

HEGYVIDÉKI TERÜLETEK ALTERNATÍV DOMBORZATÁBRÁZOLÁSI MÓDSZEREI

**SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNY ALAPSZAK
TÉRKÉPÉSZ ÉS GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY**

Készítette: Harsányi Melinda
Témavezető: Gede Mátyás
Tanársegéd

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudomány Intézet
Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Budapest, 2010

Tartalomjegyzék

| | |
|---|-----------|
| 1. Bevezetés | 3 |
| 2. Néhány szó a domborzatról..... | 5 |
| 3. Domborzatábrázolási módszerek történeti áttekintése | 7 |
| 3. 1. Perspektív ábrázolás | 7 |
| 3. 2. Csíkozásos domborzatábrázolás..... | 11 |
| 3. 2. 1. Geometriai csíkozás..... | 12 |
| 3. 3. Szintvonalas ábrázolás..... | 17 |
| 3. 3. 1. Módosítások a szintvonalrajzban | 21 |
| 3. 4. Árnyékolásos ábrázolás..... | 23 |
| 3. 5. Rétegszínezés | 24 |
| 4. A modern technika..... | 26 |
| 4. 1. Anaglif ábrázolás | 26 |
| 4. 2. A polarizáció | 29 |
| 4. 3. LFD (Lenticular Foil Display)..... | 32 |
| 4. 3. 1. A lentikuláris módszer alapjai..... | 33 |
| 4. 3. 2. A lentikuláris fóliák jellemzői..... | 35 |
| 4. 3. 3. A lentikuláris technológia előnyei | 37 |
| 4. 4. Rácsmaszkos technika | 37 |
| 4. 5. Kézzel készített domborzati modellek..... | 38 |
| 4. 5. 1. A modell készítése | 39 |
| 4. 5. 2. A modell megvilágítása..... | 42 |
| 5. Összegzés | 43 |
| 6. Köszönetnyilvánítás | 44 |
| 7. Ábrajegyzék | 45 |
| 8. Irodalomjegyzék..... | 47 |

1. Bevezetés

Szakedolgozatom a domborzattannal, szűkebb értelemben a domborzatábrázolással foglalkozik, amely rendkívül sokrétű, így rengeteg érdekes fogalomkörbe enged bepillantást. Épp ezen okból, témám biztosítja a tág mozgásteret számomra egy szakszerű, érdekes munka kialakításához.

Azért választottam ezt a témakört, mert rendkívül közel áll hozzám a domborzatábrázolás történeti fejlődése, beleértve annak általános szempontjait és az ábrázolás módjának fejlődését. Érdeklődésem okán mélyen beleásom magam a szakág körültekintő tanulmányozásába, s remélem szakedolgozatom nyújt némi új információt a szakértő közönségnek.

Munkám első fejezeteiben szeretnék kitérni a domborzatra, annak formáira, elemeire. Dolgozatom témájából adódóan úgy vélem, hogy kiemelkedően lényeges áttekintenem a domborzatábrázolás történeti fejlődését, továbbá szó lesz a régen és jelenleg használt módszerek bemutatásáról, értékeléséről, visszanyúlva egészen a XIII. századig. A későbbiekben kitérek a modern technika vívmányaira, s a megjelenítés terén történt előrelépések eredményeire szeretnék rávilágítani.

A domborzatábrázolás rendkívül nagy fejlődésen ment keresztül az idők folyamán. Szükség is volt rá, hogy kielégítthesse az egyre bővülő felhasználói igényeket. A térképek felhasználói két csoportba oszthatók. Az egyikbe tartoznak a katonai-, a másikba pedig a polgári felhasználók. A magyar térképezés fejlődését a XVIII. század végéig más országokhoz hasonlóan a katonai igények alakították. Ezek az igények ma is léteznek, hiszen akármikor bekövetkezhet egy háború, melynek folyamán fontos, hogy a katonák ismerjék az ellenséges területek pontos határait, domborzatát, s fel tudják mérni mozgásterüket. A felhasználók másik köre is megkívánja a minél precízebben elkészített térképeket, hiszen ma már ki tudna úgy kirándulni, hegyet mászni, túrázni, hogy ne vinné magával a legfontosabb eszközt, amely által tájékozódhat az idegen környezetben. Ez a fontos eszköz a térkép, autós kirándulások esetében pedig a GPS navigációs rendszer. A polgári oktatás területén tevékenykedőket is foglalkoztatta a domborzatábrázolás, melynek fő szempontja, hogy olyan ábrázolás kerüljön az oktató térképre, amelynek segítségével a diákok helyesen és gyorsan megtanulhatják és megérthetik a földfelszín változatos alakzatait. Általában a katonák fedezték fel az újabb eljárásokat és az ő

eredményeiből használhatták fel a polgári térképészek mindazt, amire szükségük volt. Azonban a munka fordítottja is fennáll, kiváltképpen napjainkban.

Fontos megemlíteni a polgári térképészet oldalán a turizmust is. Ahhoz, hogy a turista tudatában legyen a kitűzött útszakasz nehézségeivel, tudnia kell értelmezni a térképeken megjelenített ábrákat, amelyek az adott kortól függően eltérőek. Ugyanilyen lényeges szempontnak tekinthető, hogy felismerhetőek legyenek a térképeken az adott területen előforduló utak, vasutak, folyók, települések, írások, stb. Összefoglalva tehát minden térképen felszíni és domborzati vonatkozású rajzi anyag található. A felszínrajz anyagát az előbb említett utak, vasutak, folyók, települések, írások adják, melyek általában mértani vonalakból állnak. A domborzati anyag pedig a terepidomok összességének ábrázolását foglalja magában, mely a művészi tehetség által érvényre jutó elemekből áll. Ezen elemek mellett azonban lényeges szempont a harmadik dimenzió megfelelő kifejezésére való törekvés is. A domborzat ábrázolására sokféle módszert dolgoztak ki, melyek fő célja, hogy különféle térképi követelmények esetén a helyességet szem előtt tartva a kifejezésben térhatást nyújtson.

A domborzatábrázolás, tágabb értelemben a domborzattan az ábrázoló geometria segítségével igyekszik megközelítően ábrázolni a terepi formákat. Ez hozzájárul ahhoz, hogy a térképi domborzatábrázolás felszíni helyességét biztosítsuk még akkor is, ha esetleg el kell tekintenünk a mérhetőségi követelményektől. A domborzattan fő célja, hogy a felhasználóval megismertesse a felszíni idomokat, és ezen idomok térképen való ábrázolásának módját.

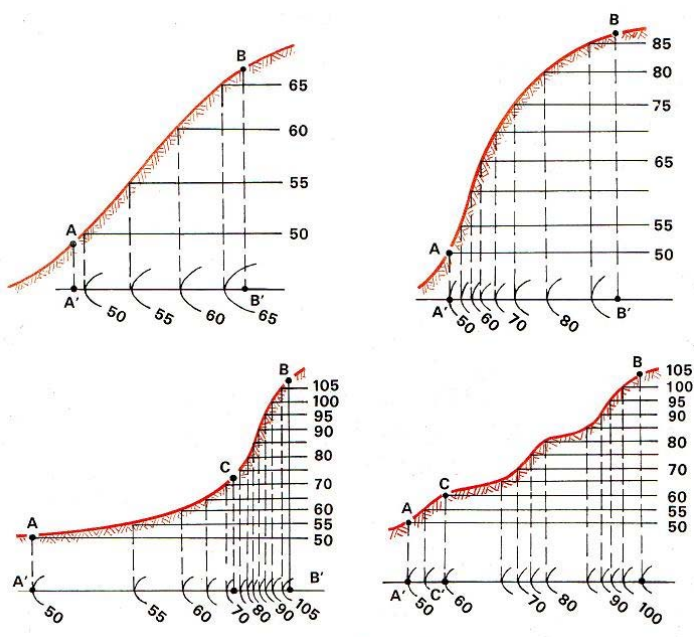
2. Néhány szó a domborzatról

Mivel témám középpontjában a domborzatábrázolás áll, ezért úgy gondolom, hogy mindenféleképpen szükséges szót ejtenem a domborzatról, mint a felszín kiemelkedésével és bemélyedésével kialakuló idomok összességéről. A kiemelkedés és bemélyedés meghatározható valamilyen önkényesen megállapított viszonyító felület segítségével, melyre a legalkalmasabbnak a tenger közepes szintjét tekintjük. Ezen szint egy gravitációs szintfelületként értelmezhető, melytől, mint nullától felfelé pozitív, lefelé negatív értelemben számolhatunk. A nulla szint felett számos vele párhuzamos szint elképzelhető, amelyeket ha szükséges, kiindulásul alkalmazhatunk akár külön-külön is. A tengerszinttől számított kiemelkedések magasságát valódi (abszolút), míg a többi párhuzamos szintfelületek valamelyikétől, esetleg valamely más jellegzetes tereptárgytól számított magasságát viszonylagos (relatív) magasságnak nevezik. (Dr. Irmédi-Molnár, 1970)

Harcászati szempontból a domborzat nagymértékben meghatározza a terep tulajdonságait, és hatással van a terep többi alkotórészeinek (vizek, növényzet, települések, közlekedési hálózat, talaj) helyzetére és jellegére. Ahhoz, hogy a térképen pontosan ábrázolni tudjuk az adott területet, elengedhetetlen a domborzati formák ismerete. Ezek közül megkülönböztetünk vízvásztó idomokat, mint például a kúp, a hegyhát, a pihenő, a nyereg, vagy a lejtőkúp. Vízyűjtő idomokat, mint a völgy, a teknő, a metsződés, vagy a vízmosás és részletidomokat, mint a tereplépcső, hegyorr, terepfok, horhos, lyuk, töbör, zsomboly, szikla, omladék, hómező és jégár. Az előbb említett harcászati szempontból a vízvásztó idomok elsősorban a megfigyeléshez, tájékozódáshoz, felderítéshez nyújtanak kedvező feltételeket. A vízyűjtő idomok a rejtési, álcázási feltételek mellett lehetővé teszik a rejtett mozgást, valamint a műszaki létesítmények, tüzelőállások felépítését. A részletidomok többnyire akadály-jellegűek, ezen kívül azonban lehetőséget nyújtanak egyéb lényeges tevékenységek elvégzésére, mint például a rejtett megközelítés, vagy a fedezés.

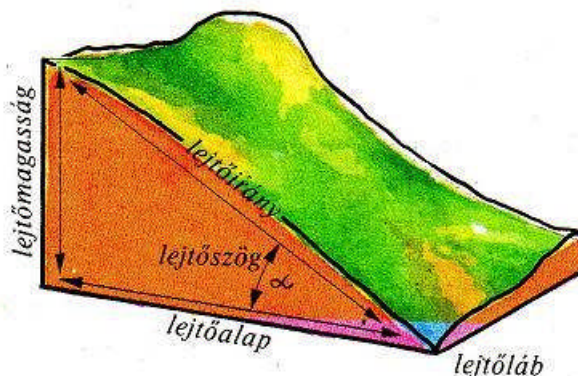
A lejtő tekinthető a legkülönbözőbb formájú domborzatalkotó elemnek. Tulajdonképpen ezek az elemek alkotják a Földfelszín hegyekre és völgyekre visszavezethető részeit, melyekből két másik idom különíthető el, a hegy gömbölyű formájából a kúp és a völgy zártságából a medence.

A lejtők alkotják továbbá a magaslatok, illetve a mélyedések oldalfelületeit. Kiemelkedő vonásaikat alakjuk és lejtésük adják, melyek alapján négy lehetséges lejtőformát különböztetünk meg. Abban az esetben, ha a lejtő egyenletes lejtésű, egyenes lejtőről, ha a lejtés csökken a lejtő lábától a gerinc felé, akkor pedig domború lejtőről beszélünk. Ha a lejtés növekszik a lejtőlábtól a gerincperem felé, homorú lejtőről van szó. A negyedik, a változó, vagy összetett lejtő típusáról pedig akkor beszélünk, amikor az előző formák egymást követve fordulnak elő a lejtőoldalon (1. ábra).



1. ábra: Lejtőformák

Fontos megemlíteni továbbá a lejtőelemeket, melyeknek szintén több fajtáját különböztetjük meg. Ezek közé tartozik a lejtőmagasság, a lejtőszög, a lejtőalap, a lejtőláb és a lejtőirány. Ahhoz, hogy ezek helyzetét kellőképpen megértsük, a második ábra nyújt megfelelő segítséget. További fontos szempont a lejtők járhatósága, melyet a lejtőszög határoz meg. Ennek megfelelően négy lejtőtípust különböztetünk meg. A lapos lejtőket, amelyek maximális lejtése 15° -os, a közepes lejtőket, melynek 30° -os, a meredek lejtőket 60° -os maximális lejtéssel és a bukóereszkedőket 60° feletti lejtéssel. Az utóbbiak már igen meredek lejtők, járhatóságuk nehéz. (Dr. Balatoni, 1991)



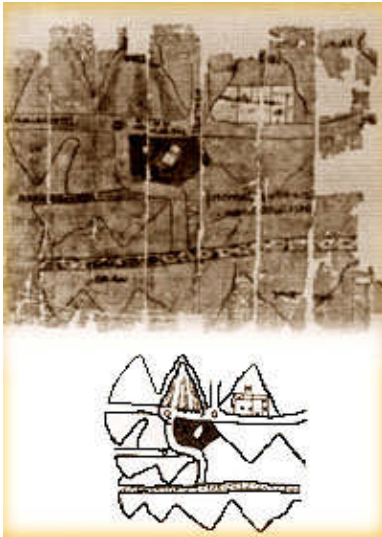
2. ábra: Lejtőelemek

3. Domborzatábrázolási módszerek történeti áttekintése

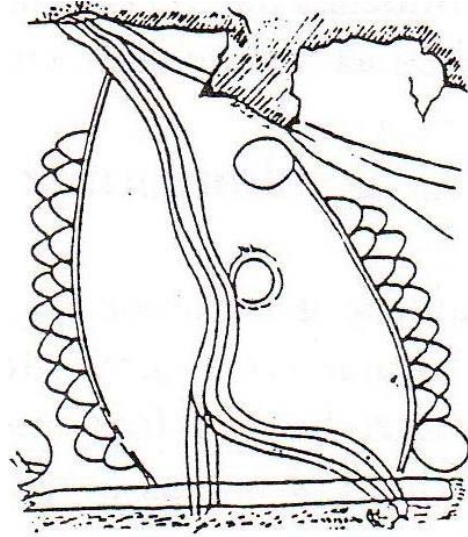
A térképek szerkesztése, a felszín egyenetlenségeiből fakadó domborzati formák bemutatása mindig kihívást jelentett a térképkészítők számára. Rendkívül lényeges, hogy az ábrázolt területen a domborzat felismerhető, annak magassága pedig mérhető legyen, így ennek a két feltételnek a teljesítése elengedhetetlen a megfelelő domborzati rajz kialakításakor. A dombok, hegyek, medencék, völgyek és az azokon előforduló természetes és mesterséges tereptárgyak síklapon való bemutatása hosszú időn keresztül nehéz feladatnak bizonyult, a földfelszíni tárgyak magassági különbségeinek érzékeltetése pedig sokáig kivitelezhetetlennek tűnt.

3. 1. Perspektív ábrázolás

A domborzat valóság-hű ábrázolása okozta a legtöbb fejtörést a régi idők térképszerkesztői számára. A kétdimenziós síkra-zi elemek (vízfelszínek, határok, útvonalak, stb.) megjelenítésében viszonylag rövid időn belül elértek a felülnézeti ábrázoláshoz. Az eddig ismert legrégebb ilyen térkép az egyiptomi eredetű Torinói papirusz, ami egy ókori aranybányát és környékét ábrázolja i.e. XIII. századból (3. ábra). A térképen a hegyek oldalnézetben, minden más felülnézetben jelenik meg. A korai térképek hernyószerűen tekergő rajzokkal, fűrészfogazásos sávokkal, méhkas- és vakondtúráshoz hasonlítható halmok sorozatával fejezték ki a nagy kiterjedésű, magashegységi hegyvonulatokat. Az i.e. III. évezredből származó babiloni országtérképen Mezopotámiát, s a környékén található hegyeket méhkas-szerű rajzok teszik láthatóvá (4. ábra).

