

Szinoptikus meteorológia I.

2013/2014 I. félév

A VIZSGÁRA BOCSÁTÁS FELTÉTELE:

- az előadások látogatása az ELTE Hallgatói Követelményrendszerében leírtak szerint;
- szorgalmi feladatok készítése.

TOVÁBBI AJÁNLOTT IRODALOM:

Bluestein, H. B.: *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Vol. I., Vol. II.* Oxford University Press, New York, 1992.

Kurz, M.: *Synoptische Meteorologie.* Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main, 1990.

Angol fordításban: *Synoptic Meteorology. Training Guidelines of the German Meteorological Service, No. 8.* Offenbach am Main, 1998.

nimbus.elte.hu, A Tanszék dolgozói, Gyuró György, Oktatási segédanyag hallgatóknak

MI A METEOROLÓGUS FELADATA?

„Feladatunk a jövő időjárás kiszámítása.”

„A légkörfizika ugyanazzal a közeggel foglalkozik, mint a meteorológia, a két tudományágat mégsem szokás egymással egyenrangúnak tekinteni. A különbség abból fakad, hogy a fizika az ún. egzakt tudományok közé tartozik, míg a meteorológiát éppen a legkevésbé egzakt tudományok példaként szokás emlegetni. A meteorológia igazán csak akkor lesz egzakt tudomány, ha a légkör fizikáját fejldik.”

Vilhelm Bjerknes norvég fizikus, az elméleti meteorológia atyja, 1913

AJÁNLOTT IRODALOM:

Makainé Császár Margit és Tóth Pál:
Szinoptikus meteorológia I. és II.,
Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.

Manfred Kurz: *Szinoptikus meteorológia.*
Fordította Rajkay Ödön.
Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 1986.

Gyuró György: *A szinoptikus időjárás analízis eszközei (Szinoptikus meteorológia 1).* A 2007-ben összeállított munkafüzet javított, bővített változata.
ELTE-munkafüzetek. ELTE Eötvös Kiadó, 2012

TOVÁBBI, OLVASÁSRA AJÁNLOTT IRODALOM:

Horváth E., Kapovits A. és Weingartner F. (szerkesztők):
Meteorológiai megfigyelések kézikönyve. OMSZ, 1987.

Domonkos P. és Szudár B.: *Előírás földfelszíni megfigyelések végzésére.* OMSZ, 1997.

Bodolainé Jakus E.: *Magyar szinoptikus meteorológiai kutatások 1955-1995.* OMSZ, 1996.

Simon A. és Tünczer T. (szerkesztők): *Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1971-1995.* OMSZ, 1995.

Czelnai R.: *Az Országos Meteorológiai Szolgálat 125 éve (1870-1995).* OMSZ, 1995.

Szepesiné Lőrincz A. (szerkesztő): *Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1870-1970.* OMSZ, 1970.

HOGYAN LESZ A METEOROLÓGIA EGZAKT TUDOMÁNY?

„Feladatunk a jövő időjárás kiszámítása...”

A számítások elvégzéséhez rengeteg időre van szükség. Tudósok megfelelő körülmények között nagyjából három hónap alatt számolják ki az időjárás háromórányi változását... Határtalanul boldog lennék, ha munkánk nyomán sikerülne megadni a másnapi időjárás kiszámításának módszerét... Ezzel válhatna a meteorológia egzakt tudománnyá, és lehetne a légkör fizikájává...

Évekbe telhet, amíg alagutat fúrunk a hegyen át. Egyes munkatársaink nem fogják megérni az áttörés napját. Ez viszont senkit nem gátol munkájában, mert az alagúton aztán majd gyorsvonati sebességgel utazhatunk.

Vilhelm Bjerknes, 1913

MIÉRT TEKINTJÜK A FIZIKÁT EGZAKT TUDOMÁNYNAK?

GALILEI, 1623: IL SAGGIATORE (Az aranymérleg):

„Mérj meg mindent, ami mérhető,
s ami még nem az, tedd mérhetővé!”

„A világ könyve a matematika nyelvén íródott,
betűi háromszögek, körök és más mértani ábrák,
melyek nélkül lehetetlenség megérteni emberi ésszel
egyetlen szót is.”

A SZINOPTIKUS METEOROLÓGIA TÖRTÉNETÉNEK FŐBB SZAKASZAI

**A KEZDETEKTŐL AZ ACCADEMIA DEL CIMENTO
ALAPÍTÁSÁIG (1657-IG):**

AZ EMPÍRIA KORA:

Műszeres mérések nincsenek,
kizárólag tapasztalaton alapuló megfigyelések vannak.

A korszak végén készülnek el az első, meteorológiai célra is
használható mérőeszközök.

**AZ ACCADEMIA DEL CIMENTO ALAPÍTÁSÁTÓL
A „SZINOPTIKUS GONDOLAT” MEGSZÜLETÉSÉIG
(1657-1820):**

A BAROMÉTER KORA:

AZ ELSŐ MŰSZERES METEOROLÓGIAI MÉRÉSEK

1657 és 1667 között működött
az Accademia del Cimento (A Kísérletezés Akadémiája),
azaz a Firenzei Tudományos Akadémia.

Jelszó:

„Provando e riprovando”
(Kísérelj meg újra és újra!)

Mit jelentenek a szinoptika és a meteorológia szavak?

ARISZTOTELESZ szerint a változhatatlan szféra (ég)
és a változó szféra (földfelszín)
közötti jelenségek neve: **METEOR**

METEOROLÓGIA (logosz = tudomány):
a földfelszín és az égbolt közötti jelenségek tudománya

SZIN- vagy **SYN-** (görögül) = együtt, egyszerre;
OPSZISZ = látás (optika);

SZINOPTIKUS = áttekintő, összefoglaló

SZINOPTIKUS SZEMLÉLET ↔ KLIMATOLÓGUS SZEMLÉLET

HŐMÉRSÉKLETMÉRÉS:

Galilei (1605) és Santorio (1612): termoszkóp
(a hőmérsékletkülönbség mérése).

II. (Medici) Ferdinánd toszkán nagyherceg
1654-ben zárt csövű hőmérőt konstruált.

LÉGNYOMÁSMÉRÉS:

Torricelli és Viviani kísérlete 1643-ban
a vákuum létezésének igazolására;

Pascal bizonyítása 1648-ban:
a légnyomás a magassággal csökken,
tehát függ a levegő súlyától.

Az eszközök megvannak!
Mérőállomásokat és mérőhálózatokat kell szervezni!

1781-1792: Societas Meteorologica Palatina
(más néven Mannheimeri Társaság);
alapító: Károly Tivadar pfalzi választófejedelem;
szervező: Jakob Hemmer fizikus, udvari káplán.

mannheimeri órák: 7, 14 és 21 óraker kell megfigyelni;
39 állomás (Buda is!), 13 évkönyv (Ephemerides)

A budai mérések története:
1780-tól Egyetemi Csillagdában a Várban,
1818-tól a Gellérthegyen,
1870-től a Budai Főreáliskolában,
1890-től a Fő utcában a m. kir. Meteorológiai és
Földmágnességi Intézet (OMFI) működésének helyén,
1910 óta a Kítaibel Pál utcában,
az OMFI (ma OMSZ) székházában.

A Societas Meteorologica Palatina „hagyatéka”
a szinoptikus megfigyelések három alapelve:

1. azonos időben;
2. egyforma (napjainkban: összehasonlítható) eszközökkel;
3. azonos megfigyelési utasítás szerint kell a megfigyeléseket végezni!

„+1” Az adatokat kölcsönösen egymás rendelkezésére kell bocsátani, függetlenül a megfigyelések számától.

Ez a Mannheimben végzett központi adatgyűjtéssel, az Ephemerides könyvsorozat kinyomtatásával és terjesztésével abban az időben teljesült.

Az 1873-ban alakult Nemzetközi Meteorológiai Szervezet (International Meteorological Organization, IMO) javasolta az elv érvényesítését.

Az IMO utódja, a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization, WMO) napjainkban is az együttműködés egyik alapelveként tekinti.

A SZINOPTIKUS GONDOLAT SZÜLETÉSÉTŐL A POLÁRFRONT-ELMÉLET MEGALKOTÁSÁIG (1820-1919): AZ IZOBÁRSZINOPTIKA KORA:

A „szinoptikus gondolat”:

1820: Brandes, a Lipcsei Egyetem professzora szinoptikus térképet rajzolt (1783-as mérésekből), és felismerte az alacsony nyomású területeket.

1833: Beaufort brit admirális egységes jeleket vezetett be a Brit Haditengerészetben az időkép jelölésére (ezek lettek 1935-ben a nemzetközi meteorológiai jelek).

