált területek. A Déli-Mészkőalpokban a Karni-főgerinc, és az attól északabbra fekvő Gail-völgyi-Alpok érintett a szárazodás folyamatában. Az Alsó-keletalpi-takaró részeként számon tartott Wechsel és Rozália-hegységben is hasonló folyamatok zajlottak. Az alpesi területeken kívül a Waldviertelben, a Manhartsbergben, a Morvamezőn és a Rába folyónál is található szárazabbá vált területek.

Svájcban melegedett a Genfi-tó Genf városánál található része, továbbá a Genfi- és a Neuchâtel-tó között elterülő fennsíki terület, illetve a Zugi-tó és a Pfäffikersee környéke. Ezen kívül a Rajna felső folyásának vidékén is találkozhatunk melegebbé vált területekkel, pontosabban a Schaffhausen és Zürich kantonok határán található Rheinfall vízeséstől, egészen addig, ahol az Aare a Rajnába ömlik. Ausztriában a melegedés folyamata rendre a következő területeken játszódott le: a Boden-tó svájci-osztrák határon található részén, a Klagenfurti-medencében, a Nyugat-Stájer-dombságon, a Grazi-hegyekben, emellett a Keleti-Alpok keleti peremén, a Kabold-Füles-dombságon és a Bécsi-erdőben. Összefüggőbb területeket érintve pedig az Elő-Alpokban az Innviertelben, valamint a Duna-völgyben a Große Mühl torkolatvidékétől, egészen a Dunkelsteinerwaldig tartó szakaszán jellemző a melegedés folyamata.

A század eleji állapotokhoz képest melegebb és szárazabb területek egyedül az Enns városától és Machland térségétől északabb húzódó vidékeken a Mühlviertelben, illetve Ostrong térségétől délebbre eső Duna-völgyi területeken figyelhetők meg.

A szezonális változást illetően kizárólag az ingadozás mértékének erősödése Svájcban csak elszórtan fordul elő. Leginkább a határ menti területeken találkozhatunk ilyen területekkel, gondolva itt a svájci-francia határvidékre, egyrészt a Rhône folyó mentén, másrésztől

pedig arra a területre, ahol Doubs folyó átlépi a határt, valamint a svájci-német határvidékre a Boden-tó közelében, illetve a svájci–német–francia hármashatárra. Ezen kívül Svájcban még a Genfi-tótól keletebbre, a Sarine folyókanyarulatában is erősödött az ingadozás mértéke. Ausztriában foltokban az Alpok keleti lábánál, továbbá az Enns-völgyi-Alpokban, illetve a Mühlviertelben és a Waldviertelben, összefüggőbb területen pedig a Weinviertelben jellemző ez a fajta változás.

Ezzel szemben az ingadozás mértékének gyengülése kisebb területen a Bregenzi-erdőben, a Nyugat-Stájer-dombságon, a Grazi-hegyekben és a Fertőzugban, nagyobb kiterjedésben pedig az Alacsony-Tauernben és a Salzburgi-Mészköalpokban figyelhető meg.

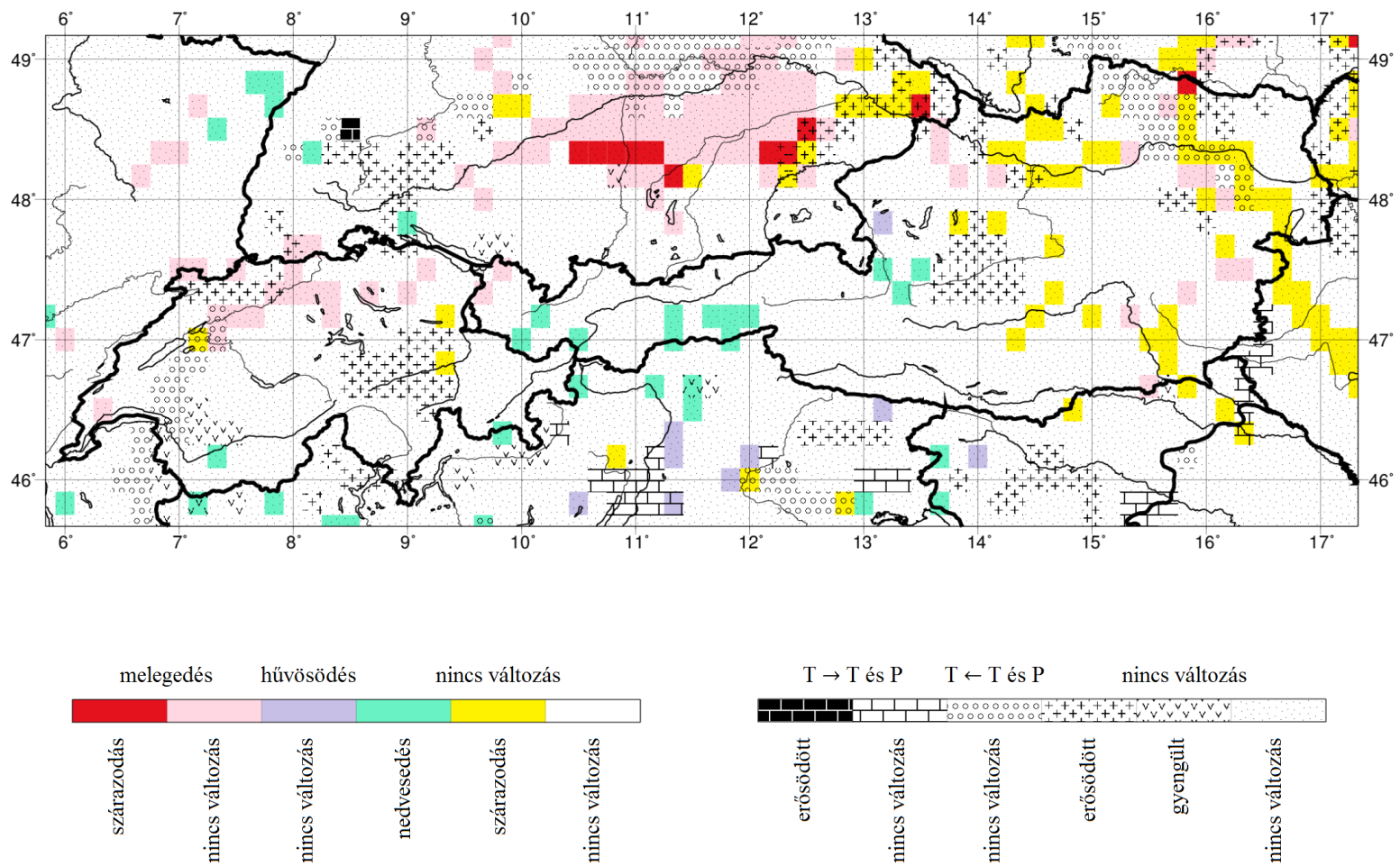
A szezonális típusában bekövetkező módosulások közül a hőmérsékletnek a hőmérséklet és a csapadék együttes szezonálisába való átalakulása Ausztriában jellemzően Közép- és Dél-Burgenland területén figyelhető meg. Svájcban a Bieli- és a Murteni-tó környékén található fennsíki és hegyvidéki (Jura-hegység) területeken találkozhatunk ilyen típusú szezonálisbeli változással. Emellett a Jura-hegységben igen kis területen nemcsak a szezonális típusa változott meg, hanem az ingadozás mértéke is erősödött.

A hőmérséklet és a csapadék együttes szezonálisának átalakulása a hőmérséklet szezonálisává a Waldviertelben a Thaya folyó közelében és a Manhartsbergben, valamint a Jura-hegység és a Svájci-fennsík délnyugati területein jellemző. A Lac de Joux tóvidéken a klímaváltozó megváltozása mellett, az ingadozás mértéke is erősödött.

### **3.3.1.2. Az 1936–1965 és az 1971–2000 időszakok között bekövetkezett változások**

Az alpesi régió az 1936–1965 és az 1971–2000 időszakok között történt változásokra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlat-változási képét a *10. ábrán* láthatjuk.