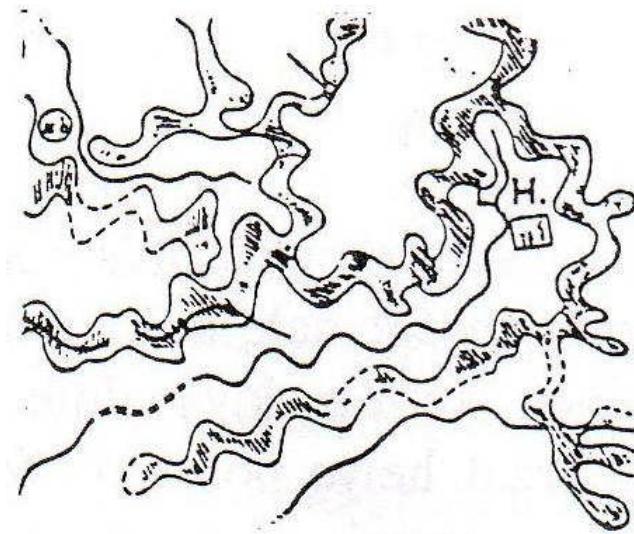


3. ábra: Torinói papirusz



4. ábra: A babilóniai országtérkép

Az i.e. II. századból való kínai térképen a hernyószerű, önmagukba visszatérő vonalak csak a hegyvonulatok irányát és kapcsolódásait ábrázolja, a területi kiterjedésre semmiféle utalás nem látható (5. ábra). A Tabula Peutingerianán, vagyis egy 4. századi római úttérképen a hegységek helyét hullámos fűrészfogazással jelölik (6. ábra). (Unger, 1999)



5. ábra: Az i.e. 2. századi kínai térkép



6. ábra: Tabula Peutingeriana

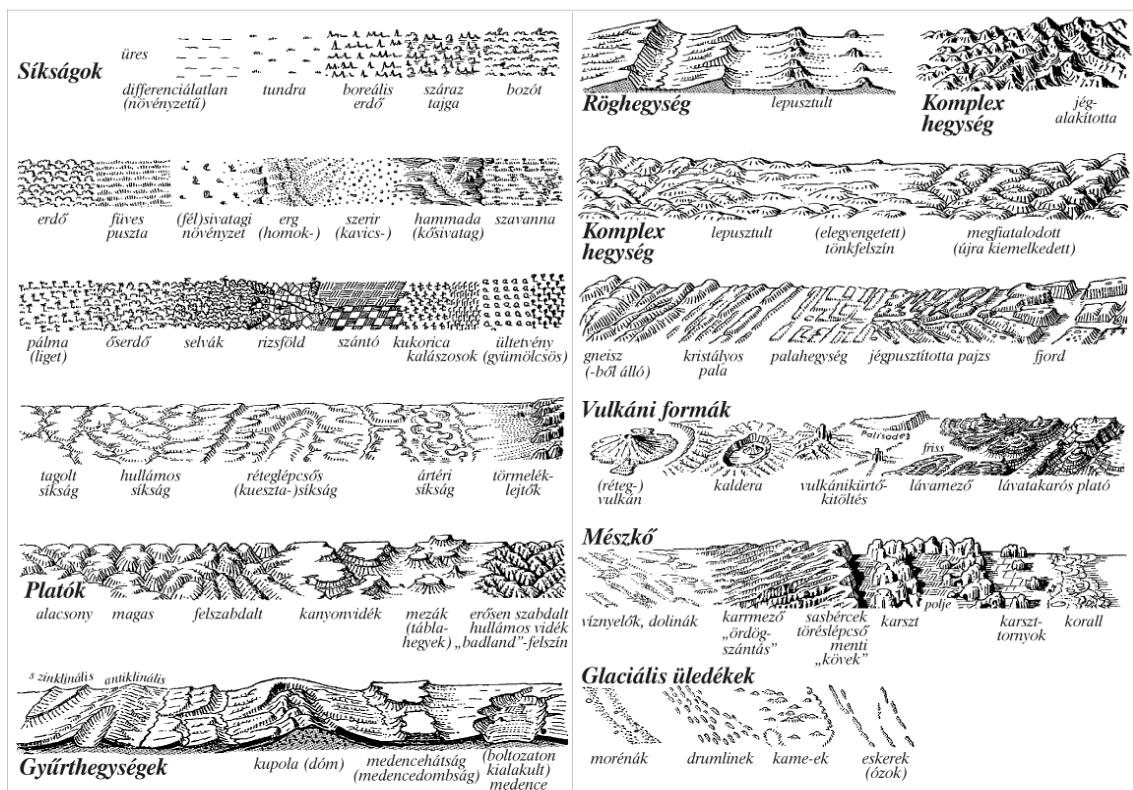
Ptolemaiosz első kiadásában vékony vonallal határolták a hegységeket, az általuk körülzárt területet vagy üresen hagyták, vagy szabálytalan vonalkázással, pontozással emelték ki. A hegységek alaprajzszerű és plasztikus ábrázolása a XV. század óta fedezhető fel. Berlingheri az 1478-as Ptolemaiosz másolatán árnyékolással fejezte ki a hegyoldalak domborúságát, mellyel fensíkszerű kiemelkedést ért el, módszerére azonban nem figyeltek fel különösképpen. Ettől az időszaktól kezdve vált általánossá a hegységek oldalnézetben, egyenlő nagyságú, kis halmok úgynevezett „vakondtúrások” sorozatával való bemutatása. Előfordult, hogy a halmocskákat jobb oldaluk árnyékolásával ábrázolták, mely így a méretarány növelésével a domborzat kiterjedését és irányát ugyan kifejezésre jutatta, a hegyek magassági viszonyait azonban nem. Egyes szerzők, akik országtérképeiket felmérés alapján készítették, a hegység tényleges oldalnézeti képét kísérelték meg felrajzolni. Ezt nevezik oldalnézeti domborzatrajznak. Apianus 1561. évi Bajorország térképén már megközelítő helyezthűséggel és helyes arányokkal ábrázolt kiemelkedések figyelhetők meg.

Az oldalnézet helyesbítése vezetett el a hegységek madártávlati ábrázolásához, amely olyan látványt kelt, mintha egy magas hegytetőről szemlélnénk a tájat. A térbeli benyomás fokozása a feltételezett megvilágításnál árnyékba eső lejtők finom vonalkázásával történt. A napsütés feltételezett irányának az északnyugati választották. Térhatású domborzatábrázolás figyelhető meg Marsigli Duna térképén (7. ábra). Ezen ábrázolási módszert Raisz Ervin (1893-1968) a magyar származású amerikai kartográfus újította fel. Raisz a



7. ábra: Marsigli Duna térképe

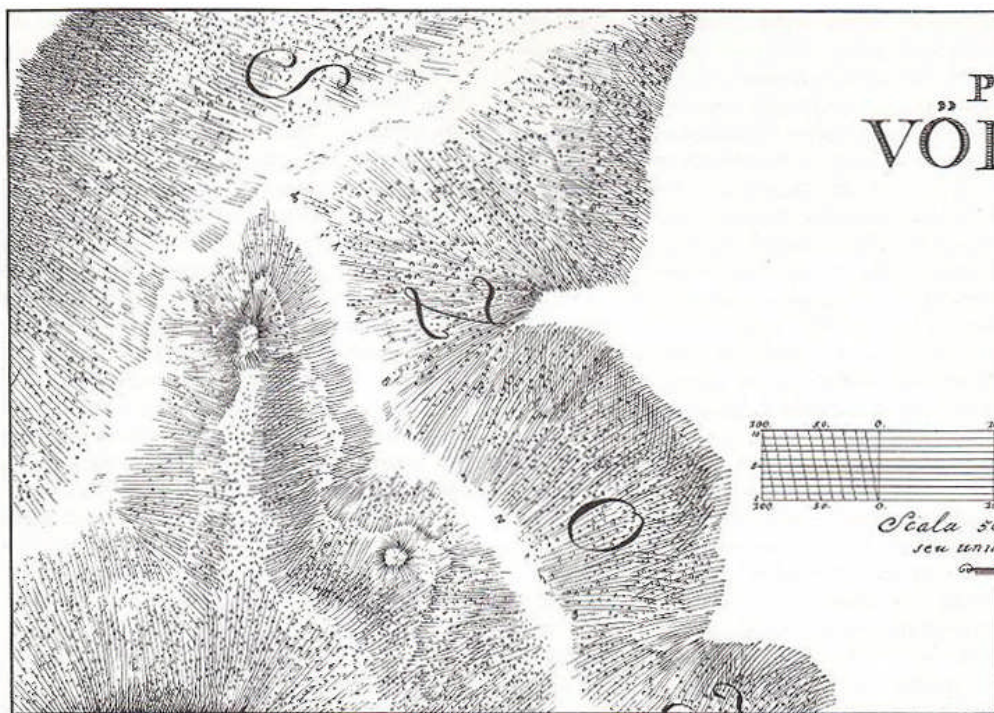
lejtők, vagy magasságkülönbségek ábrázolása helyett tájtipusok bemutatását szorgalmazta, melyek grafikus szimbólumok által kerültek kifejezésre. 1938-ban megjelent tanulmányában 40 geomorfológiai típusra osztotta fel a Föld felszínét, melyet madártávlati hatáshoz hasonló formába rajzolt át, így kialakította a földrajzi jellegzetességeket rendkívül jól kifejező fiziografikus domborzatrajzot (8. ábra).



8. ábra: A fiziografikus domborzatábrázolás jelkulcsa

3. 2. Csíkozásos domborzatábrázolás

Előfordult azonban, hogy a hegyrajz fontos információkat, például egy települést takart el a térképen. Ebben az esetben a csapásirány megváltoztatásával a hegyrajz módosításra került. Ahhoz, hogy csökkenthessék az eltakart területek arányát, meg kellett emelniük a ránézeti pont magasságát, melynek következtében a madártávlat úgynevezett galambnézetből sasnézetté vált. Így jutottak el a hegység felülnézeti megjelenítéséhez, melynél a gerinceket fehérén hagyták és az innen induló, völgy felé tartó finom vonalak, a lendületcsíkok, vagy pillacsíkok rendszere érzékeltette a lejtőket. Ez a módszer rendkívül gyorsan elterjedt Európában a francia Cassini nyomán az 1700-as évek második felében. Magyarországon Mikoviny alkalmazta először az eljárást (9. ábra).



9. ábra: Mikoviny Vöröskő környékét ábrázoló térképének részlete

A módszer alkalmazása során a domborzati formák kifejezésére hosszan elnyúlt sűrűbb és ritkább vonalakat alkalmaztak, mellyel így a lejtők meredekségét kifejező árnyékolást értek el.

A módszernek azonban akadnak hátrányai is, melyek közül a legfontosabb az, hogy nem engedi kifejezésre jutni a magassági értékeket, vagyis eltérő magasságú és domborzatú tájakat is azonos formában jelenít meg. Hasonlóan széles, sík talpú völgyekkel tagolt lapos platókat mutat egészen eltérő formakincsű területeken is, mint például az Alpok és a Dunántúli-középhegység. Előfordult,

hogyan az ábrázolt terület felmérése becsléssel, nem ritkán egyéni benyomásokon alapult, így meglehetősen pontatlanul történt.

Bár a lendületcsíkok módszerével látható volt az eltérés az enyhe lejtésű területek és a meredekebb hegyrészek között, mégis alkalmatlan volt a meredekebb szakaszokon belül előforduló lejtőrészletek kifejezésére. Ezek érzékeltetése céljából tovább finomították az eljárást 1789-ben, melynek értelmében a lejtőszakaszok ábrázolásához folyamatos lendületcsíkokat kezdtek alkalmazni, melyek a legmagasabb ponttól a legalacsonyabbig húzott, egymást keresztező csíkok voltak.

Samuel Schmettau (1684-1751) 1719-ben a lejtő irányába mutató párhuzamos csíkozást használt térképén, melyeknek vastagsága a lejtő meredekségét volt hivatott kifejezni, hossza pedig az ábrázolt lejtő hosszával volt azonos.

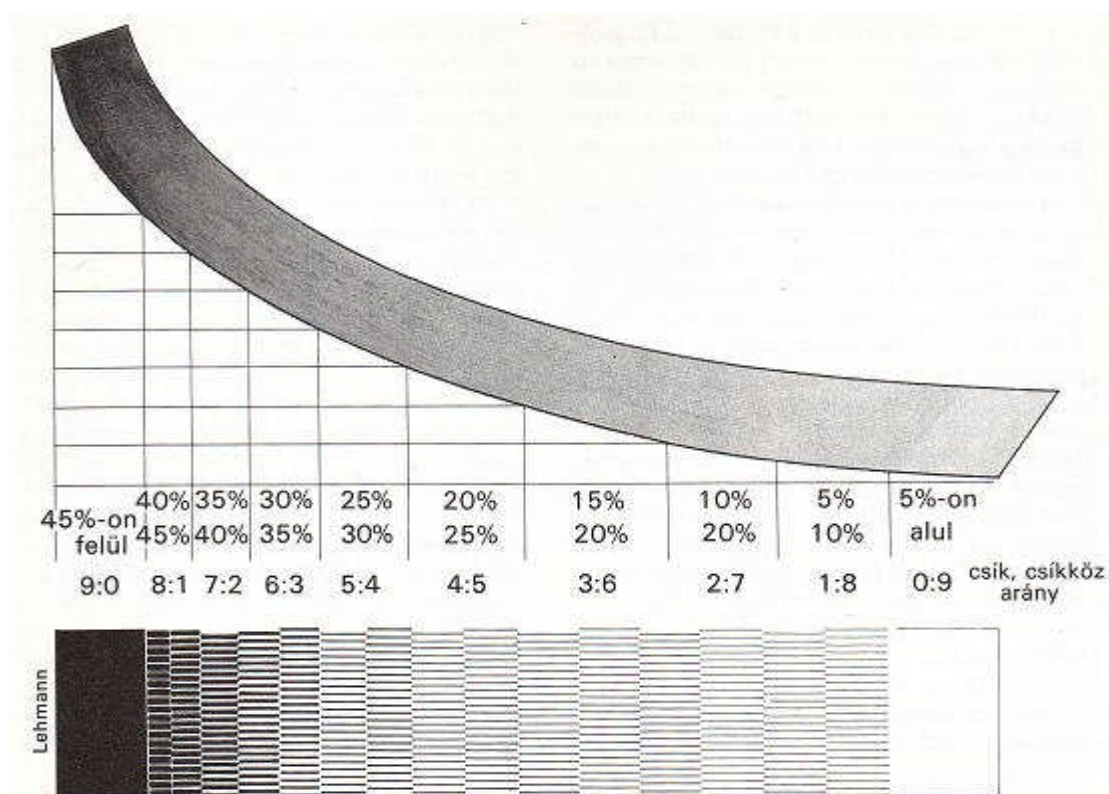
A 18. század vége felé Ludwig Christian Müller (1744-1804) jóvoltából elterjedt a minél meredekebb, annál sötétebb elv. Kialakította a hatfokozatú csíkvastagságot, további három fokozat segítségével a sziklafalak leküzdhetőségét érzékeltette és a 45° -nál meredekebb lejtőket befeketítette.