1838: Beaufort tapasztalati szélességi skálát alkotott (ennek módosított változata lett 1946-ban a nemzetközi tapasztalati szélességi skála)

1853: Dove [ejtsd: dóve!] berlini professzor megrajzolta az első izovonalas (izoterma) térképet.

EGY EMLÉKEZETES IDŐJÁRÁSI KATASZTRÓFA

1854: a krími háborúban a Szevasztopol ostromára készülők angol-francia-török csapatok vesztesége a Balaklavai-öbölre lecsapó viharban

III. Napóleon utasítására LeVerrier csillagász, a Párizsi Observatórium vezetője folytatott vizsgálatot.

A vizsgálat után LeVerrier (talán éppen az előző évi brüsszeli konferencia gondolatait is felhasználva) javaslatot tett meteorológiai megfigyelőhálózat létesítésére és a nemzetközi adatcserére.

A NEMZETI METEOROLÓGIAI SZOLGÁLATOK SZÜLETÉSE:

Ausztria, 1851, Karl Kreil;
Anglia, 1854, Robert FitzRoy;

...

Magyarország, 1870, Schenzl Guido.

ELMÉLETI EREDMÉNYEK A „BAROMÉTER KORÁBAN”

1670: Guericke (magdeburgi féltékék) megismételte Torricelli és Viviani kísérletét, és figyelte a légnyomás változását a légköri változások függvényében.

1750: Euler felírta a folyadékok mozgásegyenletét, azaz megadta a newtoni mechanika hidrodinamikai alkalmazásának módját.
Emlékét az Euler-operátor őrzi. Emlékeztetőül:

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$

↑ ↓ ↙ ↘ ↑
individuális lokális advekcio konvekcio
változás változás

1780: Laplace megalkotta „determinisztikus” világgépét.

1848: Piddington kalkuttai tengerésztiszt és

1851: Kreil, az osztrák intézet alapító igazgatója javasolja a távíró használatát meteorológiai adatgyűjtésre.

1853: az 1. Nemzetközi Tengerészeti Konferencia Brüsszelben javasolja az együttműködést a meteorológia területén

1857: Buys Ballot (1817-1890), a Holland Királyi Meteorológiai Intézet (KNMI) alapító igazgatója kimondja a bárikus széltörvényt

Emlékeztetőül:

a szél az izobárokkal (izohipszákkal) párhuzamosan fúj, és a széliránynak háttal állva a ciklon középpontja az északi féltéken balra, a déli féltéken jobbra található.

A POLÁRFRONT-ELMÉLET MEGALKOTÁSÁTÓL AZ ELSŐ SZÁMÍTÓGÉPES ELŐREJELZÉSIG (1919-1950):

AZ IZALLOBÁRSZINOPTIKA KORA

1919: Jakob Bjerknes munkatársaival közösen megalkotta a polárfront-elméletet.

1950 óta: AZ ELMÉLETI SZINOPTIKA

avagy

A NUMERIKUS PROGNOZSTIKA KORA:

1950: az első sikeres számítógépes előrejelzés, azaz a légköri kormányzó egyenletrendszer numerikus integrálása. Neumann János javaslata alapján, egy 40 fős csoport Charney amerikai és Fjörtoft norvég meteorológus, valamint Neumann János vezetésével, Princeton, USA

Az egyes nemzeti meteorológiai szolgálatok légköri megfigyelési, adatfeldolgozó és távközlési tevékenységét 1963 óta az Időjárási Világszolgálat (World Weather Watch, WWW) koordinálja.

A szinoptikus megfigyelőhálózat

A WWW három eleme:

- Globális Megfigyelőrendszer (Global Observing System, GOS);
- Globális Távközlési Rendszer (Global Telecommunication System, GTS);
- Globális Adatfeldolgozó és Előrejelző Rendszer (Global Data Processing and Forecasting System, GDPFS).

A Globális Megfigyelőrendszer működésének célja: jó minőségű, standardizált megfigyelések végzése a Föld teljes felszínén és a világúrból a légkör, a földfelszín és az óceánok felszínének állapotáról időjárási analízis, előrejelzés, veszélyjelzés, valamint a WMO és más szervezetek által támogatott környezetvédelmi alkalmazások céljából.

Követelmények a különböző hálózatokkal szemben:
globális: a nagytérségű és a planetáris jelenségek és folyamatok leírása;

regionális: a nagytérségű jelenségek és folyamatok részletes megfigyelése, és kisebb skálák leírása;

nemzeti: az egyes nemzeti szolgálatok érdekeinek megfelelő megfigyelések végzése.

A megfigyelőállomások típusai:

szinoptikus: szárazföldi vagy tengeri, észlelővel vagy anélkül, fix helyű vagy mobil;
magaslégköri: rádiós szélmérő, rádiószondázó, rawinszondázó (mindkettőt végző), pilotózó; repülőgépes; éghajlati; - egyéb: repülőtéri, hajóra telepített, mérőbójás, agrometeorológiai és speciális (radar, sugárzás-, szélprofil-, lélegelektro-mosság-mérő, kutatórepülőgépes és -rakétás, planetáris határréteg-, árapály- és háttérszennyezettség-mérő.

Mit kell megfigyelni (mérni és/vagy észlelni)?

szárazföldi észlelős szinoptikus állomásokon: szélirány és -sebesség, léghőmérséklet, légnedvesség, légnyomás, jelenlegi és elmúlt idő, a felhőzet fajtája és mennyisége, a felhőalap magassága, látástávolság,

ill. regionális igények esetén: a nyomási tendencia értéke és alakja, szélső hőmérsékletek, csapadékmennyiség, talajállapot, a felhőmozgás iránya (felhőhuzam), különleges légköri jelenségek.

szárazföldi automata szinoptikus állomásokon:

szélirány és -sebesség, léghőmérséklet, légnedvesség, légnyomás, a csapadékhullás ténye (I/N);

ill. a lehetőségek függvényében: csapadékmennyiség és -intenzitás, látástávolság, a felhőzet mennyisége és a felhőalap magassága, különleges légköri jelenségek;

magaslégköri állomásokon: légnyomás, léghőmérséklet, légnedvesség, szélirány és szélsősebesség;

Mikor kell megfigyeléseket végezni?

szárazföldi állomásokon: *legalább naponta 8-szor (fő- és mellékterminusokban);*

tengeri állomásokon:

lehetőleg 8-szor, de legalább naponta 4-szer;

magaslégköri állomásokon:

lehetőleg 4-szer, de legalább naponta kétszer;

repülőgépeken:

az első és az utolsó 10 percben 30 mp-enként, az útvonalon 15 percenként;

repülőtereken:

lehetőleg félóránként, de legalább óránként.

AZ ŰRBÁZISÚ ALRENDSZER ELEMEI:

kvázipoláris, geostacionárius és egyéb (kutató) meteorológiai műholdak.

Operatív műholdrendszerek:

kvázipoláris: az USA 2 db műhoddal;

geostacionárius:

az USA 2 db műhoddal,
az EUMETSAT 1+1 db műhoddal,
1-1 műhoddal India és Japán.

Mérések:

hőmérsékleti, légnyomási és nedvességprofilok

A GOS két pillére:

a földbázisú alrendszer és az űrbázisú alrendszer

A FÖLDBÁZISÚ ALRENDSZER ELEMEI:

10 ezernél több szinoptikus állomás,
közülük közel 4 ezer alkotja a
Regionális Szinoptikus Alaphálózatot
(**Regional Basic Synoptic Network, RBSN**);

A WMO hat régiója:

Afrika, Ázsia, Ausztrália és a délnyugati Csendes-óceán,
Dél-Amerika, Észak-Amerika,
Európa

Milyen sűrű legyen az állomáshálózat?

Legalább 100 km mind a szinoptikus, mind a magaslégköri állomások esetén.

Milyen pontosan kell mérni?

1 perces átlagolással megadott mennyiségek esetén:

<i>paraméter</i>	<i>mérési felbontás</i>	<i>megkövetelt pontosság</i>
lég hőmérséklet	0,1 K	± 0,1 K
szélső hőmérséklet	0,1 K	± 0,1 K
harmatpont	0,1 K	± 0,5 K
relatív nedvesség	1 %	3 %
légnyomás	0,1 hPa	± 0,1 hPa
nyomási tendencia	0,1 hPa	± 0,2 hPa

A pillanatnyi állapot alapján észlelt adatok esetén:

<i>paraméter</i>	<i>mérési tartomány</i>	<i>mérési felbontás</i>
borultság	0-8 okta	1 okta
a felhőalap magassága	lásd: rajzolósi segédlet	
látástávolság	lásd: rajzolósi segédlet	

Összegzett (integrált) mennyiségek esetén:

<i>paraméter</i>	<i>mérési felbontás</i>
csapadékmennyiség	0,1 mm
napfénytartam	0,1 óra
a hóréteg vastagsága	1 cm

1 percnél hosszabb időre átlagolt mennyiségek esetén:

<i>paraméter</i>	<i>mérési felbontás</i>	<i>átlagolási időtartam</i>
szélsebesség	0,5 m/s	2 vagy 10 perc
szélirány	10°	2 vagy 10 perc
széllökés	0,5 m/s	3 mp

A Globális Távközlési Rendszer működésének célja:
a megfigyelési és a feldolgozott adatok lehető legjobb automatizált, gyors és megbízható gyűjtése és szétosztása.