Svájcban a század közepén jellemző állapotokhoz képest a század végére szárazabbá vált a Bieli- és a Murteni-tó, illetve a Waleni-tó vidéke, valamint a Glarusi-Alpokban az Elő-Rajna térsége a Rajna-összefolyás közelében. Az Ausztriában található alpesi területeken is csak foltokban találkozhatunk a szárazabbá vált területekkel, úgymint az Elő-Alpok déli részén található Traun-tó vidékén és az Enns folyó egyik baloldali mellékfolyójának, a Steyr



10. ábra

Az éghajlatváltozási típusok területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján, az 1936–1965 és az 1971–2000 időszakok között történt változások szerint

folyó völgyében, valamint az Osztrák-Mészkőalpokhoz tartozó Enns-völgyi-Alpokban. Ezen kívül még a Központi-Alpok egyes tagjaiban is a szárazodás folyamata jellemző, mégpedig az Alacsony-Tauernben található Seckauer-Tauernben, továbbá a Lavant-völgyi-Alpokban a Tó-völgyi-Alpok és a Stubalpe térségében. Szintén csak foltokban jelentkezik a szárazodás folyamata a Thaya folyó forrásvidékén, a Dévényi-kapunál és a Bucklige Weltben. Valamivel nagyobb területi kiterjedésben a Mura és a Rába folyók között elterülő területen, a Mühlviertelben található Freistadti-erdőben, a Waldviertelben a Weinsbergi-erdőtől délebbre fekvő Ostrong-hegyláncban, és a Duna Eferdingi-medencétől a Mostviertel térségéig tartó szakaszán figyelhető meg a szárazodás folyamata. Ezen felül a Manhartsberg-től déli, délkeleti irányba lépcsőzetesen haladva a Tullni-mezőn, majd a Bécsi-erdőben és a Kőmezőn, továbbá a Lajta-hegységben, a Fertő-tótól nyugatra eső területeken keresztül, egészen a Kabold-Füles-domságon találkozhatunk szárazabbá vált területekkel.

A nedvesedés folyamata szintén csak nyomokban ismerhető fel, Svájcban a Valaisi-Alpok északi határán a Rhône folyó mentén és a Bernina-hegycsoport legmagasabban fekvő csúcsán, az úgynevezett Pitz Berninán. Az Északi-Mészkőalpok vonulatán belül a Lech-völgyi-Alpokban és a Salzburgi-Alpokban találkozhatunk nedvesebbé vált területekkel. A középső, kristályos övezetben a Silvretta térségében, továbbá az Inn folyó azon szakaszán, ahol átlépi a svájci-osztrák határt, valamint a Stubai-Alpokban és a Ziller-völgyi-Alpokban jellemző a nedvesedés folyamata.

Hűvösebbé vált terület mindössze a Salzkammerguti-tóvidéken, a Wallersee-től délebbre eső területen fordul elő.

A század végére melegebbé vált a Genfi-tó környéke, az Aare folyó völgye, a Hallwili- és a Baldeggi-tóvidék, a Greifensee térsége, a Zürichi-felvidéken a Töss folyó forrásvidéke, attól nem messze Északkelet-Svájcban a Thur folyó mentén egy igen kis terület, illetve Svájc északnyugati határvidéke. Hasonló folyamatok zajlottak a Bregenzi-erdőben, a Grazi-hegyekben, a Nyugat-Stájer-domság Szlovéniával határos vidékén, továbbá az Alpok keleti lábánál, a Waldviertelben, a Wachau völgy szorosban és az Elő-Alpok Dunával szomszédos területein.



A melegedés mellett párhuzamosan szárazabbá is vált terület csupán a Thaya folyó osztrák-cseh határvidéki szakaszán figyelhető meg.

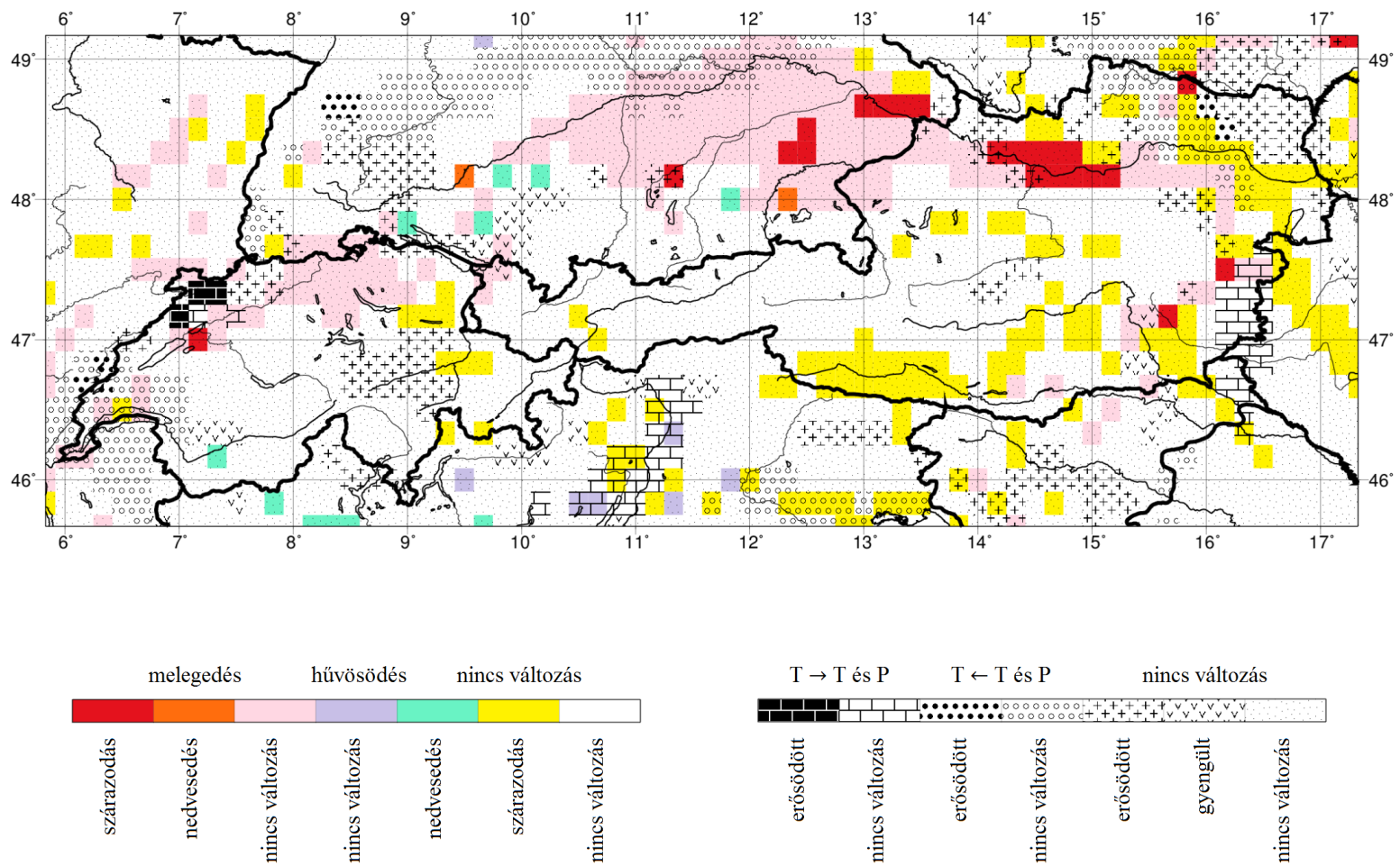
A szezonálisbeli változásokat tekintve, a Jura-hegység északi részén és a Svájci-fennsík azon határ menti területén, ahol a Rajna elhagyja a Boden-tót, illetve a Glarusi-Alpokban erősödött az ingadozás mértéke. Ausztriában az Enns folyó két oldalán a Salzburgi-Mészkőalpokban és az Alacsony-Tauernben, az Osztrák-Mészkőalpokhoz tartozó Gutensteiner-Alpokban, a Duna Passau városához közeli szakaszán, valamint az Eferdingi-medencében és az Enns torkolatvidékén szintén az ingadozás mértékének erősödése tapasztalható. Ezen felül nyomokban a Mühlviertelben, a Weinsbergi-erdőben, a Weinviertelben és a Fertőzugban is hasonló folyamatok játszódtak le.