3. 2. 1. Geometriai csíkozás

Nem sokkal ezután a lendületcsíkozásos domborzatábrázolási módszert Johann Georg Lehmann (1765-1811) száz őrnagy foglalta összefüggő rendszerbe. 1799-ben, Lipcsében jelent meg híressé vált könyve: „Darstellung einer neuen Theorie der Bezeichnung der schiefen Flächen im Grundriß oder der Situationszeichnung”, vagyis „A ferde felületek megjelölését, avagy a hegyek helyszínrajzát szolgáló új elmélet ismertetése”, melyben Lehmann megreformálta a csíkozást. Elméletét a felső megvilágításra alapozta, abból indult ki, hogy a függőlegesen megvilágított felületekre annál kevesebb fény esik, minél meredekebbek, minél nagyobb a szög, amelyet a vízszintessel bezár. Ennek értelmében a legtöbb fény a vízszintes felületekre esik, a legkevesebb, gyakorlatilag semmi pedig a függőleges síkra. „A két szélső érték (fehér és fekete) között, a lejtőszögtől függően, számtalan átmeneti árnyalat lehetséges. A korabeli sokszorosítási eszközökkel valódi árnyalatokat (bármely szín árnyalati értékének folyamatos változását) nem tudtak visszaadni, csak vonalakat. Ezért az árnyalatkülönbségeket eltérő vastagságú csíkok (lejtőcsíkok) alkalmazásával hozták létre.” (Klinghammer, Papp-Váry, 1983, 194. o.) Lehmann skálájában a fekete

csíkok és a fehér csíkközök viszonyát nem a valóságos, felső megvilágításból eredő értékek szerint állapította meg.

Lehmann a tükröződő felszínek megvilágítását vette alapul, ahol például egy 45°-os lejtő az összes fénysugarat vízszintes irányban térít el. Ennek eredményeképp a megfigyelő, aki a megvilágítás felől szemléli a lejtőt, egyetlen fénysugár sem érkezik vissza, így a 45°-os lejtő teljesen sötét. Ezzel szemben a vízszintes felületeknél viszont minden egyes fénysugár visszaérkezik a szemlélőhöz, ezért ez teljesen fehér. A fekete és fehér részesedését arányosan osztotta fel 45° és 0° között, ennek értelmében a fehér (0-5°-os lejtők) és a fekete (45° feletti lejtők) színelületek között nyolc 5°-os, egyre erősödő árnyalatú fokozatot hozott létre (10. ábra). Igaz, hogy Lehmann ezzel eltér a tényleges megvilágítás értékeitől, a logaritmikus arányosságtól, viszont elérte azt, hogy a lankásabb lejtők ábrázolásánál a fokozatok jól megkülönböztethetők legyenek. Ez katonailag rendkívül nagy jelentőséggel bírt. (Klingammer, Pápay, Török, 1995)



10. ábra: A fény-árnyék változása a lejtőszög függvényében és az azt kifejező Lehmann-féle csíkfokozatok

A csíkok megrajzolása mindig a legrövidebb lejtő irányába történt úgy, hogy derékszöget zárjanak be a felszínt metsző vízszintesekkel. Annak érdekében, hogy ezt be tudják tartani, a helyszíni felvételezés során, szemmérték alapján rá kellett

rajzolniuk a térképekre a körülbelül egyenlő magasságban egymás felett elhelyezkedő helyi vízszinteseket. A múlt században már műszerek segítségével jelölték ki az azonos tengerszint feletti magasságokat összekötő vonalakat, amelyek nem mások, mint a szintvonalak, melyekről később ejtenék szót.

A csíkozás elkészítése a helyi vízszintesek, illetve a szintvonalak segítségével történt úgy, hogy a csíkok hossza nem lehetett nagyobb, mint 4 mm, s a két csík közötti térköznel sem lehetett kisebb. Szükségszerű volt a lejtő kanyarodásánál a csíksor több részre bontása, így elkerülhető volt, hogy a lejtők egyöntetű árnyalatát a széthajló csíkok megbontsák. Csak rendkívüli esetekben lehettek egymás folytatásai az egymásra rajzolt csíkok és úgy kellett ábrázolni, hogy a második csíksornak az előző csíkok közé kell esnie. Fontos volt továbbá, hogy a második sor csíkjainak ugyanabban a szintben kellett kezdődniük, mint ahol az előző sor véget ért. Eleget kellett tenni a feltételnek, miszerint az alsó csíksor vonalkái nem nyúlhattak a felső vonalkák közé, de térköz sem keletkezhetett. A francia térképek abban tértek el a többi térképtől, hogy a csíksorok között fehér sávot hagytak. Lényeges, hogy a csíksorok egymásba átmenése egyenletes legyen.

A csíkozás elkészítése rendkívül sok munkát igényelt, de alkalmazásakor igen kifejező és szemléletes kép jött létre. A Lehmann féle csíkozásnak azonban az előbb említett előnye mellett volt egy nagy hátránya. A meredekebb lejtőkön a csíkok sűrűsége eltakarta a felszíni vonatkozású egyéb tartalmat, enyhe lejtők esetén pedig a ritka csíkozás megnehezítette a domborzat felismerését.

Több Lehmannéhoz hasonló csíkozási rendszer is kialakult Franciaországban. Francois Chrétien de Benoit (1729-1812) a negyedelés törvényét alkalmazta, melynek segítségével két szintvonal közötti távolságot rámérte a magasabb rendűre, s az így megjelölt szakasz negyedelési pontjaiban húzta meg a legrövidebb lejtő irányába mutató szintvonalakat. Benoit és Lehmann csíkozása ránézésre hasonló volt, azonban míg Lehmann rendszerénél a csíkok egymástól való távolsága megegyezett, csak azok vastagsága változott, addig Benoitnál fordítva volt, a csíkok közti távolság változik a lejtőszög függvényében a változatlan vonalvastagság mellett. Igen hamar kiderült, hogy ennek a módszernek is vannak hátrányai, ugyanis minél meredekebb volt az ábrázolandó terület, annál sűrűbb csíkozás jellemezte, melynek értelmében egyre sötétebbé vált. Ez azt eredményezte, hogy bizonyos térképi tartalmakat ez a módszer is kitakarta. További problémát jelentett, hogy a lankásabb területeken az igen hosszú, egymástól távoli

csíkok zavaróak, összetéveszthetők voltak más térképi elemekkel. Ezeket a hátrányokat úgy próbálták meg kiküszöbölni, hogy az enyhe lejtőkről a csíkokat elhagyták, az egymást 2 mm-re megközelítő szintvonalaknál a csíkokat ritkábban, de vastagabbra húzták meg.

Több javaslat is született, amelyek újfajta csíkformák megrajzolásával próbálták meg a magassági fokozatok első rátekintésre való, könnyebb megkülönböztetését. Hazánkban a csíkozás helyesbítésére két terv is kidolgozásra került.

Lakos János (1776-1843) őrnagy 1820-ban a lovasság közlekedésének megfelelően négyfokozatú skálát hozott létre pontokból, rövid csíkokból és négyzethálószerűen megrajzolt vonalakkból.

A következő magyar javaslatot Tóth Ágoston nevéhez köthetjük, aki nyolc fokozatot használt. Tóth a függőleges csíkok eltérő irányú és sűrűségű keresztvonalkázásával kívánta fokozni az egyes lépcsők megkülönböztethetőségét. Azonban ő maga is elvetette eljárásának alkalmazását, mert több munkával jár és elsötétíti az összképet.

Számtalan módszer közül Bechstatt rendszerét kissé módosítva ugyan, de a gyakorlatban is alkalmazták. Használt balra és jobbra ívelt csíkokat, ezek mellett azonban az eddigi módszerekkel ellentétben Bechstatt pontozott, folytonos és hullámvonalas csíkok változásából álló skála kidolgozásán is fáradozott. Ez utóbbi módszer alkalmazását Friedrich Müffling (1775-1851) tábornok rendelte el 1821-ben a porosz térképek készítésénél, ezért az ő neve alatt vált ismertté (11. ábra).

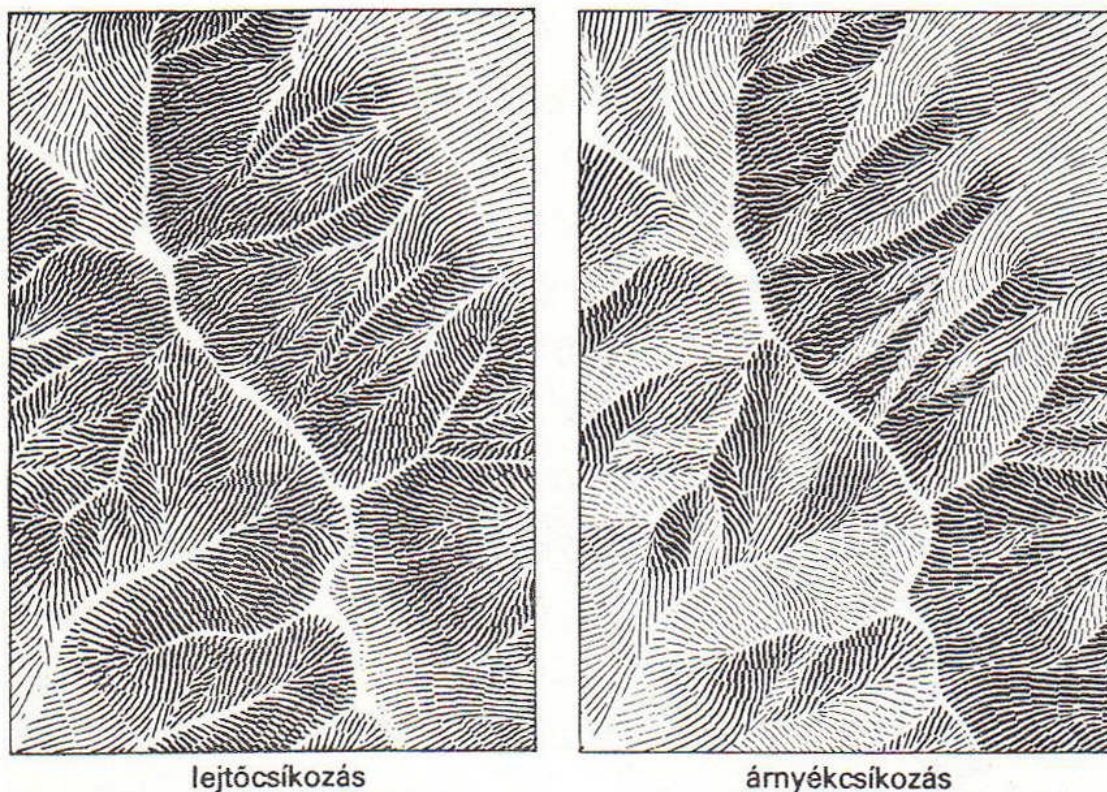


11. ábra: Müffling csíkozási rendszere

Minden javítási kísérlet hátránya az volt, hogy bár a lejtőszögek szemléletesebb leolvasását lehetővé tették, mégis ezek az ábrázolások nagymértékben megnehezítették a csíkok kirajzolását, melyek aztán szemet zavaróan vibrálóvá tették a térképet.

Guillaume Henri Dufour (1787-1875) úgy kívánta a domborzat formáinak könnyebb és gyorsabb felismerését és a plasztikusságot elősegíteni, hogy a

földfelszín függőleges megvilágítása helyett ferde megvilágítást használt. Módszerét úgy alkalmazta, hogy északnyugaton, a horizont felett 45° magasan álló fényforrást feltételezve, az árnyékba kerülő oldalakon a csíkokat fokozatosan megvastagította. Eljárását nem alapozta matematikai számításokra, az árnyékos oldalak besötétítése a térképszerkesztő egyéni belátásán alapult. Így megjelentek a szubjektív érzékkel kialakított, a fény-árnyékhatást kifejező csíkok, melyeket árnyékcsíkoknak, az ezek alkalmazásával kialakított módszert árnyékcsíkozásnak nevezzük (12. ábra). Ezt a csíkozás formát a XIX. században nagyon kedvelték, főleg iskolai és világtaszokban alkalmazták. Eleinte tartalma nem szárnyalta túl a lendületcsíkos, kis méretarányú térképeket. Idővel a csíkozás finomodott, törekedtek a tagoltság és a magasságkülönbségek érzékeltetésére is. Az eljárást művészi szintre fejlesztették többek között a magyar származású Kogutowicz Manó térképein is. Később a nyomdatechnika fejlődése megteremtette a lehetőséget, hogy az árnyékcsíkozást külön színnel nyomják a térképekre, általában barna, vagy vörös színt alkalmaztak. Manapság a csíkozásos eljárást nem alkalmazzák. (Klinghammer, Papp-Váry, 1983)



12. ábra: Lejtő- és árnyékcsíkozás (Imhof után)

3. 3. Szintvonalas ábrázolás

Úgy gondolom, hogy a szintvonalas ábrázolás napjainkban a legelterjedtebb módszer, alkalmazása gyakori, kiváltképp a turistatérképeken. A szintvonalas térképek terepen való információfeldolgozásában, valamint térinformatikai programmal történő megrajzolásában magam is gyakorlattal rendelkezem. A szintvonalas ábrázolás fejlődésének áttekintéséhez vissza kell nyúlni egészen a XV. század végére, amikor vízmélységek jelölésére alkalmazták ezt a módszert. Szárazföldön történő használata még váratott magára a XVII. századig, amikor Hollandiában először kijelölték a térképen a kikötők környékén mért vízmélységi adatok segítségével a sekélyebb, illetve mélyebb vízterületeket. Szárazföldi felszínről jóval később jelent meg azonos tengerszint feletti pontokat zárt görbe vonal segítségével összekötő ábrázolás. Először a svájci Bonifas Marcellin Du Carla (1738-1816) emel szót 1782-ben a szintvonalaknak alkalmazása mellett. Majd Dupain-Triel 1791-ben oktatási célra elkészítette Franciaország szintvonalas térképét, melynek sajátja, hogy a 100 méterenként megrajzolt vonalakat a magasság növekedésével arányosan megvastagította. Később Du Carla újrarajzolta térképét, de ekkor már csak minden tizedik szintvonalat vastagított meg egyenlő arányban.

A módszer kitalálása után azonban hiába állt rendelkezésre, elterjedésének sokáig gátat szabott a jellemző terepi pontok tengerszint feletti magasságának ismerete. Magyarországon Tóth Ágoston szintén a szintvonalas térképkészítést pártolta, mellyel elkészítette Pétervárad térképét, ám az ő javaslata is visszhang nélkül maradt.

Ahhoz, hogy a módszer elterjedésének fő akadályát kiküszöböljék, a terepi pontok tengerszint feletti magasságának meghatározásához a tengerparttól kiinduló, rendkívül szabatos szintezést kellett végezni az ország belseje felé. Az így kialakított alappontoktól (ősjegyeiktől) kiindulva országos magassági hálózatot kellett kidolgozni.

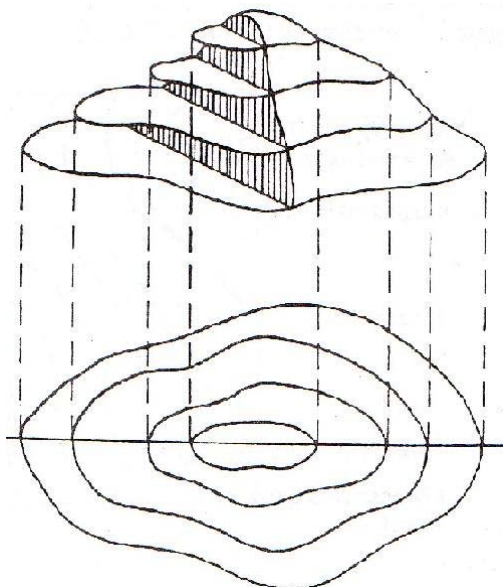
Az ezt megelőző csíkozásokos térképek elkészítésekor a magassági hálózat szükségtelen volt, tetszőleges pontból kiinduló szintezési technikával meg lehetett határozni a hegyek viszonylagos magasságát, míg kvadránsok segítségével a lejtők szögét.