A GTS felépítése:

globális hálózat: *Main Telecommunication Network (MTN), azaz kapcsolat a 3 meteorológiai világközpont (WMC: Melbourne, Moszkva és Washington) és a 18 regionális átjátszó (regional telecommunication hub, RTH) között;*

regionális hálózat:
az RA VI-on belül:

Regional Meteorological Data Communications Network (RMDCN), központja az ECMWF, Reading (UK), 9 RTH: Norrköping, Exeter, Toulouse, Offenbach, Róma, Prága, Bécs, Szófia, Moszkva.

magyar nemzeti hálózat: *ISDN + bérelt vonal.*

A Globális Adatfeldolgozó és Előrejelző Rendszer működésének célja:

ellátni a különböző szintű (világ-, regionális és nemzeti) meteorológiai központokat és egyéb meteorológiai szervezeteket (pl. ECMWF, hurrikánközpontok, ENSZ-szervezetek) feldolgozott adatokkal, időjárási analízisekkel és előrejelzésekkel.

A GDPFS felépítése:

globális szinten: *3 világközpont (a GTS világközpontjaival megegyező helyen), 3 GM, 3 LAM és 3 mezomodell (MM);*

regionális szinten: *29 központ;*

a magyar nemzeti GDPFS-központban (OMSZ):
*ALADIN (LAM, hidrosztatikus),
WFR (MM, nem-hidrosztatikus).*

A szinoptikus időjárási analízishez használt egyes meteorológiai paraméterek definíciója és megfigyelése

SZÉLSŐ HŐMÉRSÉKLET (MAXIMUM, MINIMUM)

Definíció: egy adott időszak (12 vagy 24óra)
hőmérsékleti szélsőértékei;

Leolvasás: 06 és 18 UTC;

Definíció: napi maximum = T_{\max} (18 UTC),
napi minimum = T_{\min} (06 UTC)

RADIÁCIÓS MINIMUMHŐMÉRSÉKLET

Definíció: éjszakai minimum a felszín fölött 5 cm-rel
csupasz (védőernyő nélküli) hőmérővel mérve.

SZÉLIRÁNY ÉS SZÉLSEBESSÉG

Definíció: a földfelszínnel párhuzamos légmozgás
iránya és sebessége 10 m-es magasságban
(A közeli tereptárgyak magasságához viszonyított
tízszerez távolságban nem lehet akadály.)

Mérőeszközök: - szélkanál és szélzászló;
- szónikus anemométer;

LÉGNYOMÁS

Definíció: a légoszlop súlyából eredő,
egységnyi felületre jutó nyomóerő.

Mérőeszközök: barométer
higanyos ~,
aneroid (mechanikus vagy elektromos) ~.

LÉGHŐMÉRSÉKLET

Definíció: a levegő hőmérséklete az állomás lehető
legtágabb környezetét jellemző területen.

A mérőeszközt lehetőleg sík terület fölött kell elhelyezni, távol árnyékat adó épületektől, fáktól, távol domboktól, gödröktől és egyéb tereptárgyaktól, legalább 1,25 és legfeljebb 2 m-es magasságban, szabad légáramlást biztosító, de a közvetlen napsütéstől és a csapadékrészecskéktől takaró házikóban vagy védőernyő alatt.

Mérőeszközök:

- hőmérő: folyadék~, ellenállás~;
- bimetáll termográf;
- termoelem.

LÉGNEDVESSÉG

a levegő nedvességtartalmának néhány mérőszáma:
keverési arány (r), specifikus nedvesség (q),
harmatpont (T_d), relatív nedvesség (U),
gőznyomás (e_v), telítési gőznyomás ($e_{s,w}$ vagy $e_{s,i}$)
nedves hőmérséklet (T_w).

Mi mérhető hálózatszerűen?

U , T_w és T_d .

Mérőeszközök: - pszichrométer
(Assmann-féle szellőztetett);

- higrométer

hajszálas ~, elektromos kapacitív ~

- hűtött tükrös harmatpontmérő.

CSAPADÉKMENNYISÉG

Definíció: a felhőkből vagy a levegőből a föld-
felszínre hulló folyékony vagy szilárd halmaz-
állapotú csapadék mennyisége a várható legma-
gasabb hótakaró fölött, ill. a felszínről várható
felcsapódás magassága fölött.
Hazánkban 100 cm-es magasságban.

Mérőeszközök:

- gyűjtőedényes csapadékmérő:
Hellmann-rendszerű, Oláh-Csomor-féle kettősfalú ~;
- elektromos
(folyamatosan regisztráló) csapadékmérő:
billenőedényes ~, súlyméréses ~, úszóházas.

A HÓRÉTEG VASTAGSÁGÁNAK MÉRÉSE

Mérőeszközök: - hagyományos (mérőpálcás) mérés,
- lézeres hómagasság-mérő,
- szónikus hómagasság-mérő.

A NAPPÉNYTARTAM MÉRÉSE

A WMO ajánlása szerint a nappfénytartam a 120 W/m²-nél nagyobb irradiancia időtartama.

Mérőeszköz (direkt módszer):
Campbell-Stokes-féle nappfénytartammérő.

Számítás (indirekt módszer):
- *pirheliométeres (a direkt sugárzásból),*
- *piranométeres (a globálsugárzásból).*

- meteorológiai látás éjjel:
az a távolság, amelyen egy megfelelő méretű fekete tárgy látható és azonosítható, ha a fényviszonyok megfelelnek a normális nappali értéknek, ill. az a távolság, amelyen az átlagos erősségű fényforrás látható és azonosítható.

Észlelés: *szubjektív becslés a környező tereptárgyak térképe alapján.*

Mérőeszközök: egy fényforrás és az érzékelő között

- a fényerősség mérése (telefotométer),
- a fény elnyelődésének mérése (extinkciométer),
- a levegő fényátbocsátós képességének mérése (transzmissziómérő)
- a fény szóródásának mérése (szketterométer).

A JELENLEGI ÉS AZ ELMÚLT IDŐ MEGFIGYELÉSE

„jelenlegi idő” (present weather): az időjárás jellege az észlelés időpontjában és az elmúlt órában;
„elmúlt idő” (past weather): az időjárás jellege az elmúlt idő előző jelentése óta eltelt időben.

Feladat:

hidrometeorok (eső, hó, jég);
lithometeorok (por- és homokvihar, füst);
fotometeorok (szivárvány, halo, délibáb) és
elektrometeorok (villámlás) megfigyelése.

Módszerek:

- mérés jelenidő szenzorral;
- észlelés (szubjektív értékelés), vagyis összehasonlítás az észlelési utasítással.

A LÁTÁSTÁVOLSÁG MÉRÉSE (szubjektív, függ az emberi szem érzékenységétől)

Definíciók: (WMO)

- meteorológiai optikai mélység
(meteorological optical range, MOR):
az a távolság, amelyen a 2700 K-en izzó fényforrás párhuzamos sugarainak fényerőssége az eredeti érték 5 %-ára esik vissza (vagyis 95 % elveszett!);

- meteorológiai látás nappal:
az a távolság, amelyen egy megfelelő méretű, a felszínhez közeli fekete tárgy látható és azonosítható az égbolt vagy a párák levegő háttérében;

A LÉGNYOMÁS, A HŐMÉRSÉKLET ÉS A LÉGNEDVESSÉG MÉRÉSE A MAGASABB LÉGRÉTEGEKBE

Mérőeszköz: rádiószonda.

A SZÉLIRÁNY ÉS A SZÉLSEBESSÉG MÉRÉSE A MAGASABB LÉGRÉTEGEKBE

Mérőeszközök:

rádiós szélmérő szonda (rawinszonda), pilotballon, radar, sodar, windprofiler, rádiószonda.

DEFINÍCIÓK: HIDROMETEOROK NEM HULLÓ CSAPADÉKOK

harmat: a földfelszínen és a felszínközeli tárgyakon a levegő lehülése miatt kicsapódó vízcseppek.