A Berni-Alpok nyugati részén, valamint azon a területen, ahol a Rhône belefolyik a Genfi-tóba mérséklődött („nincs változás–gyengült”) az ingadozás mértéke.

A vizsgált régióban a szezonális típusában bekövetkezett változások közül csak a hőmérséklet és a csapadék együttes szezonálisának a hőmérséklet szezonálisába való átalakulása jellemző, az ingadozás mértékének megváltozása nélkül. Svájcban a Genfi-tó keleti csücskétől északi irányba továbbhaladva a Bieli- és a Murteni-tó vidékéig húzódó fennsíki területeken, valamint az Aare folyó völgyének ezen tavak közelében található szakaszán a század közepi állapotokkal szemben a század végére a hőmérséklet ingadozása határozza meg a szezonálisat. A Waldviertel Thaya folyó menti részén, illetve attól délebbre eső területeken és a Manhartsbergben, továbbá a Duna Dunkelsteinerwald szorosától a Tullni-mezőig tartó szakaszán, valamint a Bécsi-erdőben is hasonló módon módosult a szezonális típusa.

### **3.3.1.3. Az 1901–1930 és az 1971–2000 időszakok között bekövetkezett változások**

Az alpesi régió az 1901–1930 és az 1971–2000 időszakok között történt változásokra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlat-változási képét a *11. ábrán* láthatjuk.



11. ábra

Az éghajlatváltozási típusok területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján, az 1901–1930 és az 1971–2000 időszakok között történt változások szerint

A század eleji és a század végi állapotok közötti eltéréseket szemléltető térkép nem mutatja az éghajlatváltozás dinamikáját, szemben az előző két ábrával. Azonban jól érzékelteti, hogy összességében miképp alakult az éghajlatváltozás az egész évszázad során.

A XX. század folyamán az alpesi területeken, az Osztrák-gránitfennsík magasabban fekvő területein, valamint Ausztria keleti országrészében a szárazodás folyamata a tipikus éghajlat-változási típus. Svájcban a Genfi-tó Lausanne városánál fekvő részén kívül, a Waleni-tó vidéke, az Inn forrásvidéke a Bernina-hegycsoportban, és a Glarusi-, illetve a Plessur-Alpok határán található Rajna-összefolyás térsége vált szárazabbá. Ausztriában a szárazodás folyamata jellemzi az Inn folyó Lech- és Ötz-völgyi-Alpokban található szakaszát, továbbá a Magas-Tauern és a Gurk-völgyi-Alpok déli részét a Dráva mentén, valamint az előbbiektől délebbre húzódó Gail-völgyi-Alpokot. Ezen felül szintén hasonló folyamatok játszódtak le a Lavant-völgyi-Alpok számos taghegységében, a Salzburgi-Mészkőalpokban a Traun-tó környékén, az Eisenwurzenben, illetve a Wolfgang-tótól délebbre eső területeken, valamint az Osztrák-Mészkőalpokon belül az Enns-völgyi-Alpokban, a Hochschwab-csoportban és a Hohe Wand térségében. A Rozália-hegység és a Mura-Rába-völgy is szárazabbá vált a század folyamán. Szárazabbá vált területekkel még az Osztrák-gránitfennsík alábbi területein, úgymint a Freistadt-erdőben, az Ostrong-hegyláncban, a Thaya forrásvidékén és a Manhartsbergben is találkozhatunk. Ugyancsak a szárazodás folyamata jellemzi a Tullni-mezőt, a Bécsi-erdőt és a Bécsi-medencét, valamint a Fertő-tó környékét.

A nedvesedés folyamata kizárólag a Valaisi-Alpokban, és ott is csak érintőlegesen figyelhető meg.

Az elmúlt évszázadban a melegedés folyamata főként a fennsíki jelleggel bíró területeket és a Keleti-Alpok legkeletibb vonulatait kísérő peremhegyvidéki területeket érintette. A Svájci-fennsíkon melegebbé vált területek a Genfi-tó környékén, az Aare folyó völgyében, a Hallwili- és a Baldeggi-tóvidéken, a Zugi-tó térségében, valamint a Zürichi-felvidéken találhatók. Emellett a Jura-hegység északi, Franciaországgal határos területein, illetve Schaffhausen kantonban is a melegedés folyamata zajlott. Ausztriában kisebb területeken a Bregenzi-erdőben, a Klagenfurti-medencében, a Nyugat-Stájerdombságon, továbbá a Grazi-hegyekben, a Fischbachi-Alpokban, a Kabold-Füles-

dombságon és a Waldviertelben figyelhető meg a melegedés folyamata. Összefüggőbb térségeket pedig az Elő-Alpok északi peremén, a Duna Wachau és Dunkelsteinerwald közötti szakaszán, illetve attól délebbre, egészen a Bécsi-erdő és a Kőmező területéig érintett a melegedés folyamata.

Egyben melegebbé és szárazabbá is vált területek a Bieli- és a Murteni-tó térségében, a Rába folyónál, a Wechsel hegységben, a Thaya folyó osztrák-cseh határ menti szakaszán, illetve a Duna-völgy Eferdingi-medencétől Melk városáig tartó szakaszán találhatók.

Az ingadozás mértéke erősebbé vált a Jura-hegység északkeleti részén, illetve a Neuchâtelitől nyugatabbra eső területén, továbbá Svájc Németországgal határos területén a Boden-tó közelében és a Glarusi-Alpokban. Ausztriában a Rottenmanner- és Wölzer-Tauern térségében, attól északkeletre az Enns-völgyi-Alpokban, ezen felül nyomokban a Keleti-Alpok keleti peremén, az Elő-Alpok Dunával szomszédos területein, a Mühlviertelben és a Waldviertelben, illetve a Hainburgi-rög térségében, nagyobb területen pedig a Weinviertelben erősödött az ingadozás mértéke.

A Berni-Alpok nyugati vidékein kívül a Bregenzi-erdőben, a Grazi-hegyekben és a Nyugat-Stájer-dombságon az ingadozás mértékének gyengülése jellemző.

A hőmérséklet ingadozásának átalakulása a hőmérséklet és a csapadék együttes ingadozásává jellemzően Közép- és Dél-Burgenland térségében, valamint Svájcban az Aare folyóvölgyében az Emme folyó torkolatvidékén, és a Jura-hegységben a Bieli-tótól északabbra eső területen figyelhető meg. Ezen kívül a Jura-hegység középső vidékein az ingadozás mértéke is erősödött a század folyamán.

Az előbbivel ellentétes folyamat, vagyis a hőmérséklet és a csapadék együttes szezonálisának a hőmérséklet szezonálisává való átalakulása a Jura-hegység és a Svájci-fennsík délnyugati részén kívül még a Waldviertelben, ettől délebbre a Duna völgyében és a Bécsi-erdőben is jellemző. A klímaváltozó megváltozása mellett az ingadozás mértéke is erősebbé vált a Lac de Joux tóvidéken.