A csíkozásokos térképek hátrányai indokolták az áttérést, ugyanis, mint már

említettem, a csíkok rendkívül sötétté tették a térképet, mellyel elnyomták az egyéb síkrajzi tartalmat és a magassági adatok meghatározása is szinte lehetetlen feladatnak bizonyult.

Az áttérést a már elkészült csíkozások térképek lecserélésének költsége akadályozta, segítette viszont az első világháború után a légi fényképezés elterjedése, mivel az ezeket a fényképeket kiértékelő módszerek növelték a szintvonalak kirajzolásának sebességét.

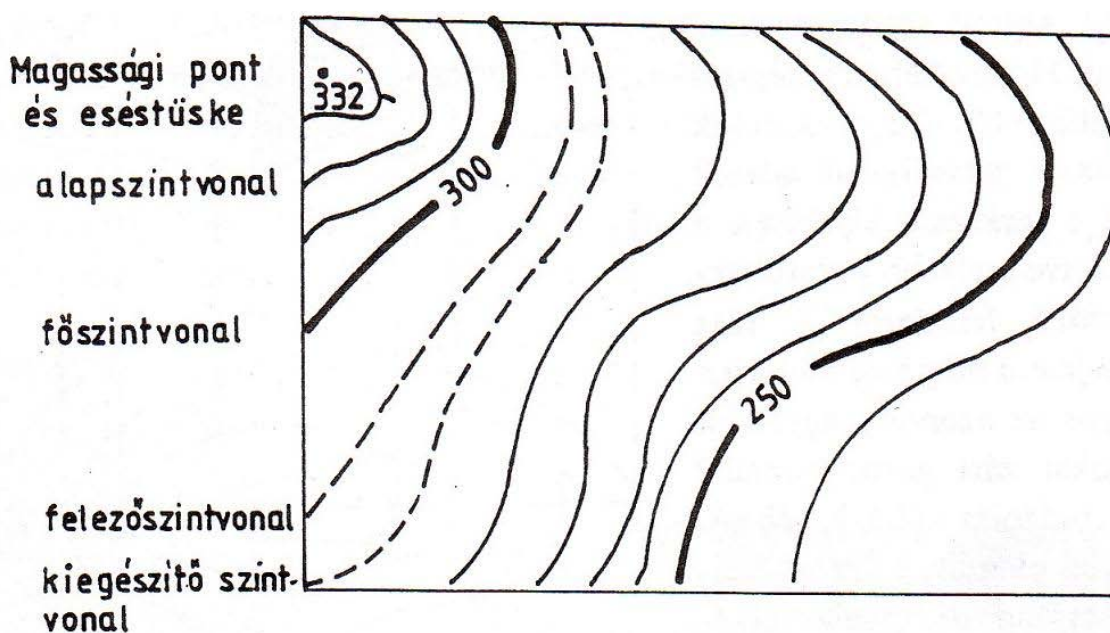
A továbbiakban szeretném ismertetni a szintvonalas ábrázolás alapelvét. A szintvonalak tehát az azonos tengerszint feletti magasságú pontokat összekötő izovonalak, vagyis a terepfelszínnel és a geoiddal párhuzamos, egymástól azonos távolságra lévő szintfelületeknek a metszévonalai. A szintvonalas térkép, ezek merőleges vetületének síkban történő ábrázolásával jön létre (13. ábra).



13. ábra: A szintvonalas ábrázolás alapelve

A szintvonalak között levő függőleges távolságot a domborzat jellegének, valamint a térkép méretarányának függvényében változtatják. Ezt nevezzük szintköznek, amely lehet állandó, vagy változó. Az állandó szintközű szintvonalak esetében a köztük levő függőleges távolság az alapszintköz. Előfordul, hogy a szintközök növekednek a méretarány csökkenésével, sőt az is, hogy akár egy térképen belül is változtatják őket. A térképen a legkisebb szintközzel rendelkező, folytonosan megrajzolt szintvonalakat hívják alapszintvonalaknak, míg ezek közül a gyorsabb leolvasás érdekében minden ötödiket megvastagítva megkapjuk a főszintvonalakat. Ahhoz, hogy az alapszintvonalak közötti magasságkülönbségek-nél kisebb, de jellemző formákat kifejezésére juttathassák, kiegészítő szintvonalak

bevezetésére volt szükség. Ezeket nevezik felező, illetve negyedelő szintvonalaknak, jelölésük szaggatott vonalak alkalmazásával történik. (14. ábra). Előfordulnak olyan, a tájra jellemző kis formák, leszakadások, amelyeket nem lehet az előbb említett szintvonalakkal kifejezni, így ezek érzékeltetése kiegészítő jelek alkalmazását vetette fel. A kis formákat érték nélküli pontsorok, a felszín hirtelen leszakadásait pedig külön jel felezi ki. A sziklás területek ábrázolására is különleges módszert alkalmaznak. A magányos ormot egyezményes jellel, míg a sziklafalakat a sziklafelszínhez hasonló rajzzal érzékeltetik, mely alatt szükségessé válik a szintvonalak megszakítása. Az izovonal tengerszint feletti magasságának jelölése annak megszakításával és az oda beírt számértékkel történik. A lejtés irányát mindig a számok talpa, valamint az eséstüske jelzi. További segítséget nyújtanak a domborzat teljes képének visszaadásához az egyéb elemekkel ábrázolt vízfolyások és a magassági számok.



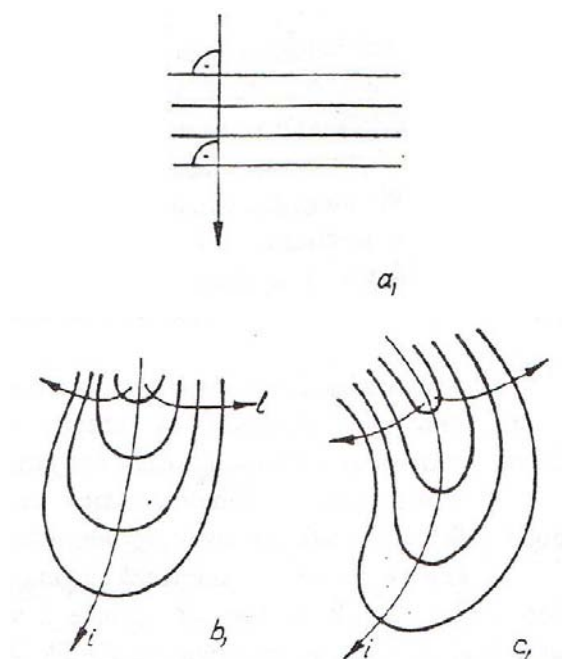
14. ábra: A szintvonalak típusai

A szintvonalak eltérő magasságú, párhuzamos szintfelületeknek a földfelszínnel alkotott metszésvonalai, így megállapítható, hogy az említett görbék önmagukba visszatérnek, és egymást sosem keresztezik. Magyarországon, illetve a környező országokban nagy hangsúlyt fektetnek a szemléletességre, így a szintvonal kisebb egyenetlenségeit kisimítják.

A vonalak sűrűsége a terep lejtéséről ad információkat. Minél meredekebb egy lejtő, a vonalak annál közelebb esnek egymáshoz, így távolságuk a lejtőszögeket, rajzolatuk pedig a formák jellegét adja meg. A szintvonalrajz előnyei

így már láthatóvá válnak előttünk, hiszen ezen módszer alapján következtetni lehet a felszín formakincsére, a lejtő irányára, bármely pont abszolút magasságára, sőt méretaránytól függő pontossággal még a lejtő iránya is meghatározható. Kiderül azonban, hogy lankás területek esetében a szintvonalrajz túl ritka, így nem jutunk hozzá a megfelelő grafikus képhez.

A terepi felmérés folyamán nemlineáris interpolációval, az idomváz segítségével rajzolják meg a szintvonalakat. Az idomvázat a terep vízválasztó, vagy vízgyűjtő vonalai, egy szóval az idomvonalak építik fel, amelyek mindig merőlegesek a szintvonalakra (15. ábra). A szintvonalrajz a sztereofotogrammetria segítségével is elkészíthető.



15. ábra: A szintvonalak merőlegessége az idomvonalakra

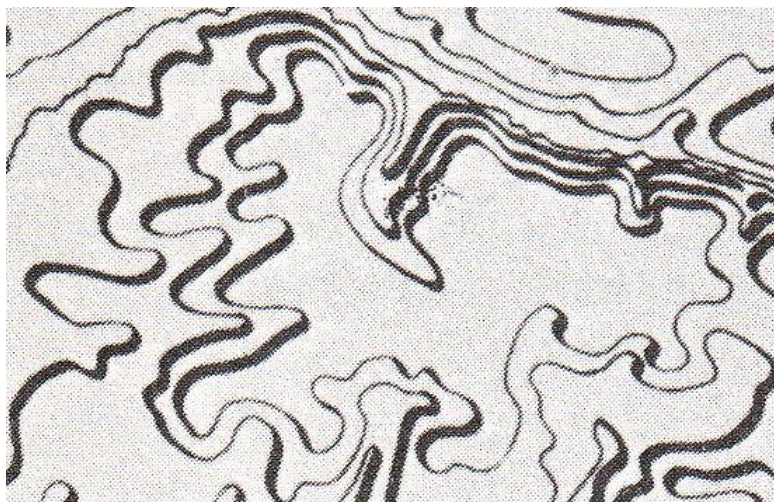
Előfordulnak olyan esetek, amikor a szintvonalak megszakítása elengedhetetlenné válik, például ha kettős vonallal rajzolt utat, vasutat, folyót, tavat, töltést és árkot kereszteznek.

A vizek mélységi viszonyainak bemutatására is alkalmaznak szintvonalrajzot, a tengerek izobatikus térképei az abszolút mélységet, a tavaké a víztükörtől számított relatív mélységet adják.

3. 3. 1. Módosítások a szintvonalrajzban

Az eddig tárgyalt domborzatábrázolási módszerek közül csak a szintvonalak által tudunk magassági adatokat nyerni. Szerkesztésük egyszerű és a csíkozással ellentétben nem sötétítik el a térképet. Egyetlen problémája, mint már említettem az, hogy kis szintkülönbségű tájak esetében nem nyújt megfelelő plasztikusságot. Ebből kifolyólag a látványosság fokozására több szintvonalrajz módosító kísérlet látott napvilágot.

Elsőnek említeném Ernst Heinrich Michaelist (1796-1873), aki 1847-ben létrehozta az árnyékplasztikus szintvonalrajzot úgy, hogy északnyugati megvilágítás mellett megvastagította a szintvonalakat az árnyékoldalon. Módszere azonban a térhatás növelése szempontjából sikertelennek bizonyult, ellenben durvábbá tette a térkép rajzát (16. ábra).

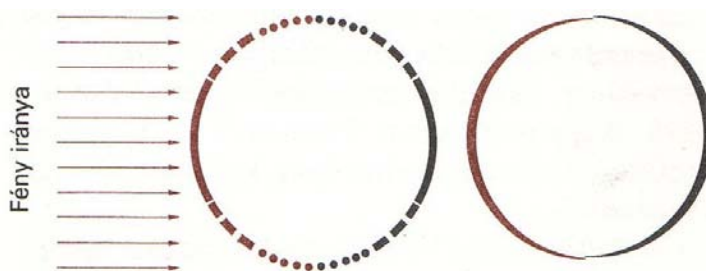


16. ábra: Árnyékoldalon megvastagított szintvonalak

A magyar származású Pauliny Jakab József (1827-1899) javaslatában nyugati megvilágítást feltételezett, s a fényoldalon a szintvonalak fehér színnel kerültek nyomtatásra az általa ajánlott halványszürke papírra. A sötét és világos részek közötti átmenetet szaggatott és pontozott vonalszakaszokkal ábrázolta. Módszere azonban megdrágította a térképkészítést, valamint a síkrajz olvashatóságát is megnehezítette.

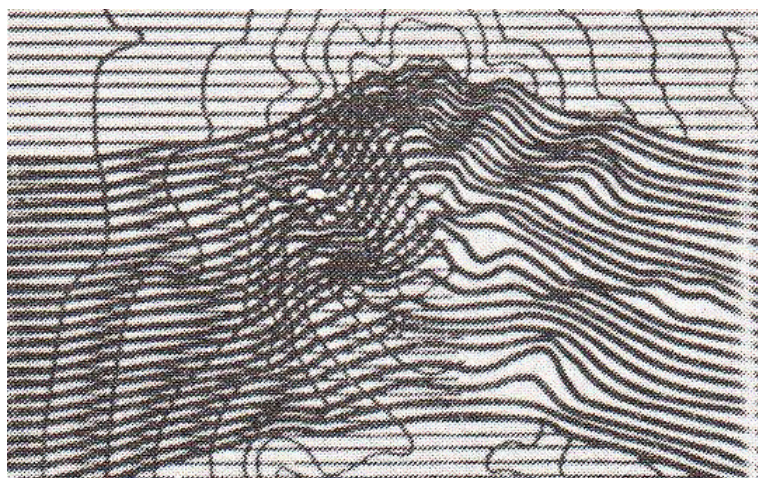
A következő szintvonal módosítási kísérlet Tanaka Kitiro fejéből pattant ki 1932-ben, amely meglehetősen hasonlított az előbb említett Paulinyéra (17. ábra). Ő azonban a szaggatott és pontozott vonalak helyett fokozatosan vastagodó vonalat alkalmazott. Elképzelését, mint ahogyan Paulinyét is, néhány iskolai atlaszban

valósították meg. Érdeemes megemlíteni Tanaka második szintvonal-módosító módszerét is, ahol a tengerszinttel 45°-os szöget bezáró síkokkal metszette el a földfelszínt. Ennek eredményeképp madártávlatához hasonló ábrázolás keletkezett. Ezt az eljárást Norman Thrower kisebb metszésszögeket használva megújította, s ezzel növelte a kifejezőképességet. Mivel a módszer jelentős szerkesztést igényelt, alkalmazása meghiúsult.



17. ábra: Pauliny és Tanaka árnyékplasztikus szintvonalrajza

Azokon a helyeken, ahol a szintvonalak sűrűk, elég szemléletes kép keletkezett, innen jött az ötlet, hogy a szintvonalak közeit vízszintes vonalkázással kitöltsék. Nagy méretarányban erre az ábrázolásmódra csak néhány kísérlet született (18. ábra).