Fajtái: - *leáramlással szállított,*
- *disztillációs (a felszín és a növényzet párolgása),*
- *guttációs (a levelek „izzadása”);*

dér: a 0 °C alatti hőmérsékletű földfelszínen a levegő lehülése miatt kicsapódó jégkristályok;

zúzmar: kristályos szerkezetű lerakódás tereptárgyakon nedves (ködös, párák) időben, gyenge szélben;

folyékony lerakódás: vízcseppek lerakódása a szél felőli oldalon a közeli szabad vízfelszínről permet formájában érkező vízből;

szilárd lerakódás: jégbevonat a szél felőli oldalon a közeli szabad vízfelszínről permet formájában érkező vízből;

köd: a felszín közelében kondenzálódott víz miatt bekövetkező, 1 km alatti látásromlás ($U > 80 \%$);

páráság: a felszín közelében kondenzálódott víz miatt bekövetkező, 1 és 5 km közötti látásromlás ($U > 80 \%$);

jégtűk, kristályos köd: a levegőben úszó, lebegő igen könnyű, igen kicsi jégkristályok, lapocskák, pikkelyek (gyakran jár együtt halo-jelenséggel);

felhőtölcsér, tornádó: Cb-felhőből alányúló örvény;
víztölcsér, tromba: tornádó vízfelszín fölött.

záporosó:

változatos méretű, általában nagy cseppekből álló, intenzív, rövid ideig (többnyire legfeljebb 30 percig) tartó, térben és időben változékony, hirtelen kezdődő és hirtelen befejeződő, Cu cong vagy Cb felhőből hulló cseppek;

ónos eső, ónos szitálás:

a földfelszínen és a felszín közeli tereptárgyakon megfagyó, sima és átlátszó jégbevonatot képező eső vagy esősztálás;

fagyott eső:

kicsiny, 1-3 mm átmérőjű átlátszó jéggömbök, amelyek esőcseppek megfagyásával jöttek létre a felhő és a földfelszín között a fagypontra alatti hőmérsékletű levegőben;

havazás:

egyenlő nagyságú, egyenletes esési sebességgel, nagy területen egyenletesen, időben tartósan, ingadozás nélkül, mérsékelt intenzitással hulló, hópelyhekké összetapadt hókristályok Ns vagy Sc felhőből;

LITHOMETEOROK

száraz léggöri homály: a felszín közelében felhalmozódott aeroszol részecskék miatt bekövetkező, 1 és 5 km közötti látásromlás ($U < 80 \%$);

füst: égéstermékekből származó, látásromlást okozó jelenség;

por- vagy homokvihár:

a földfelszínről felkapott, nagyméretű részecskékből álló, látásromlást okozó, a napkorongot opálos fénybe vonó jelenség;

porfogatag, portölcsér: kicsi, de intenzív, a felszínről felkapott szilárd részecskéktől láthatóvá váló légörvény;

vulkáni por és hamu: aktív vulkántevékenységből származó, látásromlást és színes naplementét okozó, finom közetszemcsékből álló aeroszol-felhalmozódás.

HULLÓ CSAPADÉKOK

szitálás (esősztálás): 0,5 mm-nél kisebb átmérőjű, egyenlő nagyságú, egyenletes és kis sebességgel hulló vízcseppek St (esetleg Sc) felhőből.

Az intenzitás a látástávolság alapján becsülhető.

eső (országos eső):

0,5 mm-nél nagyobb átmérőjű, egyenletes nagyságú, egyenletes esési sebességgel, nagy területen egyenletesen, időben tartósan, ingadozás nélkül, mérsékelt intenzitással hulló vízcseppek Ns felhőből.

Az intenzitás a mennyiség alapján becsülhető.

havaseső: esőcseppek, hópelyhek és félig megolvadt hópelyhek keveréke fagypontra körüli hőmérsékleten;

hózápor: változatos méretű, általában nagy szemcsékből álló, intenzív, rövid ideig (legfeljebb 30 percig) tartó, térben és időben változékony, hirtelen kezdődő és hirtelen befejeződő, Cu cong vagy Cb felhőből hulló hópelyhek;

hódara: 2-5 mm átmérőjű, nem átlátszó (mattfehér), gömb vagy kúp alakú tömör, a felszínről felpattanó, záporoszerűen hulló szemcsék Cu vagy Cb felhőből;

szemcsés hó: k. b. 1 mm átmérőjű, nem átlátszó, fehér, opálos, a hókristályhoz hasonló szerkezetű, a felszínről nem felpattanó, jelentéktelen csapadékmennyiséget adó szilárd szemcsék St vagy Sc felhőből;

jégdara: 2-5 mm átmérőjű, átlátszó vagy áttetsző, fehér magvú, gömb alakú, tömör, a szilárd felszínen hangosan kopogó jégszemcsék Cu vagy Cb felhőből;

jégeső: a néhány mm átmérőjűtől a tyúktójás nagyságig terjedő méretű, szabálytalan alakú, átlátszó és nem átlátszó szemcsékből álló csapadék Cb felhőből a nyári félévben.

FOTOMETEOROK

(A szinoptikus analízis és előrejelzés szempontjából nincs jelentőségük. Nem lesz vizsgakérdés.)

halo: kristályos köd vagy jégtűfelhők (Ci) jégkristályain megtörő fény által létrehozott optikai jelenség fehér gyűrűk, ívek, fényes korongok (melléknepok) és oszlopok alakjában a napsütésben vagy holdfényben;

korona (udvar): színes, a külső vöröstől a belső kékig gyengülő fényű gyűrű a napkorong vagy a holdkorong körül;

szivárvány: csapadékrészecskéken összetevőire bomló napfény színes ívei;

ködív: ködcseppeken vagy felhőrézecsékken (0,1 mm-nél kisebb átmérőjű vízcseppeken) összetevőire bomló napfény színes ívei, a ködre (felhőre) mint ernyőre vetülő fehér ív kíséretében (Brocken-hegyi kísértet);

déliab, fata morgana: egymás fölötti hideg és meleg légrétegek határán bekövetkező fénytörésre visszavezethető optikai jelenség.

A FELHŐZET MENNYISÉGE (BORULTSÁG) az égbolt felhővel borított hányada nyolcadokban.

Mérőeszköz: csak kísérletek vannak;
Észlelés: szubjektív becslés.

A FELHŐALAP MAGASSÁGA

Mérőeszközök (direkt módszerek):
keresőfényes mérés;
keresőballonos mérés;
pásztázó felhőalappmérő
(rotating beam ceilometer);
lézeres felhőalappmérő.

A FELHŐFAJTÁK

Luke Howard, „A Felhők Keresztapja”
1802-ben tette közzé azt a javaslatot,
ami a mai nevezéktan alapja lett.

Howard négy csoportot állított fel:

- *Cumulus*,
- *Stratus*,
- *Cirrus*,
- *Nimbus*.

A szinoptikus állomások észlelési utasításában
27-féle felhőkép kódolására van lehetőség.
Az egyes felhőnemeket felhőosztályokba soroljuk.

Az osztályba sorolás
a felhőalap magassága alapján történik.

C_L - alacsonyszintű felhők, $h < 2500$ m;

C_M - közép magas szintű felhők, $h > 2500$ m;

C_H - magasszintű felhők, $h > 6000$ m.

Észlelés: a felhőfajták ismeretében.

Számítási módszer:
a Ferrel-formula $h_k = 120(t - t_d)$

pontosabban $h_k = \frac{t - t_d}{\gamma_{da} - \gamma_h}$, de

$$\frac{1}{\gamma_{da} - \gamma_h} \approx 119 \sim 123$$

ezért a 120-as érték elegendően pontos.

Ma 10 felhőfajtát különböztetünk meg:

- Cumulus* (Cu),
- Stratus* (St),
- Stratocumulus* (Sc),
- Cumulonimbus* (Cb),
- Nimbostratus* (Ns),
- Altostratus* (As),
- Altostratus* (Ac),
- Cirrus* (Ci),
- Cirrostratus* (Cs),
- Cirrocumulus* (Cc).

Alacsonyszintű felhők (C_L)

$C_L = 1$: Cumulus humilis

„jődő-gomolyok”, csapadékot nem ad.

$C_L = 2$: Cumulus mediocris, Cumulus congestus

A gomoly akkor éri el a Cu med fejlettséget, ha
megjelennek a karfiolra emlékeztető formák.

Csapadékot nem ad.

A Cu congestus tornyok, csúcsok, éles kontúrok
jellemezik, tornyai árnyékot vethetnek a felhő más
részére, ezért helyenként sötét háttér látható.

Legfeljebb gyenge zápor (ww=80) kísérheti.