### **3.3.2. Ötven éves periódusok**

### 3.3.2.1. Az 1901–1950 és az 1951–2000 időszakok között bekövetkezett változások

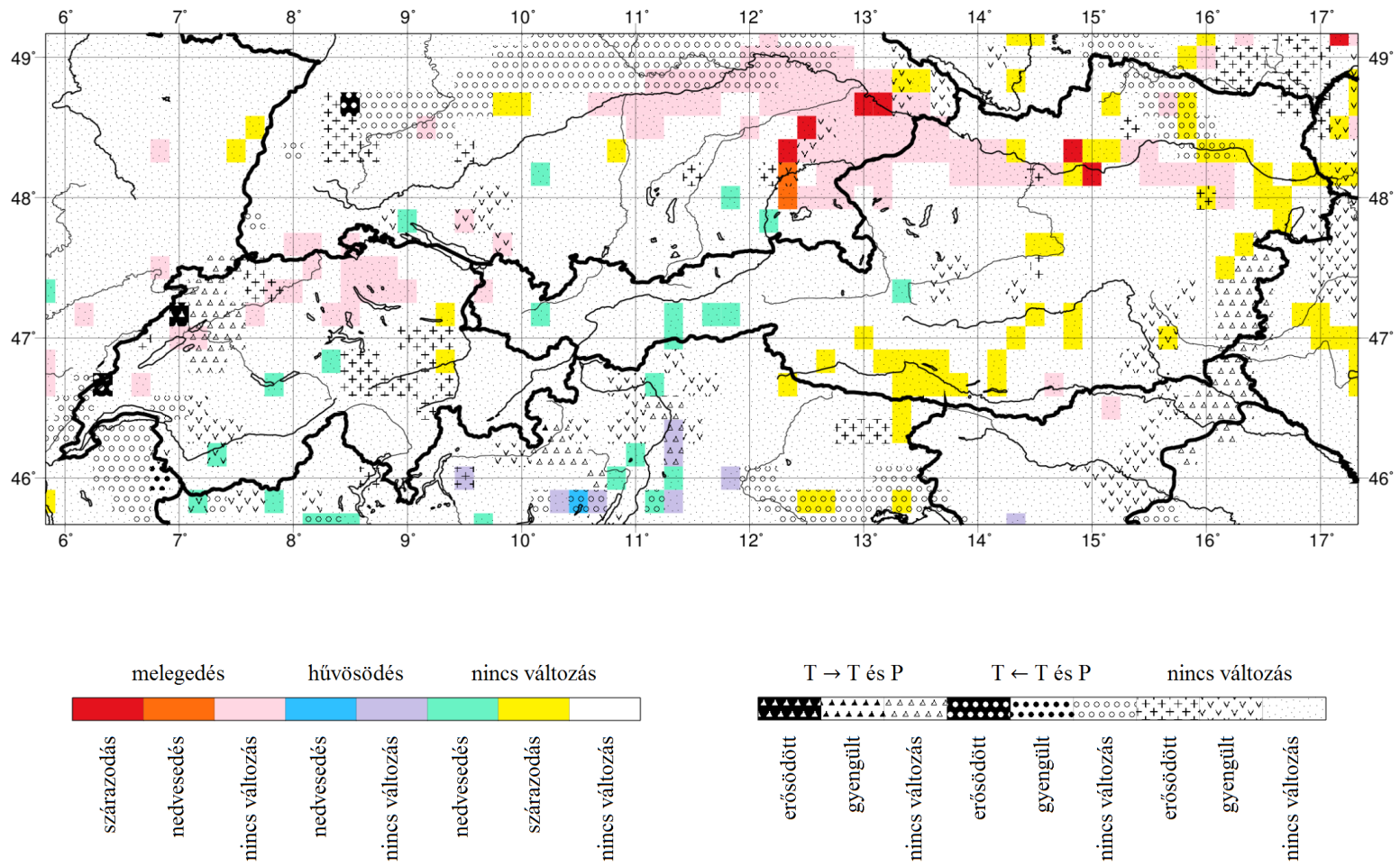
Az alpesi régió az 1901–1950 és az 1951–2000 időszakok között történt változásokra vonatkozó, *Feddema* (2005) eredeti modellverziójával kapott éghajlat-változási képét a 12. ábrán láthatjuk.

Összehasonlítva a 11. és a 12. ábrát, a legszembetűnőbb eltéréseket az éghajlatváltozás érintette területek területi kiterjedésében vélhetjük felfedezni. Ugyanis, nagy általánosságban a 12. ábráról elmondható, hogy a 11. ábrához képest jóval kisebb területen figyelhetők meg a mind az évi karakterisztikákban – a nedvesedéstől, mint éghajlat-változási típustól eltekintve –, mind a szezonális karakterisztikákban bekövetkező változások.

Svájcban a szárazodás folyamatával jellemezhető területek mindössze a Waleni-tó vidékén és a Glarusi-Alpokban az Elő-Rajna mentén találhatók. Ausztriában a Keleti-Alpokban szárazabbá vált területek előfordulnak a Magas-Tauern Villgrater-hegységben, a Kreuzech-csoportban és attól északra, a Goldberg-csoportban található részein, továbbá a Karintiai-tóvidéken, a Gail-völgyi-Alpokban és a Lavant-völgyi-Alpok egyes taghegységeiben, nevezetesen Tó-völgyi-Alpokban, valamint a Stupalpe és a Packalpe térségében. Ezen kívül találkozhatunk még a Mura-Rába völgyében, a Wechsel hegység és a Rozália-hegység térségében, valamint az Osztrák-Mészkőalpok részeként az Enns-völgyi-Alpokban és a Hohe Wand környékén is szárazabbá vált területekkel. Az alacsonyabban fekvő területek közül a Bécsi-medencében, a Tullni-mezőn, Manhartsbergben és a Thaya forrásvidékén, a Duna völgyében pedig Linz közelében, a Mostviertel vidékén és az Ostrong-hegyláncban jellemző a szárazodás folyamata.

A század folyamán nedvesebbé vált a Thuni- és a Sarneri-tó vidéke, valamint a Valaisi-Alpok egy része a Rhône mentén. Ausztriában a nedvesedés folyamata a Lech-völgyi-Alpokban, a Stubai- és a Ziller-völgyi-Alpokban, valamint a Salzach és az Enns folyók között található, de az Alacsony-Tauernhez tartozó területen zajlott.

A melegedés folyamata Svájcban a Neuchâtel-tótól délebbre fekvő fennsíki területen, a Bieli- és a Murteni-tó vidékén, az Aare folyóvölgyben, továbbá a Baldeggi- és a Zugi-tó környékén, a Zürichi-felvidéken, illetve Schaffhausen kantonban jellemző. Ezen felül a



12. ábra

Az éghajlatváltozási típusok területi eloszlása az alpesi régióban *Feddema* (2005) eredeti modellverziója alapján, az 1901–1950 és az 1951–2000 időszakok között történt változások szerint

Bregenzi-erdőben, a Völkermarti víztározó területén a Klagenfurti-medencében és a Waldviertelben nyomokban fordulnak elő melegebbé vált területek. Nagyobb területi kiterjedésben az Elő-Alpok északi részén, a Wachau és a Dunkelsteinerwald völgyzorosában, valamint a Bécsi-erdőben zajlott a melegedés folyamata.

Csupán a Duna-völgyben az Ybbs folyó torkolatvidékén, illetve attól északnyugatra a Mühlviertelben találkozhatunk melegebbé és szárazabbá vált területekkel.

A Jura-hegység északkeleti részén és azon a területen, ahol a Doubs folyó belép a svájci határra, illetve Svájcban még a Glarusi-Alpok egyes vidékein az ingadozás mértékének erősödése tapasztalható. Ausztriában ez a típusú folyamat inkább csak elszórtan figyelhető meg, mégpedig az Enns-völgyi-Alpokban, a Hohe Wand térségében, az Enns torkolatvidékén, továbbá a Waldviertelben a Wachau völgyzorosától északra, illetve a Weinviertel északkeleti részén a Zaya folyó mentén.

Svájc Franciaországgal határos területén, mégpedig a Savoyai-Alpok részeként számon tartott Dents du Midi hegyláncban, ezen kívül a Berni-Alpok nyugati részén és a Valaisi-Alpokban Sion városánál a Rhône mentén mérséklődött az ingadozás mértéke a század folyamán. Ausztriában az ingadozás mértéke gyengült a Hallstätter-tó környékén, az Alacsony-Tauernben, a Nyugat-Stájer-dombságon, valamint a Mura-Rába völgyében, a Fischbacher-Alpokban és a Fertőzugban.