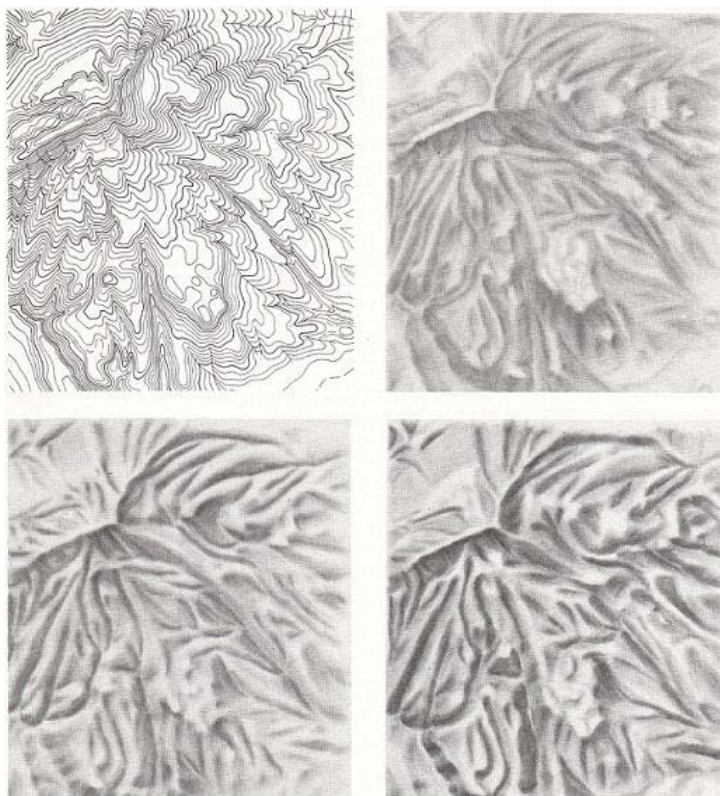
18. ábra: Vízszintes vonalkázással kitöltött szintvonalrajz

A fentiekben említett módszereket csak néhány térképen alkalmazták. A szemléletesség fokozása azonban továbbra is érdekelte a térképkészítőket és idővel megszületett az igen plasztikus képet adó domborzatárnyékolás. (Klinghammer, Papp-Váry, 1983)

3. 4. Árnyékolásos ábrázolás

Ez a módszer napjainkban is elterjedt, tulajdonképpen a domborzat kiemeléséről van szó a fény-árnyék hatások segítségével. Feltételezzük, hogy a föld felszínét valamely irányból végtelenben lévő fényforrás világítja meg. A fénynek kitett oldalak világosabbak, az árnyékban levő oldalak pedig sötétebbek. Az ezek közti területek a megvilágítás mértékének függvényében különböző szürkeségűek.

Az előbb említett elméleti fényforrás lehet függőleges, vagy ferde. Mivel a függőleges megvilágítás nem eredményez nagy kontrasztot, így inkább az északnyugatról 45° alatt beeső, ferde fénysugarak által kirajzolódó árnyékhatások ábrázolása terjedt el. Ennél a ferde megvilágításnál azonban előfordulhat, hogy a közel azonos oldallejtésű hegygerincek hasonló megvilágítással kerülnek fel a térképlapra, ezért a fényforrást nem állandónak, hanem a nyugati oldalon félkörívben északról dél felé mozgathatónak tételezik fel (19. ábra).



19. ábra: Szintvonalrajz, valamint felső-, oldal- és változó megvilágítású árnyékolás

Az árnyékolt térkép úgy készül, hogy a szintvonalrajz halványkék szín használatával kerül fehér, kiváló minőségű rajzpapírra, ez alapján a készítő szeme előtt kirajzolódik a terület domborzata. A lejtők eltérő árnyalatai úgy kerülnek kialakításra, hogy szénceruzáját a rajzoló hol erőteljesebben, hol finomabban

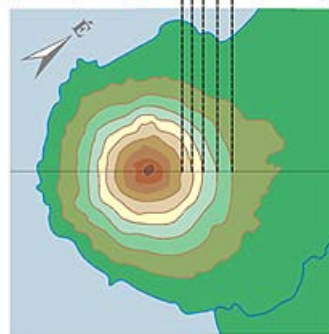
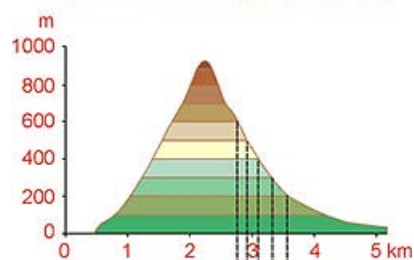
nyomja a papírra, majd lassan elkeni a rajzot. Ezzel a technikával hozza létre az egybemosódó árnyalatokat, ahonnan a módszer további elnevezései is erednek, ezek a színtörés, vagy summerolás. A nyomtatási technika kezdetlegessége miatt a korábbi időkben sokszorosítása akadályokba ütközött, így az árnyékolás csak az ofszetnyomtatás elterjedésével válhatott általánossá.

Ezt a módszert akkor alkalmazzák, amikor a domborzat érzékeltetése, és nem a pontos, mérhető ábrázolása a cél. Autóstérképeken jól használható.

3. 5. Rétegszínezés

Míg a közepes- és nagy méretarányú térképeken a XX. század első felétől kezdve a szintvonalas módszert alkalmazták a legszélesebb körben, addig a kis méretarányú térképeken a rétegszínezéses, vagy színfokozatos módszer terjedt el. „A különböző magassági rétegeket szemléltető sízelfületeket szintvonalak választják el egymástól.” (Klinghammer István és Papp-Váry Árpád, 1983, 207.o.) Kis méretarányánál már nem a lejtők meredekségének ábrázolásán volt a hangsúly, hanem a tájak közti magasságkülönbségek bemutatásán. „A színárnyalást szintvonalakkal együtt, vagy azok nélkül alkalmazzuk.” (Vöröss József, 1943, 52.o.)

Az osztrák származású Friedrich Hauslab (1798-1883) szerint bár a szintvonalas módszer olvasható és kiszámítható, a terep testiségét azonban nem szemlélteti kellőképpen. Ezért szükséges a két szintvonal között elhelyezkedő területet színekkel kitölteni (20. ábra). Hauslab úgy gondolta, hogy a szintvonalas térkép mérhető ugyan, de nem olvasható, munkálataiban a minél magasabb, annál sötétebb elvet követte, melyet kiterjesztett a tengerekre is. Viszonylag hamar indult hódító útjára az ezzel ellentétes gondolat, miszerint minél magasabb egy felszín annál világosabb. A vitát az a körülmény döntötte el, hogy a minél magasabb, annál sötétebb elv azt a területet hagyja világosan, ahol az élet folyik, tehát a völgyeket, így azok jól



20. ábra: A rétegszínezés alapelve

kifejezésre juttathatóak. Ellentétben a minél magasabb, annál világosabb elvvel, ahol a sötét háttér mindent kitakarja. Ennek az elvnek Emil Sydow (1812-1873) volt a lelkes hirdetője, de később belátta, hogy a másik elv célszerűbb. Sydow elve csak a tengereknél maradt érvényben, ahol a sötétebbre színezett vízrészek a mély, a világosak pedig a sekély vízrészeket mutatták.

A színfokozatok megválasztásánál több szempontot is figyelembe kellett venni. Többek között azt, hogy a színek egymásutániséga fejezze ki a felszín tagoltságát, a színek fokozatosan menjenek át egymásba, ugyanakkor ne mosódjanak össze, végül pedig azt, hogy az egyes színek áttetszők legyenek annak érdekében, hogy az egyéb térképi tartalom ne kerüljön kitakarásra.

A rétegmagasságok megválasztásakor négyféle lehetőség áll rendelkezésre. A közepes méretarányú térképeknél, ahol a táj kevésbé tagolt, ott az egyenlő rétegmagasságot használják, melynél minden rétegszín azonos magassági tartományt fejez ki. Abban az esetben, amikor gazdaságilag fontos területen belül szeretnék érzékeltetni a magassági eltéréseket, megosztott rétegmagasságokat használnak. Változó rétegmagasságoknál a magasabb területekre kevesebb, míg az alacsonyabbakra több rétegszín utal. Végül szót ejtenék az egyenletesen növekvő rétegmagasságokról, melynél a rétegmagasságok párhuzamosan növekednek a magasságokkal. Ma már a legtöbb atlaszban, valamint a világtérképeken is a megosztott és változó rétegmagasságokat együttesen alkalmazzák. Az atlaszok eltérő térképlapjain azonos magassági tartományokat és rétegszíneket használnak.

A svájci származású Eduard Imhof (1895-1986) a szárazföldek ábrázolására felújította a „minél magasabb, annál világosabb” elvet. A rétegszínezést erőteljes szürke árnyékolással egészítette ki. A módszer csak azokon a területeken mutat jól, ahol jelentős szintkülönbségek vannak és tökéletes a domborzatárnyékolás, így a módszer nem terjedt el. (Klinghammer, Papp-Váry, 1983)

4. A modern technika

4. 1. Anaglif ábrázolás

Az anaglif eljárás a térfotózás egyik típusaként értelmezhető. A domborzat kifejezése három dimenzióban történik, kihasználva a jobb és bal szem egymástól való távolságát. Ennek eredményeképp a két szem eltérő képet lát, melyek egy időben való érzékelése révén alakul ki a térbeli látás. Ahhoz, hogy a kívánt hatást elérjük, a sztereofényképezés során két fénykép készítése szükséges, melynek folyamán a két képrögzítő eszközt egymástól bizonyos távolságban helyezik el a jobb és bal szemünkhöz hasonlóan. Így a bal oldali eszköz a jobb oldalon elhelyeztetthez képest más szögből örökíti meg ugyanazt a területet, így a mélység kifejezésre jut.

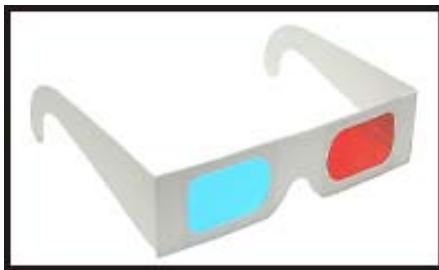
A térlátás vizsgálatának fontossága már régen felvetődött, Euklidesz már i.e. III. században leírta, hogy a térben való látáshoz elengedhetetlen feltétel a két szem megléte. Leonardo da Vinci (1452-1519) a légperspektíva és a lineáris perspektíva törvényszerűségei mellett megállapította, hogy a hozzánk közelebb eső tárgyak eltérően takarják el a távolabbi tárgyakat annak függvényében, hogy melyik szemünkkel nézzük. A témával minden bizonnyal Albrecht Dürer (1471-1528) is foglalkozott, kinek keze alól kerültek ki olyan rajzolatok, amelyek a tárgyat a két szem más-más nézőpontjaiból ábrázolják. A XVII. században már írott mű is rendelkezésre állt a kettős látásról. A téma tudományos fejtegetésére az 1830-as években került sor, amikor Sir Charles Wheatstone (1802 - 1875) szerkesztett egy tükrös sztereoszkóp készüléket, amivel ekkor még csak rajzolt, festett ábrákat nézegettek. Meg kell említenem Sir David Brewster (1781-1868) skót fizikust is, aki főleg fénytannal foglalkozott, feltalálta a kaleidoszkópot és az előbb említett Wheatstone módszerét alkalmazva annak tükreit prizmákkal helyettesítette. Miután Louis Daguerre (1767–1851), és Joseph Nicéphore Niepce (1765-1833) kísérletei a fény rögzítésére sikeresnek bizonyultak, a fényképezőgép feltalálása után Brewster rögtön sztereofénykép-párok készítéséhez látott hozzá. Az 1850-es évektől már tömegesen gyártották a sztereofényképezőket és a sztereoszkópokat, majd néhány évtizedes tündöklés után a XX. században a sztereofotográfiát kiszorította az óriási kínálatban megjelenő képes újság, valamint a mozgókép. Sokáig úgy tűnt, hogy a mozgókép kiszoríthatatlanná

válk, a digitális technikának köszönhetően azonban bizonyos tekintetben ma újra elterjedt a sztereofotográfia alkalmazása. A tudományokban ma előnyt élvez a hagyományos fényképezéssel szemben, fejlesztési lehetőségei a végtelenbe nyúlnak.

Mint már említettem a digitális technika jóvoltából manapság új alakot öltött a térhatású képek elkészítésének és nézegetésének módja. Elkészítésükhöz sztereofényképezőt, speciális előtétet, de akár két fényképezőgépet is használhatunk. A két gép alkalmazásakor azok egymástól való távolságát az emberi szempár egymástól való távolsága adja, ezt a távolságot bázistávolságnak nevezzük, amely megközelítőleg 6,5 centiméter, ha alapobjektívet és 2 méteres tárgytávolságot veszünk alapul. Amennyiben az alkalmazott bázistávolság ennél nagyobb, hipersztereo, ha ettől kisebb, hiposztereo felvételt készítünk. Előfordul azonban, amikor két gép helyett csak egyet használnak, ekkor alkalmazzák a cha-cha-cha módszert, ami abból áll, hogy behajlított térddel először a bal lábra helyezük a testsúlyt, és ebben a helyzetben exponálunk, majd súlypontunk jobb lábra helyezésével ezt megismételjük.

Az anaglif eljárás során a térképről elkészített képeket számítógépre feltöltjük, majd színcsatornáikra bontjuk, s az egyik képből képfeldolgozó szoftver közreműködésével eltávolítjuk a vörös színcsatornát, míg a másik képben csak ezt a csatornát hagyjuk meg. Végül a két kép egymásra másolásával fejezzük be a műveletet. Speciális, vörös és cián színű lencsés szemüvegen keresztül nézve a bal és a jobb szem különböző képet érzékel, így a sztereo képhez hasonló eredményt kapunk (21. ábra). Az említett színszűrő lencsék ezáltal becsapják az agyat.

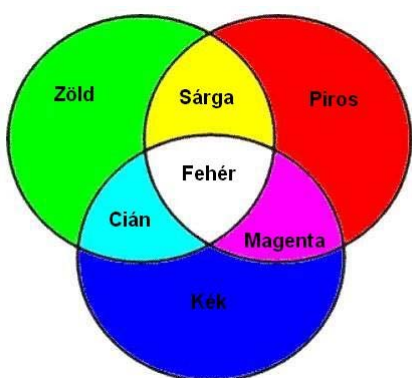
Így a beérkező inger két, kissé különböző, hiányos színképpel rendelkező kép, melyeket a szemüveg, a látás mechanizmusa és a binokularitás miatt az agy egy térhatású képpé olvaszt össze. (Veres, 2010)



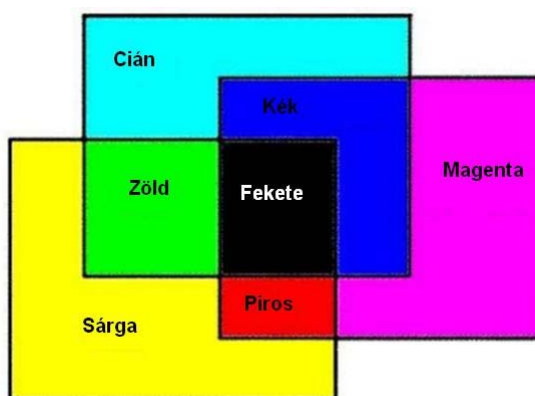
21. ábra: Anaglif szemüveg cián és vörös színű lencsékkel

Két féle módon lehetséges a színek összekeverése. Az additív (vagy összeadó) színkeverési módot a monitorok használják, melynek során, a vörös, kék és zöld színű fény egymásra vetítésével fehér színt kapunk eredményként (22. ábra). A színkeverés

másik módja a szubsztraktív (vagy kivonó), melynél a fényforrás elé illesztett színszűrő mindig csak a saját színének megfelelő összetevőt ereszti át, míg komplementer színpárját a módszer nevének megfelelően kivonja a színekéből (23. ábra). Így működik az emberi szem, valamint az anaglif eljárás is ezen a módszeren alapul. Amikor szabad szemmel nézzük a különböző szemszögből készített fényképeket, akkor az egyikén vörös, másikon pedig kék szín látható. Ha viszont felhelyezzük a színszűrős szemüveget, akkor a komplementer színpárok kivonódnak, így a színekülönbség nem látható, csak az eltérő pozíció.