C_L = 3: Cumulonimbus calvus
záporszerű csapadék hullhat belőle.

C_L = 4: Stratocumulus cumulogenitus
(Cumulusok széteséséből keletkezik 2500 m alatti felhőalappal - ennél magasabban Ac cu-gen lenne) csapadékot nem ad.

C_L = 5: Stratocumulus
(nagy, közepén sötét, a szélén világos padokból áll) gyenge csapadékot adhat, főleg ősszel, általában ww = 58; 59; 68; 69.

C_L = 6: Stratus
jellemző csapadéka az esőszitálás.

Középmagas szintű felhők (C_M)

C_M = 1: Altostratus translucidus
az égitestek (nap, hold) helyzete meghatározható, halojelenséget nem mutat, a tárgyak árnyéka nem látszik, legfeljebb gyenge csapadékot adhat, felvonuló Cirrostratusok (C_H = 4; 5; 6) után a front közeledtét jelzi.

C_M = 2: Altostratus opacus vagy Nimbostratus
A front közeledtével a C_M = 1: *As translucidus* tovább vastagszik és *As opacus* lesz, majd elindul a csapadék, és a felhő már *Ns*.

C_M = 7: Altocumulus duplicatus
Altostratus és Altocumulus különböző szinteken (gyenge csapadék adható).

C_M = 8: Altocumulus floccus vagy Altocumulus castellanus

C_M = 9: kaotikus égkép, vagyis többféle középmagas szintű felhő az égen (ritkán fordul elő).

C_L = 7: Stratus fractus

Jellemzően a Nimbostratus kísérőfelhője, a felhő-alap alatt visszapárolgó csapadékból keletkezik;

C_L = 8: Cumulus és Stratocumulus különböző szinteken: elsősorban frontok területére jellemző;

C_L = 9: Cumulonimbus, Cumulonimbus capillatus.

C_M = 3: Altocumulus translucidus
„A macskakő az égre vetítve.”
Világos felületek. Csapadékot nem ad.

C_M = 4: Altocumulus lenticularis
alakját gyorsan változtató középmagas felhő, csapadék nincs.

C_M = 5: felvonuló Altocumulus
sorokba rendezetten felvonuló Ac (legfeljebb 6 okta, csapadék nincs);

C_M = 6: Altocumulus cumulogenitus vagy Altocumulus cumulonimbogenitus
(„elvonult a vihar”, csapadék /már/ nincs).

C_H = 1: Cirrus fibratus

C_H = 2: Cirrus spissatus

C_H = 3: Cirrus spissatus cumulonimbogenitus

C_H = 4: Cirrus uncinus

C_H = 5: Cirrostratus 45° alatt

C_H = 6: Cirrostratus 45° fölött

C_H = 7: Cirrostratus teljesen borítja az eget

C_H = 8: Cirrostratus
nem felvonuló, mint a C_H = 5; 6 és 7, nem egybefüggő, nem ad teljes borultságot

C_H = 9: Cirrocumulus

A szinoptikus megfigyelési adatok kódolása és dekódolása: a SYNOP távirat

A SYNOP KÓDOK FELÉPÍTÉSE

Mindhárom távirat egy részből és hat szakaszból áll.

Az egyes szakaszok jelentése:

nulladik szakasz (section 0): azonosító adatok
(a szakasz kezdetének nincs külön jele);

első szakasz (section 1): a nemzetközi adatszere
megfigyelési adatai (a szakasz kezdetének nincs külön jele);

második szakasz (section 2): a tenger állapotára vonatkozó
adatok (a szakasz kezdetének jele: 222);

harmadik szakasz (section 3): a regionális adatszere
megfigyelési adatai (a szakasz kezdetének jele: 333);

negyedik szakasz (section 4): regionális és nemzeti
adatszere kerülő megfigyelések az állomás szintje alatti
felhözetről (a szakasz kezdetének jele: 444);

ötödik szakasz (section 5): a nemzeti adatforgalom
megfigyelései (a szakasz kezdetének jele: 555).

A SYNOP KÓDOK SZIMBÓLUMSOROZATA

SECTION 0: azonosító adatok

$M_i M_j$ a távirat típusának azonosítója:
AA = SYNOP, TT = TEMP;

$M_j M_j$ a távirat részeinek azonosítója.
XX = a távirat egy részből áll,
AA = A-rész, BB = B-rész ...

YY a hónap napja;

GG a megfigyelés (légnyomásmérés) időpontja a
legközelebbi órára kerekítve (UTC);

A KÓDOLÁS TÖRTÉNETE

1840: Morse és Vail szabadalma rövid és hosszú
jelekből álló kódolásra

1842: Morse táviró- (telegráf-) szabadalma

Az üzenetek rövidítése céljából a távirótársaságok
ötbetűs szimbolikus mondatokat vezettek be.

A METEOROLÓGIAI KÓDOK RENDSZERE A WMO AJÁNLÁSAI SZERINT

A kódrendszert a Manual on Codes rögzíti.

A kódok neve az FM betűkkel kezdődik.

A SYNOP táviratok kódja: FM 12 – XI SYNOP.

A magyarországi szinoptikus állomások kódolási sémája:

$$M_i M_j M_j M_j \ Y Y G G i_w \ I i i i \ i_R i_x h V V \ N d d f f \ 1 s_n T T T \ 2 s_n T_d T_d T_d$$

$$3 P_0 P_0 P_0 P_0 \ \left\{ \begin{array}{l} 4 P P P P \\ \text{vagy} \\ 4 a_3 h h h \end{array} \right\} \ 5 a p p p \ 6 R R R R t_R \ 7 w w W_1 W_2 \ 8 N_h C_L C_M C_H$$

$$9 G G g g \ 3 3 3 \ (1 s_n T_x T_x T_x) \ (2 s_n T_n T_n T_n) \ (3 E j j j) \ (4 E' s s s)$$

$$(5 S S S S) \ (6 R R R R t_R) \ (7 R_{24} R_{24} R_{24} R_{24}) \ (8 N_s C_h s_h) \ (9 2 5 T_w T_w)$$

$$4 4 4 \ N' C' H' H' C_t \ 5 5 5 \ 1 0 U U U \ 5 5 f_x f_x g_n \ 6 R' R' R' A_D$$

i_w a szélmérséklet jellegének és a szélsébség
mértékegységének jelzőszáma

SECTION 1:

a nemzetközi adatszere megfigyelési adatai

i_R információ a csapadékadat közléséről vagy
elhagyásáról, azaz a $6 R R R R t_R$ csoportról.

i_x információ az állomás típusáról (É = észlelős,
A = automata) és a $7 w w W_1 W_1$ csoportról

h a legalacsonyabb látható felhőzet alapjának
magassága az állomás szintje fölött
(lásd: rajzolósi segédlet)

VV Horizontális (meteorológiai) látástávolság (lásd: rajzolósi segédlet!)
Figyelem: a kódtáblázat nem lineáris!
Figyelem: hajóra telepített állomásra más kódok vonatkoznak (VV > 90)!

N a borultság mértéke
0 0 okta;
1 1 okta vagy kevesebb, de nem 0;

7 7 okta vagy annál több, de nem 8 okta;
8 8 okta;
9 az égbolt nem látszik köd és/vagy más meteorológiai jelenség miatt;
 / a borultságot nem lehet megállapítani, de ennek oka nem meteorológiai jelenség.

P₀P₀P₀P₀ légnyomás az állomás szintjén tized hektopaskalban;
Megjegyzés: 999,9 hPa-nál nagyobb értékek esetén az ezres számjegyet elhagyjuk.

PPPP a tengerszintre átszámított légnyomás tized hektopaskalban;
Megjegyzés: 999,9 hPa-nál nagyobb értékek esetén az ezres számjegyet elhagyjuk.
 A csoport csak abban az esetben szerepelhet a táviratban, ha a tengerszinti redukciós számítás elfogadható pontossággal végezhető el.
 A pontosság akkor nevezhető elfogadhatónak, ha a szinoptikus analízis során a nyomásérték nem okoz deformációt a nyomásmezőben. Ha a számítás pontossága nem elfogadható, akkor egy kijelölt főizobárszint geopotenciáljának értékét kell megadni. Az ilyen állomásokat és a hozzájuk rendelt főizobárszintet a régiók jelölik kí.

a₃ a **hhh** geopotenciál-értékkel megadott főizobárszint jele:
1 1000 hPa, **2** 925 hPa,
5 500 hPa, **7** 700 hPa,
8 850 hPa.