A hőmérséklet helyett a század második felében már a hőmérséklet és a csapadék együttes ingadozása határozza meg a szezonalitást a Svájci-fennsíkon az Aare folyóvölgyében a Bieli- és a Murteni-tó térségében, attól északabbra a Jura-hegységben is, illetve Közép- és Dél-Burgenlandban. A Jura-hegységben az ingadozás mértékének erősödése is megfigyelhető.

A hőmérséklet és a csapadék együttes szezonális alakulásának átalakulása a hőmérséklet szezonális alakulásává a Jura-hegység délnyugati, Franciaországgal határos területén, a Genfi-tó keleti részén a Svájci-fennsíkon, ezen kívül a Thaya folyó mentén, a Manhartsbergben és a Tullni-mezőn jellemző. A Lac de Joux tóvidékén az ingadozás mértéke is erősödött.

# Összefoglalás

Dolgozatomban az alpesi régió, jobban mondva Svájc és Ausztria XX. századi éghajlatának jellemzésével, valamint az elmúlt évszázad során történt éghajlatváltozással foglalkoztam. Munkám során egy kevésbé közismert biofizikai éghajlat-osztályozás, nevezetesen *Feddema* (2005) módszerének regionális alkalmazhatóságát tanulmányoztam az Alpok térségében, a hegyvidéki klímaszerkezetek elemzésén keresztül. A számítási eljárásokhoz a CRU TS 1.2 adatbázis (*Mitchell et al.*, 2004) havi hőmérséklet és csapadék adatait használtam fel.

A vizsgált régió éghajlatának elemzése két módon történt. Elsőként *Feddema* (2005) eredeti módszerét alkalmaztam az éghajlat globális léptékű jellemzésére. Az eredményeket a harminc éves átlagolás alapján három időszakra, úgymint a század elejére (1901–1930), a század közepére (1936–1965) és a század végére (1971–2000) koncentrálni mutattam be. Az ötven éves periódusok közül pedig a század első (1901–1950) és második (1951–2000) felére vonatkozó éghajlati térképeket ismertettem. *Feddema* (2005) klasszifikációja alapján az 1901–1930 közötti időszakban Svájc és Ausztria hegyvidéki és fennsíki területein a hideg klímátípusok határozzák meg az éghajlatot. Legnagyobb területi kiterjedésben a hideg–nedves, valamint az Alpok magasabb vonulataiban pedig a hideg–nagyon nedves klímátípus jellemző. A melegebb és szárazabb hűvös–nyirkos és hűvös–száraz klímájú területek a Pannon-alföld Ausztriába átnyúló részén figyelhetők meg. Svájcban a hűvös klímátípussal jellemezhető területek csak szórványosan, kiváltképp a határ menti tavak környékén fordulnak elő. A század közepén (1936–1965) már a fennsíki területeken is, gondolva itt a Svájci-fennsíkra és az Elő-Alpokra, megjelenik a hűvös–nedves klímátípus. Ezen felül a hűvös–nyirkos, valamint a nedvességi karakterisztikájában szárazabb, hűvös–száraz klímátípusok délnyugati irányba történő térnyerése a század végéig (1971–2000) végigkísérhető. A szezonalitást illetően a tipikus ingadozási típus a hőmérséklet és a csapadék együttes ingadozása közepes vagy nagyobb mértékben. A hőmérséklet főként nagymértékű ingadozása Ausztriában az alacsonyabban fekvő területeken, Svájcban a Jura-hegység és a Svájci-fennsík délnyugati területein határozza meg a szezonalitást. A harminc és az ötven éves átlagolással kapott eredmények összehasonlításakor észrevehető, hogy a



hűvös–nedves klímátípus területi kiterjedése a Svájci-fennsíkon és az Elő-Alpok térségében jelentősebben csak az 1950-es éveket követően nőtt meg.

Az elemzés másik módja Feddema finomhangolt modellverziója alapján történt, mégpedig a hegyvidéki mezoklíma-szerkezetek megismerésének céljából. Azonban a kapott eredmények arra engedtek következtetni, hogy a hegyi viszonyok mezoléptékű térbeli éghajlati szerkezetének jellemzéséhez a finomhangolás nem feltétlenül szükséges. Ugyanis a finomhangolás előnyeit csak abban az esetben tudnánk megfelelően hasznosítani, ha inkább lokális léptékben gondolkodnánk, vagyis a régió belül található egyes alrégiók (20–100 km) éghajlati térbeli szerkezetét elemeznénk. A dolgozatban csak a harminc éves periódusok, azok közül is a század eleji (1901–1930), a század közepi (1936–1965) és a század végi (1971–2000) állapotokat szemléltető ábrák kerültek bemutatásra. A század elején a hegyvidéki területek hideg–nedves, illetve hideg–nagyon nedves klímátípusokkal rendelkeznek. A fennsíki területeken jellemzően a mérsékelt hideg klímátípusok figyelhetők meg, főként mérsékelt nedves és nedves, kisebb területen pedig nyirkos vízellátottság mellett. A vizsgált térrész alacsonyabban fekvő vidékein a hűvös hőellátottság jellemző, nedvességi karakterisztikájában inkább nyirkos és száraz klímátípussal írhatók le ezek a területek. A század közepétől kezdődően a fennsíki területek egyre változatosabb éghajlati képet mutatnak. Ugyanis a mérsékelt hideg klímátípusok mellett a hűvös klímátípusok – de továbbra is a mérsékelt nedves, illetve nedves vízellátottsági kategóriákba tartozva – is megjelennek, a század végére pedig számottevően megnő a területi kiterjedésük. A hűvös hőellátottságú, de szárazabb („nyirkos”, valamint „száraz” vízellátottság) klímátípusok nyugati irányba, Ausztria belseje felé történő térnyerése is nyomon követhető. A vizsgált régióban döntően a hőmérséklet és a csapadék közepes és nagymértékű ingadozása határozza meg a szezonalitást. A kontinentális hatást tükröző nagy- és nagyon nagy mértékű hőmérséklet-ingadozás inkább Ausztria alföldi jelleggel is rendelkező részein, valamint kisebb területen a Jura-hegységben és a Svájci-fennsíkon jellemző.

Az alpesi régió éghajlatának múlt századbeli változását – mind a harminc, mind az ötven éves periódusok alapján – Feddema (2005) eredeti modellverzióját alkalmazva vizsgáltam meg. Az eredmények láttán egyértelműen kijelenthető, hogy a vizsgált régió

legnagyobb területén nem történt klímaváltozás, valamint az éghajlat-változási típusok közül is a melegedés és a szárazodás folyamata emelhető ki. A XX. század folyamán a szárazodás folyamata főként az Alpokban, illetve az Osztrák-gránitfennsík bizonyos területein és a Duna völgyének keleti szakaszán figyelhető meg a harminc és az ötven éves periódusok szerint is. A melegedés folyamata a Svájci-fennsíkon, az Elő-Alpok térségében, illetve a harminc éves adatok alapján a Keleti-Alpokot keletről övező peremhegyvidéki területeken zajlott. Melegebbé és szárazabbá is vált területek a Duna-völgy középső szakaszán fordulnak elő. A szezonalitást illetően legnagyobb területi kiterjedésben a szezonális erősödése figyelhető meg, az ingadozás típusának megváltozása nélkül, emellett még a hőmérséklet szezonálisának térnyerése is jelentős. A hasonlóságok mellett a főbb eltérésekre is térjünk ki. Az ötven éves adatok alapján eredményül kapott éghajlat-változási térkép, noha csak szórványosan és igen kis területen, de a nedvesedés folyamatát is jelzi. Ezen felül a két vizsgált periódus közül a harminc éves periódusra vonatkozóan jóval nagyobb területeket érintett a klímaváltozás. A harminc éves periódusokon belül külön megvizsgáltam a század közepén és a század végén bekövetkező változásokat is. Az eredmények alapján kiderült, hogy a szárazodás folyamata az Alpokban és a melegedés folyamata az Elő-Alpokban, valamint a Duna völgyében a század közepén jelentősebb, míg a század végén a Svájci-fennsík vált melegebbé és a Duna völgye szárazabbá. Emellett azt is észrevehetjük, hogy míg a század közepén a Keleti-Alpok nyugati vidékein a szárazodás folyamata, addig a század végén pedig a nedvesedés folyamata jellemző.