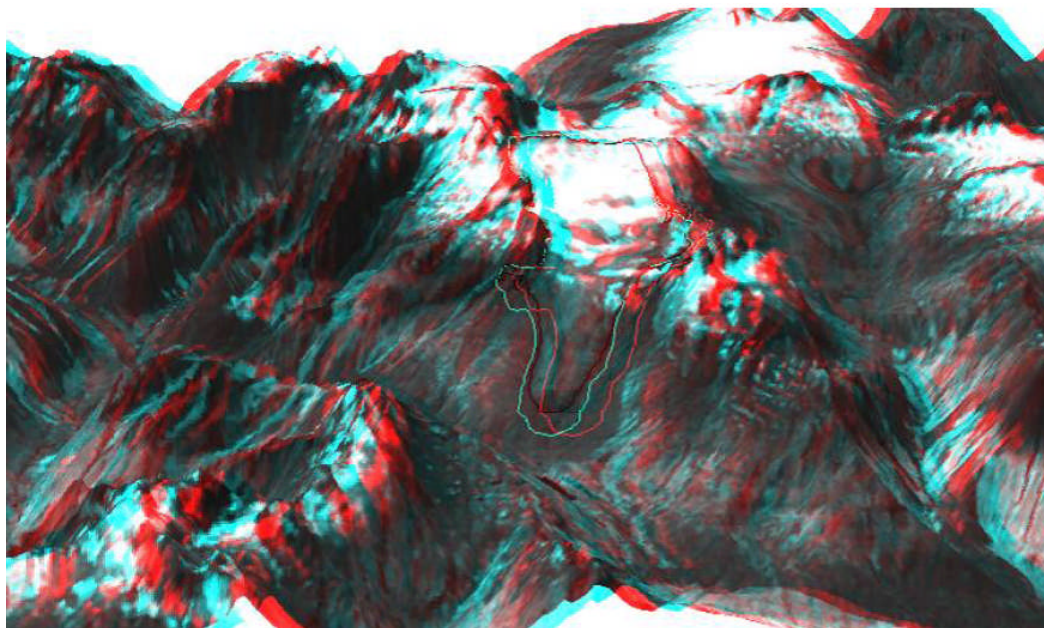


22. ábra



23. ábra

A térképek anaglif ábrázolásának hátrányaként tudható be, hogy nem mérhető, valamint használata is nehézkes, viszont a domborzati formák három dimenzióon keresztül történő megismertetésére nagyon is alkalmas (24. ábra).



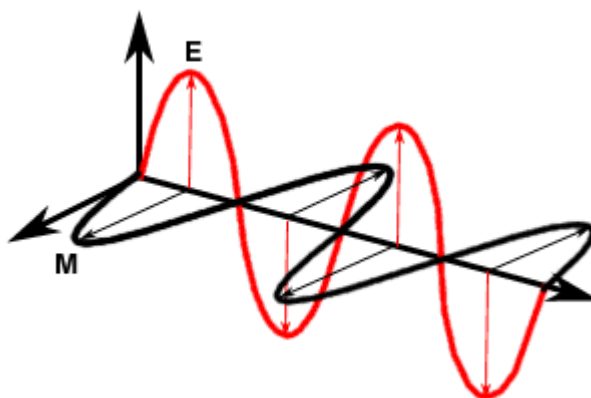
24. ábra: Anaglif eljárással készített kép

4. 2. A polarizáció

A polarizáció a modern technika másik kiemelkedő vívmányként fogható fel. A polarizált térhatású képeket már 1936 óta használják, amikor Edwin H. Land (1909- 1991) először alkalmazta ezeket. Az ötvenes évek első felében az úgynevezett „3D film örület” idején a filmszínházakban közkedvelt volt a polarizált vetítés és szemüveg alkalmazása. A 2000-es évektől a számítógépes animációk, a digitális vetítés és a bonyolult IMAX film projektorok használata indította el a polarizált háromdimenziós technika második hullámát.

Ez a technika a két szem számára közvetített képet polárszűrők segítségével választja szét. A háromdimenziós hatás elérését két különböző polarizációs technika segítségével valósíthatjuk meg, ez a lineáris- és a cirkuláris polarizáció.

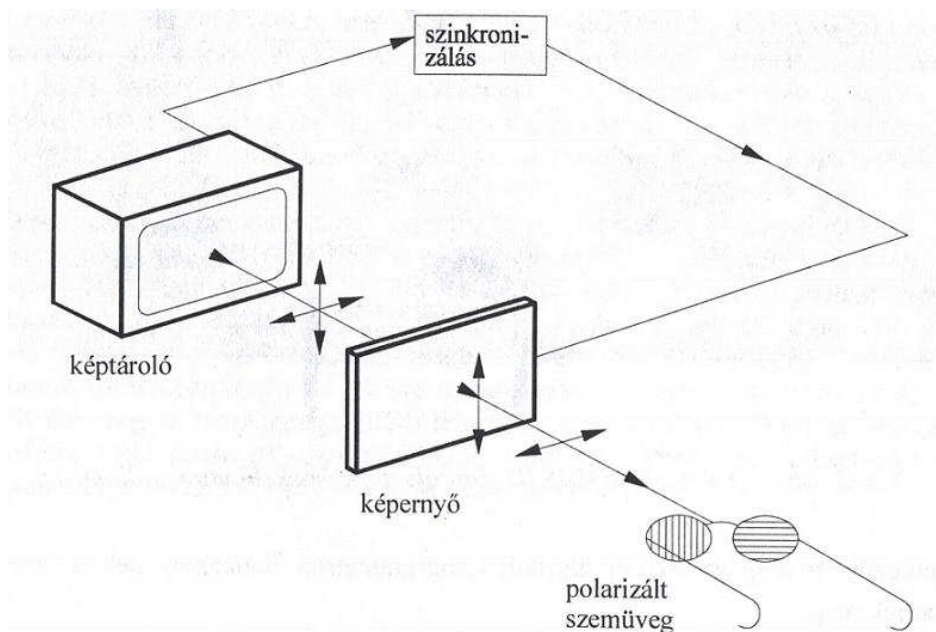
Lineáris polarizáció esetén az egymásra merőleges polarizációs síkon terjedő hullámot vízszintes, vagyis horizontális, illetve függőleges, azaz vertikális polarizáltsággként emlegetjük. Ez a módszer 90° -ban polarizál szemenként (25. ábra).



25. ábra: Lineáris polarizáció

Ahhoz, hogy térhatású képeket láthassunk, két kép szükséges, amelyeket azonos képernyőre kell vetíteni merőleges (ortogonális) polarizációs szűrőn keresztül. Ezüstvásznon használata a legalkalmasabb, amely megakadályozza a fény depolarizációját. Szükséges, hogy a néző olyan szemüveget viseljen, amely tartalmaz egy pár ortogonális polarizációs szűrőt. Ez is, mint minden szűrő csak azt a fényt engedi át, amely hasonlóképpen polarizált és blokkolja az erre merőlegesen polarizált fényt, így mind a két szem által eltérő kép figyelhető meg (26. ábra). A lineáris polarizáció hibája, hogy a két szemnél átfedés léphet fel, vagyis szellemkép

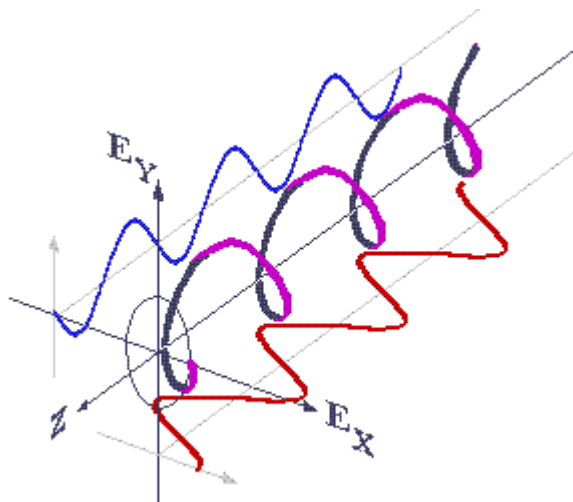
jöhet létre abban az esetben, ha a fejünket nagyobb mértékben jobbra illetve balra döntjük. Az így készített sztereoszkópikus képet több ember is megtekintheti egyszerre.



26. ábra: A polarizált technika

Cirkuláris polarizáció esetén, ha két, egymástól negyed hullámhossznyiira eltolt síkhullámot összegzünk, akkor az úgynevezett cirkuláris, vagy forgó polarizációra vezet, amely két féle lehet, jobbra és balra forgó (jobbsodrású, illetve balsodrású), (27. ábra). A jobbsodrású polarizáció jelölésére az RHCP, vagyis Right Hand Circular Polarization, míg a balra forgó polarizáció esetén az LHCP, azaz Left Hand Circular Polarization szolgál. A térhatás eléréséhez itt is két kép (jobb és bal szem) szükséges, melyekre a jobb és bal sodrású módszert alkalmazzák. A megfigyeléshez szintén elengedhetetlen egy szemüveg, melyhez ebben az esetben szükség van egy cirkuláris elemzőre is. A balsodrású módszerrel polarizált fényt blokkolja a jobboldalon található elemző szűrő, míg a jobbsodrású módszerrel polarizált fényt a baloldalon lévő szűrő szünteti meg. A térhatás létrehozása két projektorral oldható meg, ahol meghatározott polarizációs státuszt alkalmaznak a bal és jobb szemnek szánt képek elkülönítésére külön két vetítőt, így az egyik csak a bal szemnek megfelelő képet, míg a másik a jobb szemnek megfelelő képet közvetíti. Egy speciális szűrő (RealD Z-Screen polarizációs szűrő) alkalmazásával egy projektorral is megvalósítható a vetítés. A térhatású mozgókép bemutatásához szintén két kép azonos képernyőre való vetítése szükséges, itt azonban már nem

ortogonális, hanem cirkuláris szűrőn keresztül. Az eredmény hasonló ahhoz a látványhoz, mint amikor lineárisan polarizált lencsékkel rendelkező szemüveget használtunk, abban azonban eltér, hogy nem érzékeny semmilyen szögeltérésre, vagyis a néző kedvére döntheti a fejét anélkül, hogy a jobb és bal kép összemosódna. A cirkumpolarizált fény egyik nagy előnye, hogy nagyobb hatékonysággal használható, mint a lineárisan polarizált társa.



27. ábra: Cirkuláris polarizáció

A fentiekben leírt, szűrővel ellátott szemüvegek a passzív szemüvegek közé sorolhatók, mellettük fontos megemlítenem az aktív szemüvegeket is, melyeknek két kategóriájuk ismert. Folyadékkristályos aktív szemüvegek esetén a szemüveg mindkét lencséje tartalmaz egy folyadékkristály réteget, amely átlátszó ugyan, de feszültség hatására besötétül. A szemüveg egy infravörös, rádiófrekvenciás, vagy bluetooth jeladó segítségével irányítható úgy, hogy időzítő jelek küldésével a szemüveg felváltva sötétíti először az egyik, majd a másik lencsét, a képernyővel szinkronizálva. Eközben a kijelzőn felváltva jelennek meg a két szemnek szánt, eltérő nézőpontú képek, így minden szem csak a neki szánt képet látja. A szemüveg előnye, hogy megszünteti a szellemképet. A másik kategóriába az úgynevezett „vörös szem” szemüveg sorolható, amely úgy működik, hogy a kép megjelenítésénél az RGB színkód vörös komponensét használja fel, miközben zöld és kék komponensét elnyomja.

Az aktív szemüvegek a passzívakkal ellentétben az elektronika segítségével használhatók, céljuk azonban közös: a lehető leglátványosabb háromdimenziós hatás elérése. (Logout, 2009)

4. 3. LFD (Lenticular Foil Display)

Véleményem szerint a lentikuláris technológia napjaink egyik legnagyobb innovációja a domborzatábrázolásban. Alkalmazását rendkívül nagy lehetőségnek tartom, hiszen ezzel a módszerrel sokat segítenek azokon az embereken, akik számára kevésbé érzékelhető a már említett térhatás. Dr. Manfred F. Buchroithner német térképész publikálatlan tanulmányai szerint ugyanis a térképhasználók 60%-a nem képes spontán információt szerezni a harmadik dimenzióról a hagyományos térképek alapján. Ez kiváltképp jellemző a magashegységi területekre. Az ezzel kapcsolatos tanulmányokat az 1970-es, 1980-as években végezték egy alpesi túratanfolyam tagjainak közreműködésével. Ezen vizsgálatok megállapításai váltották ki a mai erőfeszítéseket annak érdekében, hogy a térképhasználó a domborzati információkat spontán módon, szabad szemmel érzékelje anélkül, hogy anaglif, polarizációs, vagy bármely sötétített szemüveget kellene használnia. (Buchroithner, Wälder, Habermann, König, Gründemann, Neukum and the HRSC Co-Invetigator Team)

Eleinte Németországban a magashegységekről készült térképeket a *whitelight-transmission-hologramme* (holoszttereogramm) elve alapján állították elő. Napjainkban azonban a koherens fénnel való megvilágítás szükségessége és a magas termelési költségek gátat szabnak a jó minőségű holografikus képek sikeres gyakorlati alkalmazásának. Ezért más lehetőséget kerestek a valódi háromdimenziós nyomtatványok elkészítéséhez, a térképolvasók könnyebb felismerésének elképzeléseit követve és elsősorban a lényegesen alacsonyabb termelési költségeket szem előtt tartva. Néhány évvel ezelőtt a lentikuláris fóliákkal végzett első ígéretes vizsgálatoknak a Drezdai Műszaki Egyetem Térképtudományi Intézete adott helyet. Ezek az első részeredmények pozitív visszhangra találtak, amely a szerzőket bizakodóvá tette a terjedelmes méretekkel rendelkező magashegységi térképeket illetően.

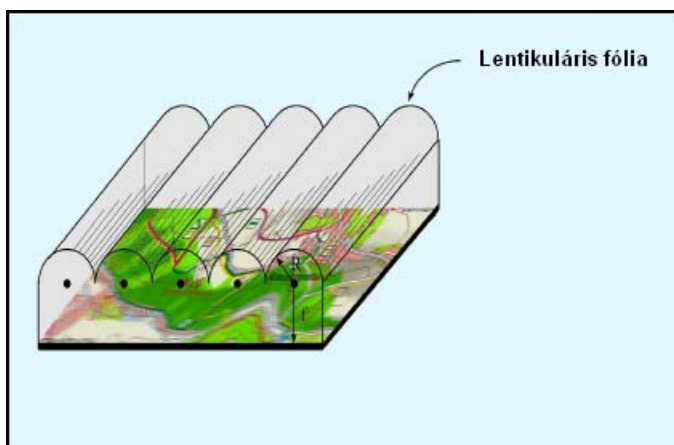
Annak érdekében, hogy a térhatású térkép megtekinthetővé váljon a már említett segédeszközök használata nélkül, elhatározták, hogy mikrolencsék alkalmazásával állítják elő őket. Bár a módszer alapjait a továbbiakban fogjuk tárgyalni, annyit már most elárulhatok, hogy ezek a kisméretű lencsék egy átlátszó műanyag fólia felületén helyezkednek el, és lehetővé teszik a valódi három dimenzió spontán érzékelést.

A domborzat közvetlen felismerése teszi a szintvonalakat és a helyi magasságokat nélkülözhetetlenné. A lentikuláris technológia alkalmazása során azonban szükséges ezen információk korrigálása. A szintközt például nagyobbak kell

választani, mint egy általánosan használt hagyományos térképen. Továbbá előnyösnek bizonyul a természetes árnyékterületek világosítása annak érdekében, hogy meggátoljuk a domborzatátfedési hatásokat. Előfordul azonban, amikor sötétítés szükséges a térkép kontrasztosabbá tételéhez. A gyártási folyamat fontos lépései közé tartozik a térképi adatoknak a lentikuláris fólia geometriájához való regisztrálása, a nyomtatási felbontás finomhangolása, a sztereoképpárok számainak és a kép mélységének meghatározása.

4. 3. 1. A lentikuláris módszer alapjai

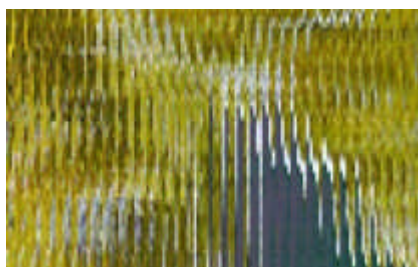
A lentikuláris módszer azért olyan különleges, mert átlátszó, szintetikus fóliát használ a sztereokép szétválasztásához. A fólia felső oldalán félhenger alakú, egymással párhuzamosan elhelyezkedő mikrolencsék futnak függőleges irányban. Ezzel szemben a fólia alsó oldala sima (28. ábra).