Az RA VI ajánlása szerint az állomás tengerszint feletti magassága alapján kell a megfelelő főizobárszintet kiválasztani a következők szerint:

$h \leq 1000 \text{ m}$	$p = 925 \text{ hPa}$
$1000 \text{ m} < h \leq 2300 \text{ m}$	$p = 850 \text{ hPa}$
$2300 \text{ m} < h \leq 3700 \text{ m}$	$p = 700 \text{ hPa}$
$3700 \text{ m} < h$	$p = 500 \text{ hPa}$

dd Az az irány, ahonnan a szél fúj, tízfokos egységekben:
00 szélcsend;
01 5° – 14°; **35** 355° – 4°;
02 15° – 24°;
99 változó irányú szél.

ff A szél sebessége az i_w segítségével megadott mértékegységben.

S_n a hőmérséklet előjele:
0 a hőmérséklet pozitív vagy nulla;
1 a hőmérséklet negatív;
9 a relatív nedvesség értéke következik;

TTT a léghőmérséklet értéke tized Celsius-fokban;

T_dT_dT_d a harmatpont értéke tized Celsius-fokban.

A p_t tengerszinti légnyomás a p_s állomásszinti (nulla fokra redukált) légnyomás és az állomás tengerszint feletti magassága alapján a következő egyenlet megoldásával számítható ki:

$$\ln \frac{p_s}{p_t} = - \frac{1}{R} \int_0^{z_s} \frac{g(z)}{T(z)} dz$$

Az egyenlet megoldása közelítő formulákkal lehetséges (Laplace-formula, Angot-féle táblázat).

hhh a kijelölt főizobárszint geopotenciáljának értéke standard geopotenciálban;

a standard geopotenciál definíciója:

$$hhh(p_{a_3}) = \Phi'(p_{a_3}) = - \frac{R}{9,8} \int_{p_0}^{p_{a_3}} \frac{T(p)}{p} dp$$

ahol

$$\Phi' = \frac{1}{g_0} \Phi = \frac{1}{9,8} gz$$

a a légnyomásváltozás jellege az utolsó 3 órában (lásd: rajzoldási segédlet);

ppp az állomásszinti légnyomás változásának értéke az elmúlt 3 órában tized hPa-ban;

RRR a megfigyelés előtt, a t_R kóddal jelölt időszak alatt lehullott csapadék mennyisége;

t_R a csapadékmérési időszak hossza a mérés előtt:

1 6 óra 4 24 óra 2 12 óra

A 100 kód alapsémája:

- 00 – 49 : az észlelés idején nincs csapadékhullás;
- 00 – 19 : az állomáson nincs csapadékhullás, és az utolsó órában nem is volt;
- 20 – 29 : csapadékhullás, köd vagy zivatar volt az utolsó órában, de az észlelés idejére megszűnt;
- 30 – 39 : porvihar, homokvihar vagy hófúvás van az észlelés idején;
- 40 – 49 : köd vagy zúzmarás köd van az észlelés idején;
- 50 – 99 : az észlelés idején csapadékhullás van;
- 50 – 59 : esőszitálás;
- 60 – 69 : eső;
- 70 – 79 : nem závorszerű, szilárd halmazállapotú csapadék;
- 80 – 99 : závorszerű csapadék vagy csapadék zivatarral vagy elmúlt zivatarral;

- 0: az időszak alatt az égbolt felét vagy annál kevesebbet borított felhő;
- 1: az időszak egy részében az égbolt felénél kevesebbet, egy részében annál többet borított felhő;
- 2: az időszak alatt az égbolt felénél többet borított felhő;
- 3: porvihar, homokvihar vagy hófúvás volt;
- 4: köd, vagy 1 km-nél kisebb látással járó száraz légköri homály volt;
- 5: esőszitálás volt;
- 6: eső volt;
- 7: havazás vagy havaseső volt;
- 8: záporos csapadék volt;
- 9: zivatar volt csapadékkal vagy anélkül.

WW jelenlegi idő észlelővel működő állomás jelentése szerint;

A csoportot csak akkor kell szerepeltetni a jelentésben, ha a jelenlegi vagy az elmúlt időben szignifikáns jelenség volt észlelhető.

W_1 és W_2 elmúlt idő észlelővel működő állomás jelentése szerint;

Érvényességi idő főterminusban 6 óra,
mellékterminusban 3 óra, egyébként 1 óra.

Ha az érvényességi időszakban csak egyféle jelenség volt jellemző, akkor a két kódszám megegyezik, egyébként a legmagasabb és a második legmagasabb kódszámot kell megadni.

N_h a C_L , ha nincs ilyen, a C_M felhőzet mennyisége;

C_L az alacsonyszintű felhőzet fajtája;

C_M a középmagas felhőzet fajtája;

C_H a magasszintű felhőzet fajtája.

C_L az alacsonyszintű felhőzet fajtája:

- 1: Cu humilis vagy Cu fractus;
- 2: Cu mediocris vagy Cu congestus;
- 3: Cb calvus;
- 4: Sc cumulogenitus;
- 5: Sc;
- 6: St;
- 7: St fractus;
- 8: Cu és Sc;
- 9: Cb.

C_M a közép magas felhőzet fajtája:

- 1: As translucidus;
- 2: As opacus vagy Ns;
- 3: Ac translucidus;
- 4: Ac lenticularis;
- 5: Ac (felvonuló);
- 6: Ac cumulogenitus;
- 7: Ac és As;
- 8: Ac floccus vagy Ac castellanus;
- 9: kaotikus égbélyeg.

C_H a magasszintű felhőzet fajtája:

- 1: Ci fibratus;
- 2: Ci spissatus;
- 3: Ci spissatus cumulonimbogenitus;
- 4: Ci uncinus;
- 5: Cs 45° alatt;
- 6: Cs 45° fölött;
- 7: Cs (teljes borultság);
- 8: Cs;
- 9: Cc.

SECTION 2:

a tenger állapotára vonatkozó adatok
(magyarországon nincs használatban)

SECTION 3:

a regionális adatcsere megfigyelési adatai

$T_x T_x T_x$ a maximumhőmérséklet értéke tized °C-ban;

Az RA VI javaslata szerint csak a 18 UTC-s táviratban kell szerepeltetni, és az elmúlt 12 óra legmagasabb hőmérsékletét jelöli.

$T_n T_n T_n$ a minimumhőmérséklet értéke tized °C-ban;

Az RA VI javaslata szerint csak a 06 UTC-s táviratban kell szerepeltetni, és az elmúlt 12 óra legalacsonyabb hőmérsékletét jelöli.

E a hó- és jégtakarómentes talajfelszín állapota.

$$j_j j = s_n T_g T_g$$

$T_g T_g$ radiációs minimum egész °C-ban
(a 06 UTC-s táviratban kell megadni);

E' a havas vagy jéggel borított talajfelszín állapota;

SSS a hótakaró vastagsága.

SSS a napsütéses órák száma tized órában;

$R_{24} R_{24} R_{24} R_{24}$ az elmúlt 24 óra csapadékösszege
tized mm-ben;

$T_w T_w$ vízhőmérséklet egész °C-ban;
Csak Siófok jelenti.

SECTION 5:

a nemzeti adatforgalom megfigyelései

UUU a relatív nedvesség értéke egész %-ban
(100 alatt az első számjegy 0);

$f_x f_x$ az észlelést megelőző órában mért legnagyobb szélleőkés (QNT) egész m/s-ban;

g_n a legnagyobb szélleőkés megfigyelésének ideje óranegyedekben:

- 1: 45 perc és 60 perc között;
- 2: 00 perc és 15 perc között;
- 3: 15 perc és 30 perc között;
- 4: 30 perc és 45 perc között.