A fent említettek alapján mindkét módszerről – *Feddema* (2005) modelljének eredeti és finomhangolt változata – elmondható, hogy egyértelműen kifejezik a vizsgált térrészben előforduló hegyvidéki, fennsíki és alföldi jelleggel rendelkező területek hő- és vízellátottságbeli tulajdonságait, valamint az évi mutatók mellett a szezonális teljes körű jellemzésére is alkalmasak. Ezenkívül, *Feddema* (2005) eredeti módszere jól érzékelteti a klímaváltozás folyamatait is, a változások könnyen értelmezhetők. Ilyen módon az *Essenwanger*-féle kritériumok (2001) az eredeti modellben maradéktalanul, a finomhangolt változatban csak részben teljesülnek. Ugyanis az utóbbi esetében az áttekinthetőség kritériuma, véleményünk szerint, nehezebben teljesül. Túlságosan tarka, az emberi szem első ránézésre nem tudja olyan könnyen áttekinteni.

# Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek, Dr. habil. Ács Ferencnek, hogy felkeltette az érdeklődésemet a téma iránt, a dolgozat megírása során hasznos tanácsokkal látott el, és mindvégig támogatta a diplomamunkám elkészülésében.

Továbbá köszönet illeti Dr. Breuer Hajnalkát, aki mindennemű problémámra azonnal megoldást talált.

Végül köszönettel tartozom Skarbit Nórának is a programozásban nyújtott segítségéért.

# Irodalomjegyzék

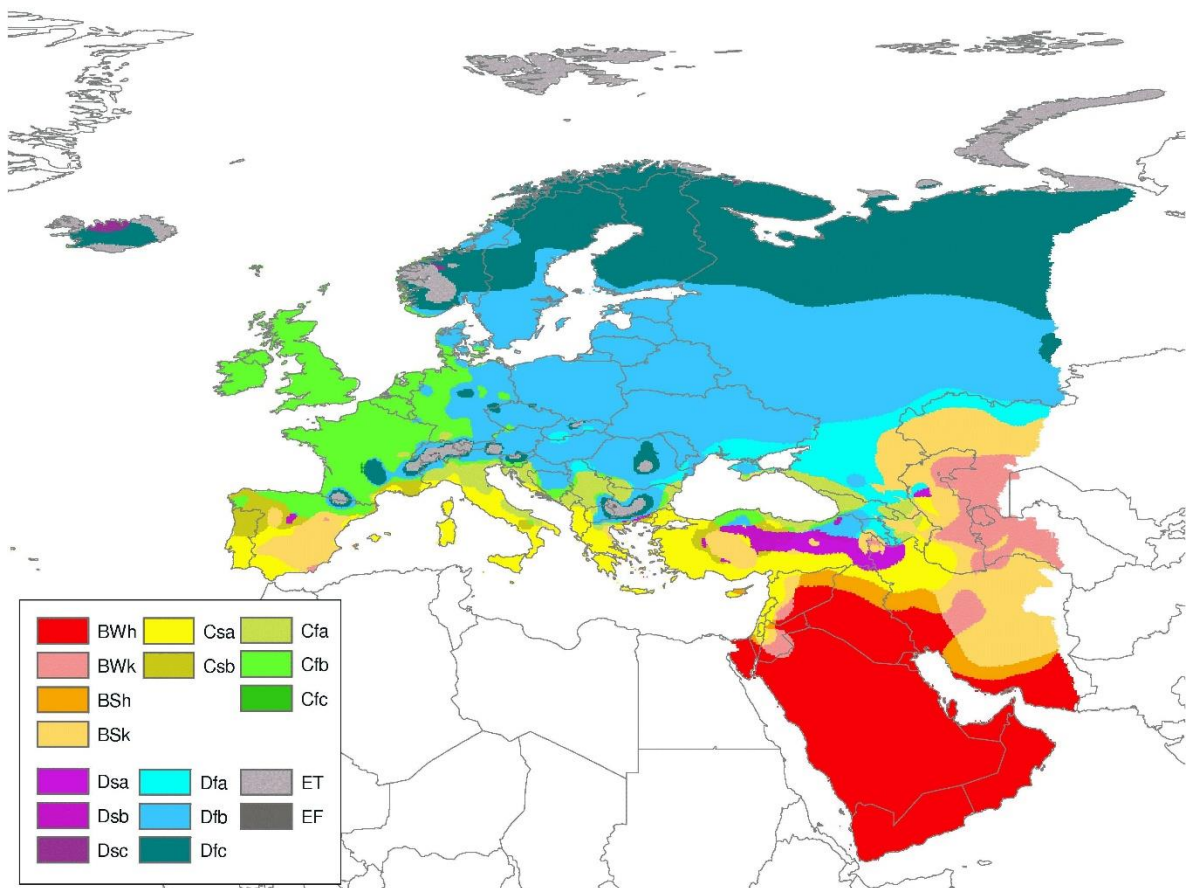
- Ács F., Breuer H., Szász G., 2007: A tényleges párolgás és a talaj vízkészlet becslése tenyészidőszakban. *Agrokémia és Talajtan*, Vo. 56, 217–236.
- Ács F., Breuer H., Skarbit N., Szelepcsényi Z., 2012: A biofizikai éghajlat-osztályozások alkalmazása Magyarországon. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, No. 24, 30–36, ISBN 978-963-284-186-1.
- Ács F., Breuer H., 2013: Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. Budapest: ELTE TTK. 131 pp.
- Ács F., Breuer H., Skarbit N., Krakker D., 2013: Magyarország éghajlata a XX. században különböző éghajlat-osztályozási módszerek alapján. *Légekör*, 58. évfolyam. 3. szám, 106–110.
- Ács F., Skarbit N., Breuer H., 2014: Éghajlatváltozás a Pannon-medencében és Európában a XX. században. *Egyetemi Meteorológiai Füzetek*, No. 25, 87–90, ISBN 978-963-284-538-8.
- Ács, F., Breuer, H., Skarbit, N., 2015: Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. *Theor. Appl. Climatology*, 119, 161–169. DOI: 10.1007/s00704-014-1103-5.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., G de Moraes, J. L., Sparovek, G., 2014: Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728.
- Barry, R. G., 1994: Past and potential future changes in mountain environments; A review. In (Beniston, M., ed. Routledge Publishing Company, London and New York 1994), *Mountain Environments in Changing Climates* pp. 3–33.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., Schlanger, V., 2003: Expected regional variations and changes of mean and extreme climatology of Eastern/Central Europe. In: Combined Preprints CDROM of the 83rdAMS Annual Meeting, Paper 4.7, American Meteorological Society, 10 p.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Matyasovszky, I., Schlanger, V., 2004: A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. *Agro-21 Füzetek*, 33, 1–15.
- Beck, C., J. Grieser, B. Rudolf, 2005: A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. – Climate status report 2004, 181–190, German Weather Service, Offenbach, Germany.
- Beniston, M., 1997: Variations of Snow Depth and Duration in the Swiss Alps over the last 50 Years: Links to Changes in Large-scale Climatic Forcings, *Climatic Change* 36, 281–300.
- Beniston, M. és Jungo, P., 2002: Shifts in the Distributions of Pressure, Temperature and Moisture in the Alpine Region in Response to the Behavior of the North Atlantic Oscillation, *Theor. Appl. Clim.* 71, 29–42.
- Beniston, M., 2005: Mountain climates and climatic change: An overview of processes focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics*, 162, 1587-1606
- Berényi, D., 1943: Magyarország Thornthwaite rendszerű éghajlati térképe és az éghajlati térképek növényföldrajzi vonatkozásai. *Időjárás*, 47 (5-6), 81–91. (7-8), 117–125.
- Bharucha, F. R., Shanbhag, G. Y., 1956: Classification of the vegetation of India, Pakistan and Burma according to effective precipitation. – *Nat. Inst. Sci. India. Proceedings..* W. Australia, 185–203 pp.