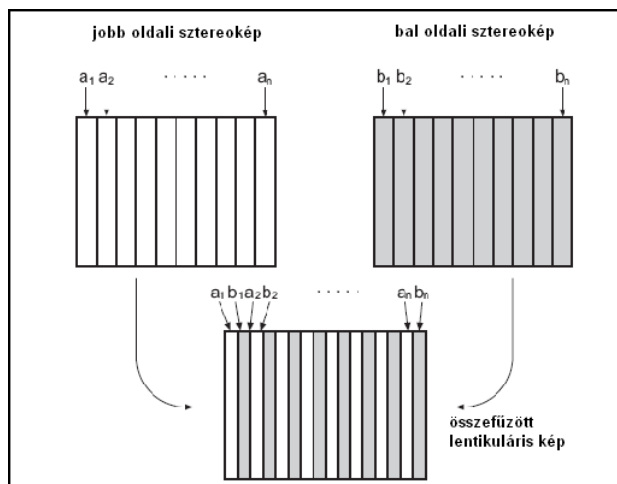
28. ábra: Lentikuláris technológiával készült térkép

A lencsék úgy fókuszálják a kép síkjára érkező optikai sugarakat, hogy a fókuszponti sík azonos a kép síkjával. A fólián kívül azonban szükség van egy lentikuláris képre is, amely úgy keletkezik, hogy az ábrázolandó területről készült sztereoképeket apró csíkokra vágják fel és váltakozó sorrendben fűzik össze (29. ábra). A lencsék alá helyezett összefűzött részképek egy lentikuláris képet fognak generálni oly módon, hogy minden lencse alá a sztereoképpárok egy összefűzött pixeloszlopa kerül (30. ábra). A lencsék ezen oszlopok egyik oldalát a bal, a másikat a jobb szembe vetítik, így azok érzékelné fogják a különböző sztereoképpárokat. Ez megmagyarázza, miként lehetséges térbelileg elválasztott képi információt szerezni egy nyomtatott képről. A fentiekben említett apró csíkok szélességének és összefűzésének kiszámítását olyan képfeldolgozó, távérzékelő, CAD, DTP és 3D modellező szoftverek végzik, amelyek kereskedelmi forgalomban is kaphatóak. A sztereoképpárok szubmilliméteres csíkjainak összefűzése

miatt a jól megtervezett és könnyen olvasható megírások ábrázolása kihívást jelent a térképkészítők számára.



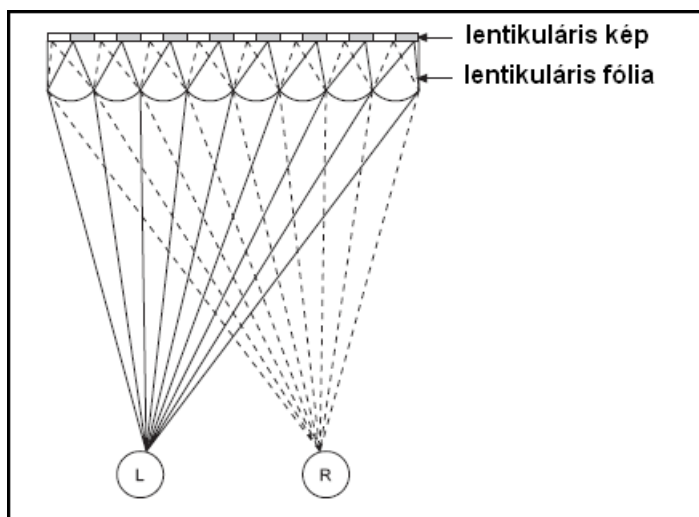
29. ábra: Lentikuláris kép



30. ábra: A sztereoképpárok összefűzése

A háromdimenziós képalkotó technikákat Okoshi Takanori foglalta össze 1976-ban. Okoshi nyomán a „lenticular” szó a lencse egy melléknévi formája. A kifejezés kizárólagos használata manapság elfogadott a fentiekben említett technika pontos elnevezésére.

Fontos továbbá a szemek távolságának figyelembevétele, így célszerű a fólia alatti részképek számát növelni, melynek eredményeképp a megfigyelő bizonyos fokú szabadságot kap a térkép oldalirányban történő mozgásához. Az így megvalósított látószöghajlás lehetővé teszi több perspektíva érzékelését, vagyis a lentikuláris kép különböző irányokból nézve értelmezhetővé, a harmadik dimenzió pedig érzékelhetővé válik (31. ábra). Ennek eredményeképp a mozgó parallaxis és a multifunkciós felhasználhatóság is megvalósul. Amíg egy sztereoszkópikus képpár érzékelhető, addig a valódi 3D-s benyomás is megmarad.



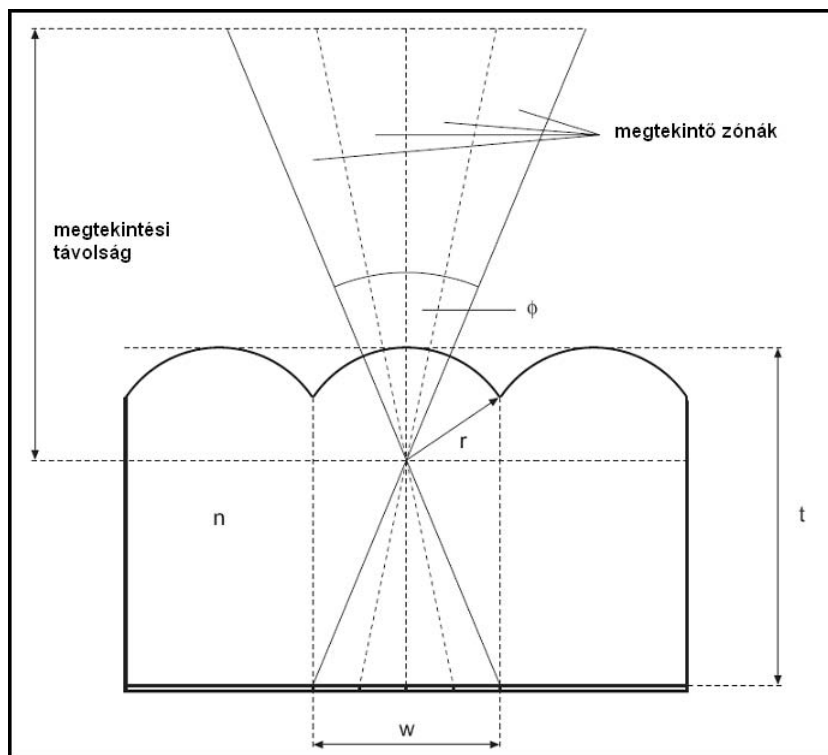
31. ábra: A lenticuláris technológia elve

4. 3. 2. A lenticuláris fóliák jellemzői

A lencsék mérete és alakja határozza meg a lenticuláris fólia jellemzőit. A legfontosabb paraméterek a következők (32. ábra):

- objektív sűrűség (lencsék száma/egységnyi hosszúság), vagy lencseszélesség (w)
- sugár (r)
- a lenticuláris fólia vastagsága (t)
- a lencsék nyílásszöge (Φ)
- törésmutató (n).

A lenticuláris fólia egyik legfontosabb paramétere az objektív sűrűség, melynek megválasztása meghatároz bizonyos tényezőket, mint például az érzékelt pixelek méretét (lenticuláris kép felbontását), a részképek szélességét és számát, végül a megtekintési távolságot. Valójában ezek a tényezők nem összeegyeztethetők bizonyos kompromisszumok nélkül. Egy adott pixel csak egy lencse szélességén belül lesz érzékelhető, így közvetlenül befolyásolja az egész lenticuláris kép részletgazdagságát. Mindemellett, a növekvő lencsesűrűség csökkenti az egy lencsére jutó nyomtatható felület nagyságát. Ennek értelmében vagy a részképek számát kell csökkenteni, ami a szomszédos képek között bizonyos ugrások előfordulását eredményezi-, vagy a különálló részképek szélességét kell csökkenteni, ami igen magas követelményeket ró a nyomtatási felbontásra és a rögzítés pontosságára vonatkozólag. A részképek maximális száma közvetlenül függ a lenticuláris fólia minőségétől. Lencsehibát vált ki, ha a beérkező sugarak nem gyűlnek össze a fókusz síkban.



32. ábra: A lentikuláris fóliák jellemzői

A következő paraméter a lentikuláris fóliák vastagsága, amely gyakran előre meghatározott. Egy lencse vastagsága, sugara és törésmutatója erősen korrelált, mert mint már említettem a fókusz síknak és a képsíknak azonosnak kell lennie annak érdekében, hogy magas minőségű lentikuláris kép jöhessen létre. A sugár változása a fókusz sík elmozdulását eredményezi, következésképpen vastagabb lentikuláris fóliáknak nagyobb lencsesugara, és ezáltal kisebb látószöge van. Az ilyen paraméterekkel rendelkező fóliák felelnek meg a legjobban lentikuláris fóliának, melyekkel a legmegfelelőbb 3D-s hatás érhető el.

Végül a lencse nyílásszöge, mint utolsó paraméter kerül terítékre. Egy darab lencse nyílásszögét a fölötte levő térben a részképek vetítési síkja határozza meg. Ez a szög felosztható különálló, úgynevezett megtekintő zónákra a részképeknek megfelelően. Az előbb említett nyílásszögon kívül már az ábrázolt tárgyak, területek ismétlődése következik be. A fél henger alakú lencsék sugara, valamint anyagának fénytörési tulajdonsága határozza meg a nyílásszöget.

Az összes fent említett paramétert oly módon kell kiválasztani, hogy a fólia megfeleljen a végső, kitűzött célnak. Annak érdekében, hogy megfelelő 3D-s benyomást érzünk el, előnyös a kis nyílásszög megválasztása, ami általában kb. 30° . Ezt az értéket azért választjuk, hogy kis megtekintő zónák jöhessenek létre a különálló részképek számára. Ez csökkenti a megegyező részképek egyidejű, két szemmel való

megtekintésének kockázatát. Így a háromdimenziós benyomás már mintegy 15 cm-es távolságból elérhetővé válik, ami jelentősen hosszabb távolságoknál is megmarad. (Buchroithner, Habermann, Gründemann, 2004)

4. 3. 3. A lentikuláris technológia előnyei

A lentikuláris technológián alapuló 3D-s térképek több előnnyel is rendelkeznek a hagyományos térképekkel szemben. Egyik legnagyobb előnye, hogy minden vektoros információként van jelen, azaz a térkép szimbólumai és betűi, különösen a földrajzi nevek oly módon modellezhetőek, hogy nem takarja el az aktuális felületet (a kép szerkezetét) és a domborzati információkat (szintvonalakat, helyi magasságokat), inkább úgy tűnik, mintha a terület felett lebegne. Fontos megemlíteni, hogy az így készült térképek esetén előnyt jelent az adott információk és különböző tartalmak egy kijelzőn való értelmezése. Továbbá nagy előnye az így készült térképeknek, hogy könnyen hordozható és különböző személyek egyidejűleg megtekinthetik. Ez azt is jelenti, hogy hordozható akár teljes egészében, vagy vászonkötésű, kisebb, vágott darabokban is. A legnagyobb előnye azonban az, hogy az ilyen térképeknek nincs szükségük sem egy különleges megvilágítóra, sem pedig egy egyéni nézőeszközre, mint például az anaglif szemüveg, vagy hasonlók. A képi adatok árnyékolása (mesterséges, vagy természetes) és a részben lebegő topográfiai line információk kombinációja a legmegfelelőbb a térképhasználó számára, így a valódi 3D-s térképek könnyebbé teszik a tanulást, érdekesebbek és hatásosabbak, valamint ösztönösen érzékelhetőek.

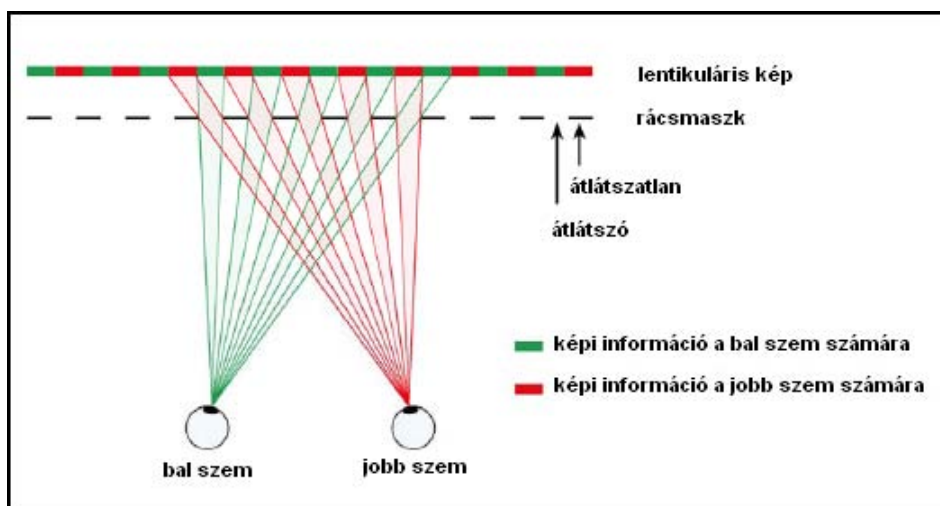
Végül a fent említett eszközök kombinálásával a jellemzett térkép típusa újdonságot jelent a 3D-ban való térképészeti megjelenítésben. Ez egy olyan lehetőség, ami hatalmas előnyökkel jár mindazok számára, akiknek eddig komoly gondjuk származott a domborzati információszerzésben. Ebben az értelemben ennek hatalmas lehetősége van a jövőbeli alkalmazásban, mind a topográfiában, mind pedig a tematikus kartográfiában.

4. 4. Rácsmaszkos technika

A fentiekben említett lentikuláris fólia segítségével kidolgozott technológia mellett kifejlesztettek egy másik, sokban az LFD-hez hasonló módszert.

A technika alapja lényegében ugyanaz, vagyis egy lentikuláris kép, amely szintén apró csíkok váltakozó sorrendben való összefűzéséből jön létre. Ennél a módszernél azonban már nem lentikuláris fóliát használnak a képi információk

elkülönítéséhez, hanem egy úgynevezett rácsmaszkot. Ez a maszk, melyet a kép elé helyeznek, áttetsző és nem áttetsző rácsok váltakozásából áll. A rácsok az alattuk lévő kép, más és más területét takarják ki eltérő szögből nézve. Mivel az emberi szemek egymástól való távolságából adódik az eltérő látószög, így a maszk képes elkülöníteni a bal és a jobb szemnek szánt képi információkat (33. ábra). (Knust, Dolz & Buchroithner, előadás, 2009)



33. ábra: A rácsmaszkos technika elve

4. 5. Kézzel készített domborzati modellek

A kézzel készített domborzati modellek az adott táj egy részletének három dimenzióban való ábrázolása a szobrászat bevonásával. Ez a módszer egy rendkívül grafikus módja a hegyek ábrázolásának, tulajdonképpen a Föld felszínének egy élethű másolata. Egyes foglalkozási csoportok, mint például a geológusok használják ezeket a modelleket a táj morfológiájának vizsgálatához, kutatásához. Sok kézzel készített domborzati modellből lesz műalkotás, melynek következtében jelentős értéket képviselő munkává válik.