A SYNOP távirat információinak térképes megjelenítése

A rajzolás lépései egy példán keresztül:

zczc aaxx 18061

12999 11840 60507 10144 20127 39963 40124 55006

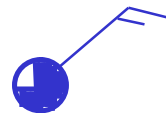
60022 79598 84964 90540 333 20108 31008 55064

70028 83956 81856 555 10090 55092 6018/=

nnnn

1. az állomás helyének azonosítása a térképen: *IIiii*

körrel (hegyi állomáson piros négyzettel) körbekerítjük az állomáskarikát;



2. a borultság értékének megfelelő

satírozás: $N = 6$;

8

3. a szélzászló megrajzolása: $dd = 05$; $ff = 07$;

4. a felhőalap kódjának felírása $h = 8$;

5. a látástávolság kódjának felírása: $VV = 40$;

6. a hőmérséklet felírása pirossal egész fokra kerekítve: $TTT \sim 14$;

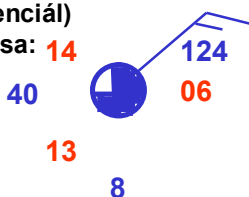
7. a harmatpont felírása pirossal egész fokra kerekítve: $T_d T_d T_d \sim 13$;

8. a tengerszintre átszámított légnyomás (hegyi állomáson a geopotenciál)

utolsó 3 karakterének felírása: 14 124 06

$PPPP \sim 124$;

9. a nyomási tendencia utolsó 2 (9,9 hPa/3óra fölött utolsó 3) karakterének felírása a változásra utaló színnel: $ppp \sim 06$;



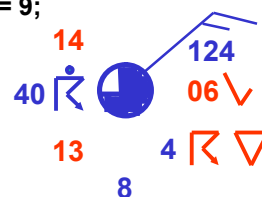
10. a nyomásváltozás jellegének megfelelő szimbólum felrajzolása a változásra utaló színnel: $a = 5$;

11. a jelenlegi időnek megfelelő szimbólum felrajzolása: $ww = 95$;

12. az első elmúlt időnek megfelelő szimbólum felrajzolása pirossal: $W_1 = 9$;

13. a második elmúlt időnek megfelelő szimbólum felrajzolása pirossal: $W_2 = 8$;

14. az alacsony- (ha nincs, a közép- vagy magas) szintű felhőzet mennyiségének felírása: $N_h = 4$;

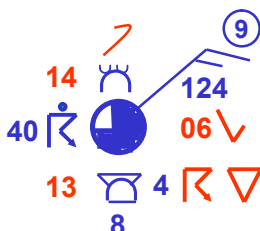


15. az alacsony szintű felhőzet kódjának megfelelő szimbólum felrajzolása: $C_L = 9$;

16. a közép- vagy magas szintű felhőzet kódjának megfelelő szimbólum felrajzolása: $C_M = 6$;

17. a magasszintű felhőzet kódjának megfelelő szimbólum felrajzolása pirossal: $C_H = 4$;

18. a szellőkés értékének felírása bekarikázva $f_x f_x = 9$;



K É S Z I I I !
JÖHET A KÖVETKEZŐ ÁLLOMÁS!

A szinoptikus térkép analízise

1. KIEMELÉSEK (a jel felnagyítása):

- a Cb felhőzet kiemelése pirossal,
- a záporos csapadék kiemelése zölddel,
- a zivatarok, villámlás kiemelése pirossal.

2. SZÍNEZÉS (a jelenlegi idő analízise):

- a párásságot jelentő állomás áthúzása sárgával,
- az elmúlt csapadékot jelentő állomás áthúzása zölddel,
- a ködös területek satírozása sárgával,
- a csapadékos területek satírozása zölddel.

3. IZALLOBÁR- ÉS IZOBÁRANALÍZIS:

- az izallobárok analízise 1 hPa / 3 óra lépésközzel a változás jellegének megfelelő színnel (a 0 izallobárt nem analizáljuk),
- az izobárok analízise 1 hPa (a Kárpát-medencénél tágasabb térréteken 5 hPa) lépésközzel, fekete graffittal,
- az alacsony (A) és a magas (M) nyomású helyek jelölése.

A légkör vertikális szondázása. A TEMP távirat

Mérések a földfelszíntől távol: a harmadik dimenzió meghódítása HEGYVIDÉKI MÉRÉSEK

Az első lépés: Pascal bizonyítása arról, hogy a Torricelli-Viviani-féle kísérletben a higanyoszlop magassága a levegő súlyától függ.
Az IMO egyik első javaslata volt, hogy alakuljanak speciális obszervatóriumok.

Az elsők: USA, Franciaország és Németország:
Rotch, Boston mellett a Blue Hill csúcson;
Teisserenc de Bort, Trappes-ban;
Assmann, Lindenbergben, Poroszország.

Operatív szinoptikus mérőhálózata egyelőre csak a rádiószondás méréseknek van.

AZ OPERATÍV RÁDIÓSZONDÁS MÉRÉSEK KÓDOLÁSA: A TEMP TÁVIRAT

A rádiószondás mérések a következő meteorológiai paraméterekre terjednek ki: légnyomás, hőmérséklet, nedvesség, szélirány és -sebesség.

A mérés célja:

- I. minél pontosabban megmérni a paraméterek függőleges profilját;
- II. adatokat szolgáltatni a szinoptikus analízis és a numerikus előrejelző modellek számára.

Kódolás a nyomási koordináta-rendszerben.

Definíció: kiegészítő szignifikáns szint

- amely segítségével a hőmérsékleti görbe úgy adható meg, hogy a $T - \log p$ diagramon a lineárisan interpolált hőmérséklet $1\text{ }^\circ\text{C}$ -nál ne térjen el jobban a mért hőmérséklettől a 300 hPa vagy az első tropopauza alatt, ill. $2\text{ }^\circ\text{C}$ -nál ne térjen el jobban a magasabb szinteken;
- amely segítségével a nedvességi görbe úgy adható meg, hogy a $T - \log p$ diagramon a lineárisan interpolált relatív nedvesség 15 százalékpontnál ne térjen el jobban a mért relatív nedvességtől;
- amely segítségével az interpolációs hiba csökkenthető a $T - \log p$ -től eltérő diagramokon, de a kiegészítő szignifikáns szint bevezetésével két szomszédos szint nyomásának hányadosa nem lehet nagyobb 0,6-nél.

I. A profilok megadása az ún. szignifikáns szintek (markáns pontok) segítségével történik.

A hőmérséklet és a nedvesség megadásakor kétféle szignifikáns szintet különböztetünk meg: kötelezőt és kiegészítőt.

Definíció: kötelező szignifikáns szint

- a földfelszín és a szondázás legmagasabb szintje;
 - egy szint a 110 és a 100 hPa között;
 - a legalább 20 hPa vastagságú inverzió vagy izoterma alsó és felső szintje a 300 hPa vagy az első tropopauza alatt;
 - a legalább $2,5\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletváltozással vagy 20 százalékos relatív nedvesség-változással járó inverziós réteg alsó és felső szintje a 300 hPa vagy az első tropopauza alatt.

Definíció: a szél szignifikáns szintjei

- a földfelszín és a felszállás legmagasabb szintje;
 - az a szint, amelynek adatai segítségével megadható a szélsébség és a szélirány görbéjének legjellemzőbb karakterisztikája;
 - az a szint, amelynek adatai segítségével a $\log p$ koordináta-rendszerben a szélirány nem tér el jobban 10 foknál, a szélsébség pedig 5 m/s-mal a mért értéktől.

A szignifikáns szintek számát szigorúan a szükséges legalacsonyabb szinten kell tartani.

II. A szinoptikus analízis a standard izobárfelületek (főizobárszintek) adatait használja.

Definíció: standard izobárfelület

- a földfelszín és a felszállás legmagasabb szintje;
 - a következő nyomásfelületek:
1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 és 10 hPa.

Egyes főizobárszintek átlagos standard geopotenciálja:

hPa	gpm	hPa	gpm
1000	~100	925	~760
850	~1500	700	~3000
500	~5500	300	~9000

Négyféle rádiószondázó állomástípus ismert: fix telepítésű szárazföldi, hajókon működő, vetőszondás és mobil.

A TEMP táviratok 4 részből állnak:

„A”, „B”, „C” és „D”

„A” rész: a felszín és a 100 hPa közötti főizobárszintek adatai;

„B” rész: a felszín és a 100 hPa közötti szignifikáns szintek adatai;

„C” rész: a 100 hPa fölötti főizobárszintek adatai;

„D” rész: a 100 hPa fölötti szignifikáns szintek adatai.

Az egyes résztáviratok kódolására 10 szakasz (SECTION) használható.

Egy-egy szakasz több résztáviratban is szerepeltethető, ezért az előfordulástól független sorszámot kaptak.

A TEMP távirat „A” részének kódsora

1. szakasz: azonosító adatok

$M_i M_j M_k M_l$ Iiii YGGI_d

Az „A” rész azonosítója: $M_i M_j M_k M_l = T T A A$;

Iiii az állomás azonosítója;

YGG a mérés napja és vonatkoztatási órája (Ha a szélesebbesség mértékegysége csomó, a hónap napjához /YY/ hozzá kell adni 50-et!)