- Breuer H., 2007: A párolgás, a talajvíztartalom és a talajlégzés klimatológiai modellezése Magyarországon. MSc szakdolgozat, ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 93 pp.
- Breuer, H., Ács, F., Skarbit, N., 2015: Climate change in Hungary during the twentieth century according to Feddema. *Theor. Appl. Climatology*, 122, 1–11. DOI: 10.1007/s00704-015-1670-0.
- de Candolle, A., 1874: Constitution dans le règne végétal des groupes physiologiques applicables à la géographie botanique ancienne et moderne. Bibliothèque Universelle. *Archives des Sciences Physiques et Naturelles*, 50, pp. 5–42.
- Drucza, M. and Ács, F., 2006: Relationship between soil texture and near surface climate in Hungary. *Időjárás*, Vo. 110, No. 2, 135–153.
- Drucza, M., 2008: A párolgás és a talaj vízháztartási tulajdonságainak modellezése: magyarországi esettanulmányok. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, 100 pp.
- Essenwanger, O. M., 2001: Classification of Climates, World Survey of Climatology 1C, General Climatology. Elsevier, Amsterdam, 102 pp.
- Fábián, Á. P. and Matyasovszky, I., 2010: Analysis of climate change in Hungary according to an extended Köppen classification system, 1971–2060. *Időjárás*, 114, 4, 251–261.
- Feddema, J. J., 2005: A revised Thornthwaite-type global climate classification. *Phys. Geogr.* 26: 442–466.
- Flohn, H., 1968: Contributions to a Meteorology of the Tibetan Highlands, *Atmos. Phys. Paper*, 130, Dept. of Atmospheric Sciences, Colorado State University, Fort Collins. 120 pp.
- Gábris Gy., Horváth E., Horváth G., Kéri A., Móga J., Nagy B., Nemerényi A., Pavlics Károlyné, Simon D., Telbisz T., 2014: Európa regionális földrajza 1., Természetföldrajz, Európai nagytájak, Az Alpok, ELTE Eötvös Kiadó, Digitális Tankönyvtár. [[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_527\\_eu\\_regionalis\\_foldrajz\\_1/ch02s06.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_527_eu_regionalis_foldrajz_1/ch02s06.html)]
- Garnier, B. J., 1950: Thornthwaite's New System of Climate Classification In Its application to New Zealand. *Transactions of the Royal Society of New Zealand*, Vol 79, part 1, 87–103.
- Geiger, R., 1954: Landolt-Börnstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie Vol. 3, Ch. Klassifikation der Klimate nach W. Köppen. – Springer, Berlin. 603–607.
- Geiger, R., 1961: Überarbeitete Neuausgabe von Geiger, R.: Köppen-Geiger / Klima der Erde. (Wandkarte 1:16 Mill.) – Klett-Perthes, Gotha.
- Giorgi, F., Hurrell, J., Marinucci, M., és Beniston, M., 1997: Height Dependency of the North Atlantic Oscillation Index. *Observational and Model Studies*, *J. Clim.* 10, 288–296.
- Grisebach, A., 1866: Die Vegetations-Gebiete der Erde, übersichtlich zusammengestellt. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 12, pp. 45–53.
- Holdridge, L. R., 1947: Determination of world formulations from simple climatic data. *Science*, Vo. 105, 367–368.
- Kakas, J., 1960: A lehetséges évi evapotranszspiráció. Az évi vízfölösleg. Az évi vízhiány. In: Magyarország Éghajlati Atlasza. Akadémiai Kiadó, Budapest, 46/2-4 térkép.

- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel, 2006: World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. – *Meteorol. Z.* 15, 259–263.
- Köppen, W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt.– *Geographische Zeitschrift* 6, 593–611, 657–679.
- Köppen W., 1931: *Grundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter & Co: Berlin.
- Köppen, W., 1936: Das geographische System der Klimata. *Handbuch der Klimatologie*, Band 1, Teil C, eds.: W. Köppen und R. Geiger, Gebrüder Borntraeger, Berlin, 44 pp.
- McKenney, M. S., Rosenberg, N. J., 1993: Sensitivity of some potential evapotranspiration estimation methods to climate change. *Agric. For. Meteorol.*, 64, 81–110.
- Mitchell, T. D., Carter, T. R., Jones, P. D., Hulme, M., New, M., 2004: A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). *Tyndall Centre Working Paper*, 55, 2–7.
- Mitchell, T. D., P. D. Jones, 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. – *Int. J. Climatol.* 25, 693–712.
- Peel, M. C., B. L. Finlayson, T. A. McMahon, 2007: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.– *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, 1633–1644.
- Peterson, T. C., Vose, R. S., 1997: An overview of the Global Historical Climatology Network temperature database, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 78(12), 2837–2849.
- Réthly A., 1933: Kísérlet Magyarország klímaterképének szerkesztésére a Köppen-féle klímabeosztás értelmében. *Időjárás*, IX évf., 105–115.
- Rubel, F., M. Kottek, 2010: Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. – *Meteorol. Z.* 19, 135–141.
- Sanderson, M., 1999: The classification of climates from Pythagoras to Koeppen. – *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 80, 669–673.
- Skarbit, N., 2012: Magyarország éghajlata a XX. században Feddema módszere alapján. BSc szakdolgozat, ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 35 pp.
- Skarbit, N., 2014: Európa éghajlatának alakulása a XX. és XXI. században Feddema módszere alapján. MSc diplomamunka, ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, 59 pp.
- Sparovek, G., Q. Jong Van Lier, D. Dourado Neto, 2007: Computer assisted Koeppen climate classification: a case study for Brazil. – *Int. J. Climatol.* 27, 257–266.
- Szász, G., 1963: A vízháztartás klimatikus tényezőinek vizsgálata Magyarországon. *Debreceni Agrártudományi Főiskola Tudományos Közleményei*, 49–71.
- Szelepcsényi Z., Breuer H., Ács F., Kozma I., 2009b: Biofizikai klímaklasszifikációk. 2. rész: magyarországi alkalmazások. *Légkör*, 54 évf., 4. szám, 18–24.
- Szelepcsényi, Z., 2012: A Kárpát-medence várható éghajlata ENSEMBLES szimulációk korrigált adatai alapján Thornthwaite szerint. Diplomamunka, Budapest 57 pp.

- Szepesiné L. A., 1966: A Kárpát-medence hidroklímájának jellemzői. Beszámoló az 1965-ben végzett tudományos kutatásokról. Az Országos Meteorológiai Intézet hivatalos kiadványai, XXIX. Kötet, 86–114.
- Szesztay, K., 1958: Estimation of water balance of catchment areas in Hungary. *Időjárás*, 62, 313–328.
- Thornthwaite, C.W., 1933: The climates of the earth. – *Geogr. Rev.* 23, 433–440.
- Thornthwaite, C.W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Review*, XXXVIII, 55–93.
- Villmow, J. R., 1962: Regional Pattern of Climates in Europe According to the Thornthwaite Classification. *The Ohio Journal of Science*, 62,1, 39–53.
- Wilcock, A. A., 1968: Köppen after fifty years. – *Ann. Assoc. Am. Geog.* 58, 12–28.
- Willmott, C. J., Feddema, J. J., 1992: A more rational climatic moisture index. – *The Professional Geographer*, 44. pp., 84–88.