A domborzati modell készítésében az úttörő szerepet Hans-Ludwig Pfyffer (1716-1802) játszotta, aki sok éves kitartó terepmunka, felmérés és modellezést követően 1786-ban elkészítette Középső-Svájc 26 négyzetméteres domborzati modelljét. Azonban a későbbi alpesi domborzati modellezés mesterei, mint például Eugène Charles Perron (1837-1919), Albert Heim (1849-1937), vagy a lejtő- és árnyékcsíkozásnál már említett Eduard Imhof (1895-1986) után ma már csak Toni Mair az egyetlen szakember a kézzel készített domborzati modellezés területén. Toni Mair 1972 óta készíti alpesi tájábrázolásokat.

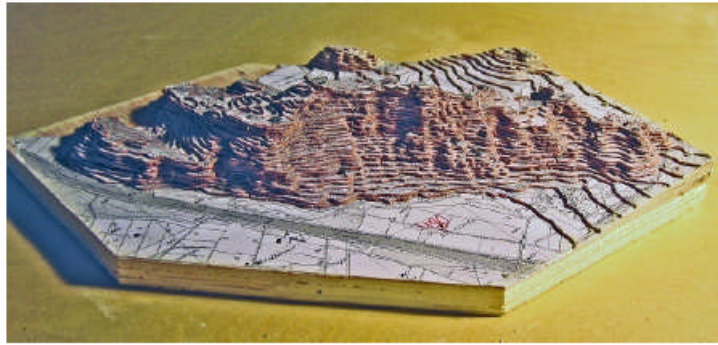
4. 5. 1. A modell készítése

A domborzati modelleket szintvonalas térképek segítségével állítják el. Miután kiválasztották az ábrázolni kívánt területet, az arról készült szintvonalas térképről (34. ábra) létre kell hozni néhány másolatot, és meg kell jelölni bizonyos szintközönként előforduló szintvonalakat. A térképekről készült másolatokat fából készült vékony lemezekre kell ragasztani, amit egy fűrész segítségével ki kell vágni a szintvonalak mentén 10, vagy 20 méteres szintvonalközönként. Az így kivágott darabok egy szabályos modellé össze-

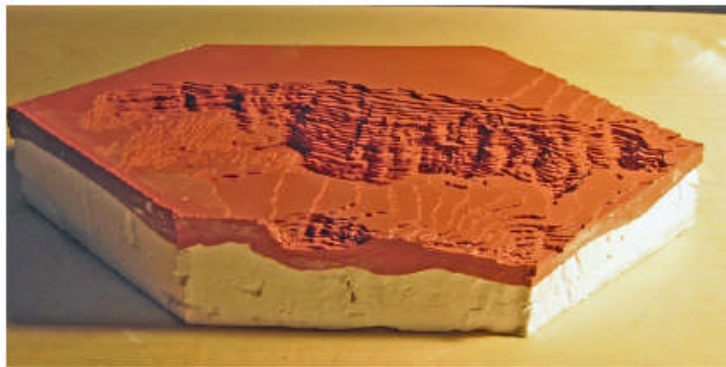


34. ábra: A kiválasztott szintvonalas térkép

állíthatóak a szintvonalak és a koordinátaháló segítségével (35. ábra). Az elkészült nyers modellből folyékony gumi alkalmazásával negatív modell készíthető, ami így rendkívül rugalmas anyaggal rendelkezik (36. ábra). A negatív modellből gipsz segítségével elkészíthető a durva domborzati modell (37. ábra), melyből a finom részletek kifaragása után megkapjuk a táj pontos alakját (38. ábra). A modell kifaragása sok tapasztalatot és manuális készséget igényel, valamint olyan fémből készült eszközöket, amelyek hasonlítanak a fogorvosi készletre. A nyers tájképből egy újabb negatív modell készíthető, amely a domborzatmodell későbbi másolataihoz használható majd fel (39. ábra). A következő fontos lépés a geográfiai részletek, mint például a folyók, erdők, települések, utak, stb. kijelölése a modellen (40. ábra). Végül már nincs más hátra, mint az előbb említett részletek színezése. Elengedhetetlen, hogy a domborzati modellen a természet kreatívan legyen kifejezve. Vagyis a sziklák és a mezők különböző színnel legyenek ábrázolva, ne csak szürkével és zölddel, továbbá fontos a falvak jó megformálása, hogy ne csak piros foltként jelenjenek meg. (KelsoCartography, 2008)



35. ábra: Fából készült modell



36. ábra: Gumiból készült negatív modell



37. ábra: Gipszből készített durva modell



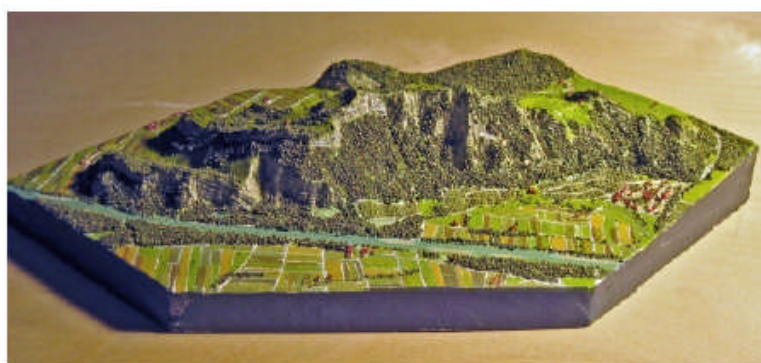
38. ábra: Faragás utáni gipszmodell



39. ábra: Másolatok készítése céljából előállított negatív modell



40. ábra: Geográfiai részletekkel rendelkező modell



41. ábra: Az elkészült domborzati modell

A kézzel készített domborzati modellek végső alapanyaga általában a gipsz, melynek néhány tulajdonsága előnyösebb a gyurmával, vagy egyéb anyagokkal szemben. A szakképzetten kezelt kemény gipsz a kőhöz hasonlóan reped, így a belőle készült szikla felveszi a kívánt hasonlóságot a természettel. A hiányzó, vagy sérült részek rendbe hozása sem okoz nagy problémát, új gipszdarab elhelyezésével könnyen megoldható.

Fontos továbbá, hogy a domborműveket nem szabad felnagyítva ábrázolni. Eduard Imhof szerint minden vertikálisan történő nagyítás egyféle hamisításnak felel meg, és valótlan, természetellenes lejtőket hoz létre. A meredek lejtő szemből nézve

meredekebbnek tűnik a természetben, mint amikor oldalirányból nézzük. A modellen a lejtők és a sziklafalak többsége közel frontális nézetből készültek, így ők is viszonylag meredekebbnek tűnnek, vagyis nincs szükség a nagyításból származó fokozásra. Az alábbi ábrán a svájci Bietschhorn dombormodelljeit láthatjuk. Az első modell a Nest-gleccser 2005-ös, a második pedig az 1938-as állását mutatják (42. ábra). (Stefan Räber, 2007)



42. ábra: A Bietschhorn dombormodelljei

4. 5. 2. A modell megvilágítása

A nagyobb domborzati modellek szebben mutatnak, amikor megfelelő megvilágítást kapnak. A fény forrásának, legyen szó nappali, vagy mesterséges fényről, egy irányban kell lennie, lehetőleg egy felső szögben. Ily módon a dombormű természetes árnyékolást kap, továbbá a háromdimenziós benyomást is fokozza a megfelelő megvilágítás. A sziklaszárnyak, gleccser letörések, vagy a keskeny vízmosások mind kiemelik a szükséges kontrasztokat.

5. Összegzés

A domborzat lehető legtökéletesebb ábrázolása sok embert foglalkoztatott az idők folyamán. A dolgozatban leírtak alapján belátható, hogy a pontosság és a plasztika magas szintű kifejezése sok fejtörést okozott minden kor térképszerkesztője számára. Munkájuk eredményességének köszönhetően, számos eljárás kifejlesztésére is sor került, melyek azonban nagymértékben függtek a felmérési módszerek fejlődésétől, valamint a sokszorosítási lehetőségektől.

Fontos megemlítenem, hogy az egyes ábrázolási módszerek közötti határ meghúzása szinte lehetetlen feladat. Ennek oka az, hogy a különböző technikákat egy időben, párhuzamosan is alkalmazták, melyek így kölcsönös hatással bírtak egymásra. A domborzat ábrázolása csak a XVIII. században indult igazán fejlődésnek, lendületet adott ugyanis a térképek terepen való alkalmazásának igénye.

Remélem szakdolgozatomban kellőképpen összefoglalásra kerültek a régi korokban használt ábrázolási módszerek, valamint a modern technika vívmányai egyaránt.

6. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani a témavezetőmnek, Gede Mátyásnak. Dolgozatom írása során mindig készségesen állt rendelkezésemre, hasznos tanácsokkal látott el mind a témával, mind a dolgozat felépítésével, szerkesztésével kapcsolatosan. Külön szeretném megköszönni, hogy a 2009-ben, Drezdában megrendezésre került True-3D in Cartography előadásain szerzett ismereteit rendelkezésemre bocsátotta.

Szeretnék köszönetet mondani Mészáros János doktorandusznak is, aki saját könyveit elérhetővé tette számomra, valamint rendszeresen segítségemre volt kutatómunkám során.

7. Ábrajegyzék

- 1., 2. ábra - Dr. Balatoni Béla (szerk.), 1991: Katonai tereptan
3. ábra - <http://lazarus.elte.hu/hun/dolgozo/jesus/gyerterk/princ/alapism/alap3/alap3-2.htm>
- 4., 5., 13., 14., 15. ábra- Unger János, 1999: Bevezetés a térképészetbe
6. ábra - http://www2.le.ac.uk/projects/ad-novas-cesenatico/images/peut-table.jpg/image_preview
7. ábra - <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2003/tv0305/di3.jpg>
8. ábra - <http://www.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/baba/Marton.pdf>
- 9., 10., 11., 12., 16., 17., 18., 19. ábra - Klinghammer István és Papp-Váry Árpád, 1983: Földünk tükre a térkép
20. ábra - <http://lazarus.elte.hu/hun/dolgozo/jesus/gyerterk/princ/alapism/images/5-7.jpg>
21. ábra - http://3dszemuveg.hu/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_new.tpl&product_id=32&category_id=15&option=com_virtuemart&Itemid=60
22. ábra - http://www.fot.bme.hu/szinlatas/pichtml/b3_1.htm
23. ábra - http://www.fot.bme.hu/szinlatas/pichtml/b3_4.htm
24. ábra - Roger Wheate and Brian Menounos: 3D representation of Canadian mountain glaciers: anaglyphs and the Geowall. Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.
- 25., 27. ábra - http://logout.hu/cikk/reald_3d_mi_folyik_a_vaszon_mogott/3d_megjelenitesi_technikak.html
26. ábra - Karl Krauss, 1998: Fotogrammetria
28. ábra - <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm4/papers/466.pdf>
29. ábra - Autostereoscopic Maps on the Basis of Lenticular Foils. Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28
30. ábra - http://www.mountaintography.org/publications/papers/papers_nuria_04/buchroithner.pdf
31. ábra - http://www.mountaintography.org/publications/papers/papers_nuria_04/buchroithner.pdf
32. ábra - http://www.mountaintography.org/publications/papers/papers_nuria_04

[/buchroithner.pdf](#)

33. ábra - Claudia Knust, Wolfram Dolz & Manfred Buchroithner: The Digital True-3D Globe from Willem Janszoon Blaeu (Amsterdam 1645/48). Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.

34., 35., 36., 37., 38., 39., 40., 41. ábra - <http://kelsocartography.com/blog/wp-content/uploads/2008/03/from-stepmodel-to-the-natural-landscape-reliefmodel.pdf>

42. ábra - http://kelsocartography.com/blog/wp-content/uploads/2008/03/21_raeber.pdf

8. Irodalomjegyzék

- Dr. Irmédi-Molnár László, 1970:** Térképalkotás. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest
- Klinghammer István és Papp-Váry Árpád, 1983:** Földünk tükre a térkép. Gondolat, Budapest
- Klinghammer István, Pápay Gyula, Török Zsolt, 1995:** Kartográfia-történet. Eötvös Kiadó, Budapest
- Unger János, 1999:** Bevezetés a térképészetbe. JATEpress, Szeged
- Dr. Balatoni Béla (szerk.), 1991:** Katonai tereptan. A Magyar Honvédség Parancsnokságának Kiadványa
- Jankó Annamária, 2007:** Magyarország katonai felmérései 1763-1950. Argumentum, Budapest
- Vöröss József (szerk.), 1943:** Tereptan, terepábrázolás, térképhasználó, terepfelmérés. Magyar Királyi Honvéd Térképészeti Intézet, Budapest
- Karl Krauss, 1998:** Fotogrammetria. Tertia Bt.
- Thomas Gründemann:** Autostereoscopic Maps on the Basis of Lenticular Foils. Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.
- Gunter Weiss:** How true are true 3D-Visualisations?. Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.
- Roger Wheate and Brian Menounos:** 3D Representation of Canadian Mountain Glaciers: Anaglyphs and the Geowall. Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.
- Claudia Knust, Wolfram Dolz & Manfred Buchroithner:** The Digital True-3D Globe from Willem Janszoon Blaeu (Amsterdam 1645/48). Előadás. True-3D in Cartography, Drezda, 2009. 08. 24-28.
- Márton Mátyás, 2006:** Tengertan térképész szemmel. Geodézia és Kartográfia, 2006/10, pp. 24–33.
<http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2006/10/6.pdf>
- ReliefShading, 2008:** Eduard Imhof.
<http://www.reliefshading.com/cartographers/imhof.html>
- Veres Hajnalka, 2010:** Anaglif. Terepszemle Stúdió.
http://www.terepszemle.hu/anaglif_osszefoglalo_web.pdf
- Stereoscopy.com, 2010:** Sir Charles Wheatstone.

<http://www.stereoscopy.com/faq/wheatstone.html>

Életkép, 2010: Fotótörténet.

<http://www.fototech-nika.hu/hu/fototortenet/index.html>

3D univerzum, 2010: Anaglif – Polarizáció.

[http://www.3dszemuveg.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=58
&Itemid=74](http://www.3dszemuveg.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=74)

http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_3D_glasses

NAP, 2010: Edwin Herbert Land. Biographical Memoirs. The National Academies Press

<http://www.nap.edu/readingroom/books/biomems/eland.html>

Logout, 2009: RealD 3D – mi folyik a vászon mögött?

[http://logout.hu/cikk/reald_3d_mi_folyik_a_vaszon_mogott/3d_megjelenitesi_tec
hnikak.html](http://logout.hu/cikk/reald_3d_mi_folyik_a_vaszon_mogott/3d_megjelenitesi_tech_nikak.html)

M. F. Buchroithner, O. Wälder, Klaus Habermann, B. König, Thomas Gründemann, G. Neukum and the HRSC Co-Invetigator Team: True-3D visualization of the Martian Surface based on lenticular foil technology using HRSC imagery. Intitute of Cartography.

<http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm4/papers/466.pdf>

Manfred Buchroithner, Klaus Habermann, Thomas Gründemann, 2004: True 3D visualisation of Mountainous terrain by means of lenticular foil technology.

[http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_nuria_04/buchro
ithner.pdf](http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_nuria_04/buchroithner.pdf)

Khaled El Nabboud, 2007: “Lenticular Foil Display” as new Geo-data visualization tools for Participatory Urban planning.

http://library.tce.gr/digital/m2267/m2267_nabbout.pdf

KelsoCartography, 2008: Meet Toni Mair — Terrain Artist Extraordinaire.

<http://kelsocartography.com/blog/?p=206>

Stefan Räber, 2007: Handmade relief models. Institute of Cartography.

[http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_bohinj_06/21_R
aerber.pdf](http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_bohinj_06/21_Raerber.pdf)

NYILATKOZAT

Név: Harsányi Melinda

ELTE Természettudományi Kar, szak: Földtudomány Bsc

ETR azonosító: HAMPAAAT.ELTE

Szakdolgozat címe: Hegyvidéki területek alternatív domborzatábrázolási
módszerei

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

Budapest, 2010. május 15.

a hallgató aláírása