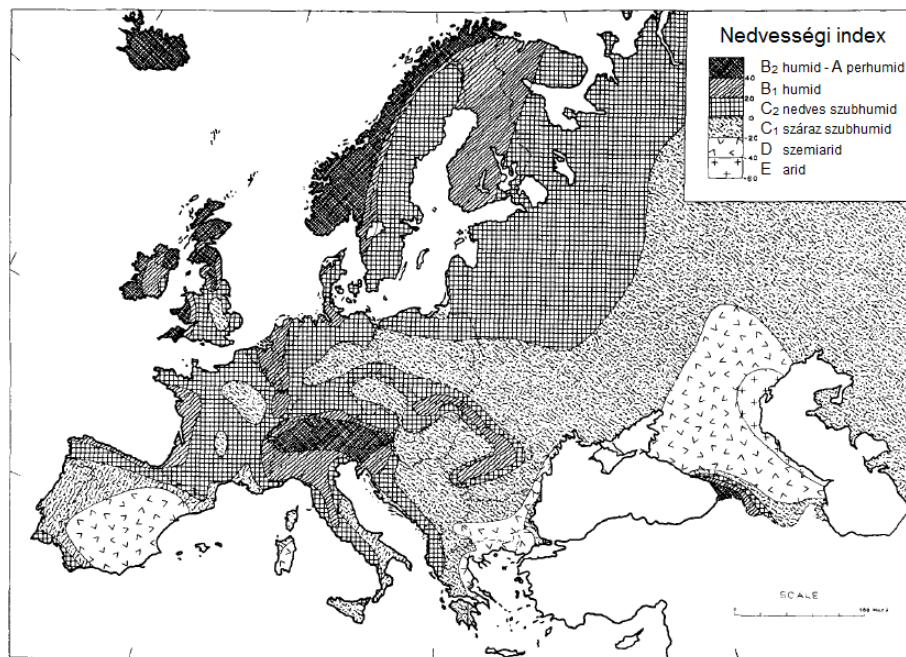
# Függelék



**F1. ábra**

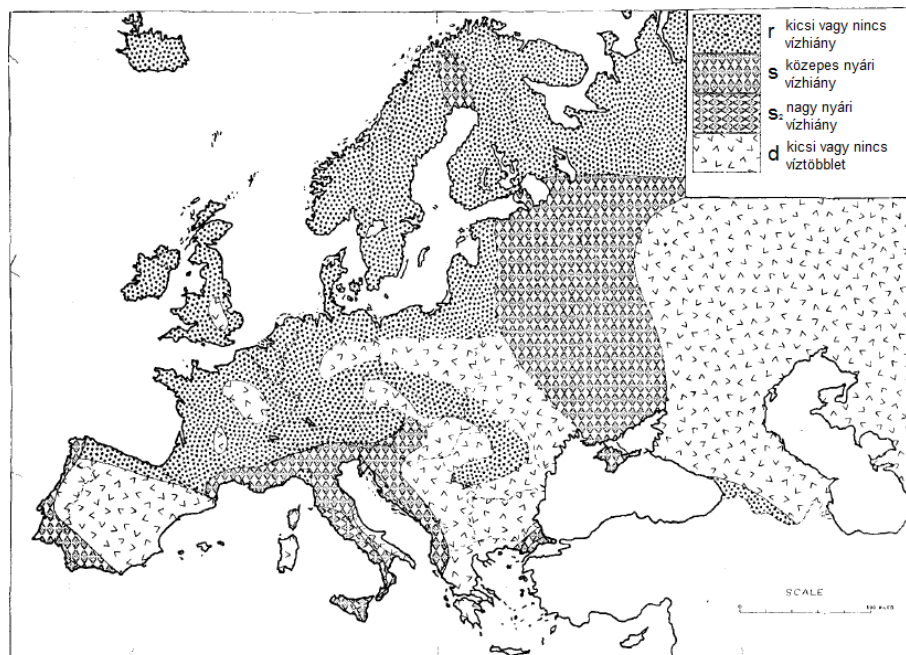
Az éghajlat területi eloszlása Európában *Köppen* (1936) módszere alapján (*Peel et al.*, 2007)





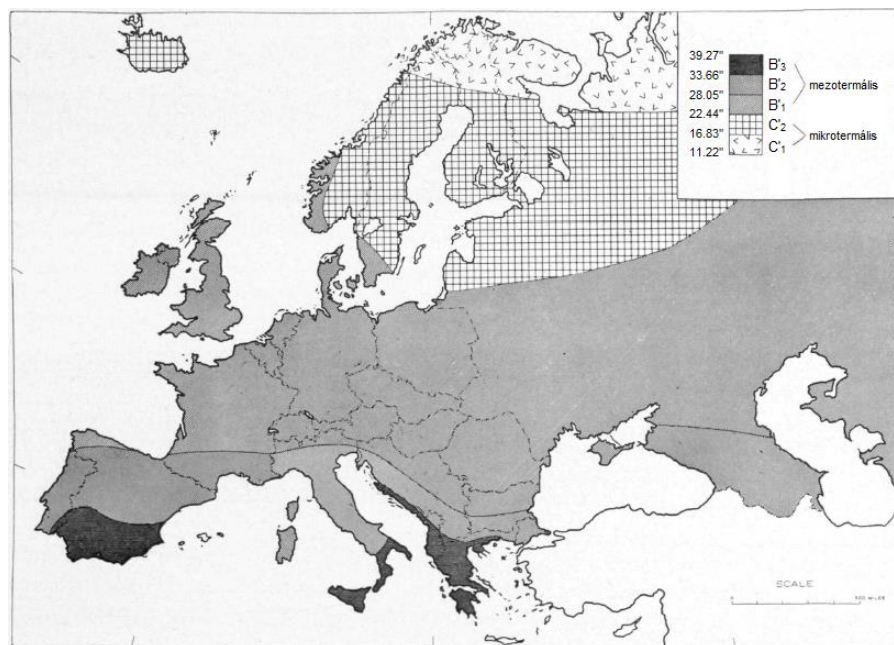
**F2. ábra**

A vízellátottság területi eloszlása Európában *Thornthwaite* (1948) módszere alapján (*Villmow*, 1962)



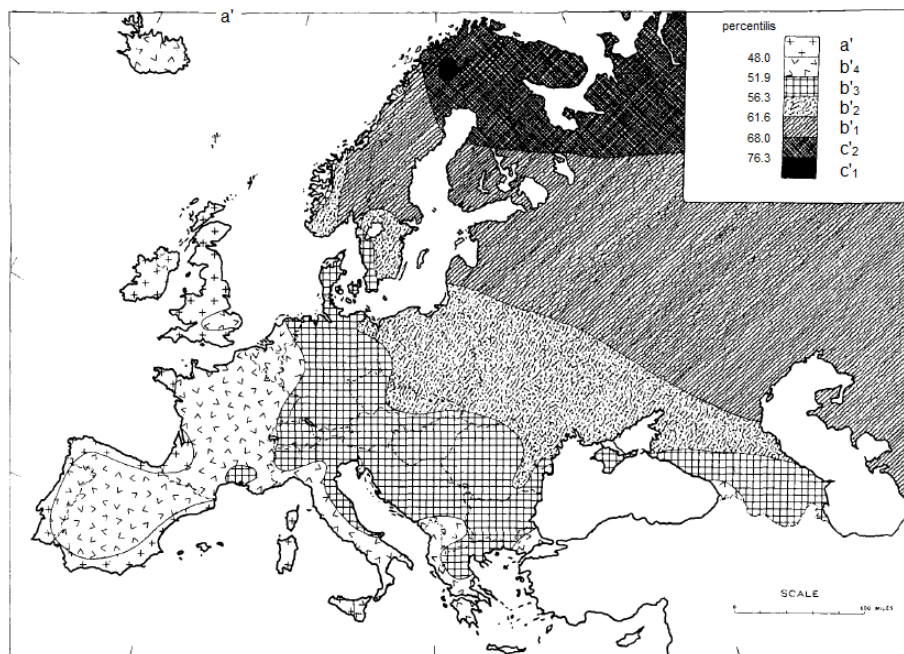
**F3. ábra**

A vízellátottság szezonális jellegének területi eloszlása Európában *Thornthwaite* (1948) módszere alapján (*Villmow*, 1962)



**F4. ábra**

A hőellátottság területi eloszlása Európában *Thornthwaite* (1948) módszere alapján (*Villmow*, 1962)



**F5. ábra**

A hőellátottság szezonális jellegének területi eloszlása Európában *Thornthwaite* (1948) módszere alapján (*Villmow*, 1962)