2. szakasz: a főizobárszintek adatai

$99 P_0 P_0 P_0 T_0 T_0 T_{a0} D_0 D_0 d_0 d_0 f_0 f_0 f_0$

légnomás egész hPa-ban, hőmérséklet tized fokban

(a pozitív páros, a negatív páratlan szám), harmatpont-deficit

(5 fok alatt tized, fölötté egész fokban + 50), szélirány és szélesebbesség az állomás szintjén;

$P_1 P_1 h_1 h_1 T_1 T_1 T_{a1} D_1 D_1 d_1 d_1 f_1 f_1 f_1 \dots$

$\dots P_n P_n h_n h_n T_n T_n T_{an} D_n D_n d_n d_n f_n f_n f_n$

a főizobárszintek jele (1000 hPa 00, 925 hPa 92, ...), standard geopotenciálja (500 hPa alatt gpm-ben, 500 hPa-on és fölötté gdam-ben, az ezreseket és tízezsereket elhagyva, negatív érték esetén az abszolútértékhez 500-at kell adni),

hőmérséklete tized fokokban, harmatpont-deficite, széliránya és szélesebbessége;

3. szakasz: a tropopauza adatai

$88 P_t P_t P_t T_t T_t T_{at} D_t D_t d_t d_t f_t f_t f_t$ vagy 88999

a tropopauza magassága egész hPa-ban, hőmérséklete tized fokban, harmatpont-deficite, széliránya és szélesebbessége

(Ha 100 hPa alatt nincs tropopauza, a 88999 kód használatos).

4. szakasz: maximális szél szintjének adatai

Definíció: maximális szél szintje

a legalább 30 m/s nagyságú szélmaximum szintje;

$77 P_m P_m P_m d_m d_m f_m f_m f_m 4 v_b v_b v_a v_a$

a maximális szél szintjének magassága egész hPa-ban, széliránya és szélesebbessége,

Megjegyzés: ha a szélmaximum a szondázás tetőpontján jelentkezik, akkor a $66 P_m P_m P_m$ csoportot kell használni.

A 4-es csoportjelző után szélnyírás (szélelfordulás) értékét kell megadni fokokban a maximális szél szintje fölött és alatt 1 km-rel;

7. szakasz: a szondázás technikai adatai

$31313 s_r r_a r_a s_a s_a 8 G G g g g (9 s_n T_w T_w T_w)$

a szoláris és az infravörös korrekció módja, a szonda típusa (37 = Vaisala RS80) és a követő (helymeghatározó) rendszer fajtája (06 = Loran-C);

a mérés (a szonda felbocsátásának) időpontja; a tengerfelszín hőmérséklete;

regionális (9. szakasz) és nemzeti (10. szakasz) kódok az „A” részben nincsenek;

A TEMP távirat „B” részének kódsora

1. szakasz: azonosító adatok

$M_i M_i M_j M_j$ $IIiii$ $YYGGa_4$

a távirat, az állomás, az időpont és a helymeghatározó rendszer azonosítása
($a_4 = 6$: Loran-C)

5. szakasz: a hőmérséklet és a nedvesség szignifikáns szintjeinek adatai

$n_0 n_0 P_0 P_0 P_0$ $T_0 T_0 T_{a0} D_0 D_0 \dots n_n n_n P_n P_n P_n$ $T_n T_n T_{an} D_n D_n$

a szignifikáns szint sorszáma (11; 22; ... 99; 11 ...; az állomás szintje 00), magassága egész hPa-ban, hőmérséklete és harmatpont-deficite;

6. szakasz: a szél szignifikáns szintjeinek adatai

21212 $n_0 n_0 P_0 P_0 P_0$ $d_0 d_0 f_0 f_0 f_0$...
... $n_n n_n P_n P_n P_n$ $d_n d_n f_n f_n f_n$

a szignifikáns szint sorszáma, magassága egész hPa-ban, széliránya és szélessége;

7. szakasz: a szondázás technikai adatai

31313 $s_r r_a r_a s_a s_a$ 8GGgg ($9s_n T_w T_w T_w$)

8. szakasz: felhőzeti adatok 41414 $N_h C_L h C_M C_H$

9. szakasz: a regionális adatcsere megfigyelései

51515 $11P_1 P_1 P_1$ $d_1 d_1 f_1 f_1 f_1$

22800 $ddfff$ 33600 $ddfff$

szélirány és szélesség a felszín fölötti 1000 méteres, a 800 és a 600 hPa-os szinteken;

10. szakasz: a nemzeti adatcsere megfigyelései:

61616 92hhh TTTDD $ddfff$

A TEMP távirat „C” részének kódsora

Formája megegyezik az „A” résszel.

A TEMP távirat „D” részének kódsora

Formája megegyezik a „B” résszel.

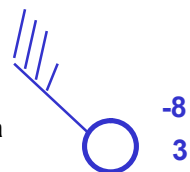
A TEMP távirat adatainak megjelenítése

Az aerológiai adatokat kétféle módon lehet megjeleníteni:

- aerológiai (termodinamikai) diagramokon a *markáns pontok adatai alapján*;
- topográfiai (magassági) térképeken a *főizobárszintek adatai alapján*.

Topográfiai térképek rajzolása

1. az állomás helyének azonosítása a térképen: körrel körbekerítjük az állomáskarikát;
2. a szélzászló megrajzolása;
3. a hőmérséklet felírása egész fokra kerekítve;
4. a harmatpont-deficit felírása egész fokra kerekítve;
5. a standard geopotenciál felírása geopotenciális dekaméterben az ezresek és a tízezekek nélkül;



Topográfiai térképek analízise

1. a telítéshez közeli (a legalább 80 %-os telítettségű) területek satírozása zölddel;
A harmatpont-deficit kritikus értéke térképenként: 925: 2 fok, 850: 3 fok, 700: 4 fok, 500: 5 fok;
2. az izotermák analízise 2°-onként (a párosokat), a 0 fok zöld, a negatív **kék**, a pozitív **piros** vonal;
a **hideg (kék)** és a **meleg (piros)** területek jelölése;
3. az izohipszák analízise 40 gpm-enként (500 hPa-on és fölötté 80 gpm-enként);
Alacsony (kék) és **Magas (piros)** területek jelölése
Ügyeljünk a bárikus széltörvényre!
Végezzünk interpolációt két állomás között!
A légkör a geosztrofikus egyensúlyt keresi!
A légköri állapotváltozók függvényei folytonosan differenciálhatók!

A szinoptikus információ megjelenítése: térképek és diagramok

A relatív geopotenciál (két rögzített főizobárszint geopotenciáljának különbsége egy adott pontban) egyenesen arányos a két főizobárszint közötti légréteg középhőmérsékletével

$$dp = -\rho d\Phi, \quad p = \rho RT, \quad dp = -\frac{p}{RT} d\Phi$$

$$-\int_{p_1}^{p_2} \frac{RT(p)}{p} dp = \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi$$

- IZENTRÓP TÉRKÉPEK

Az izentróp (adiabatikus) analízis előnye:

: egyes eseteket (pl. csapadékképződés területei, planetáris határréteg) leszámítva a légkör jó közelítéssel adiabatikus;

: a légrézecskek az izentróp felületeken mozognak

(az izentróp felületeken kétdimenziós áramlásként lehet elemezni a mozgást);

: az izentróp térképek topográfiájából jól látszik a feláramlás és a leáramlás;

: az izentróp analízis segítségével meg lehet szerkeszteni a háromdimenziós áramlási képet (szennyezőanyag-terjedés);

A szinoptikus térképek fajtái:

- MUNKATÉRKÉP (komplex ~, szinoptikus ~, „talaj~”);
- SEGÉDTÉRKÉPEK

(egy elem vagy annak megváltozása):

pl.: izotermatérkép, izallobántérkép, a szélső hőmérsékletek térképei (a maximumhőmérséklet térképe, a minimumhőmérséklet térképe), a hőmérsékleti anomáliák térképei, izotacha térképek, a legnagyobb szélökés térképe, izogon térkép, izohiéta térkép;

- AEROLÓGIAI TÉRKÉPEK („abszolút” topográfiai);

- RELATÍV TOPOGRÁFIAI TÉRKÉPEK:

legyen
$$\bar{T} = \frac{1}{p_2 - p_1} \int_{p_1}^{p_2} T(p) dp$$

$$(\Phi_2 - \Phi_1) = R\bar{T} \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$(\Phi_2 - \Phi_1) \sim \bar{T}$$

Az izentróp analízis hátránya:

: a planetáris határrétegben, a csapadékképződés területein és a jelentős vertikális kicserélődéssel járó területeken nem alkalmazható;

: az izentróp felületek gyakran metszik a földfelszínt, és a metszéspont helye időben gyorsan változik;

: az időjárási frontok környezetében igen gyors a változás kis értékek és nagy értékek között, ezért itt nehéz a szemléletes ábrázolás;

: operatív készítése nem terjedt el, ezért kevés az elemzési tapasztalat a gyakorló szinoptikusok között.

- EGYES SPECIÁLIS ALKALMAZÁSOK TÉRKÉPEI:

(pl. repülésmeteorológiai térképek: a magassági szél és a hőmérséklet térképei, a szignifikáns jelenségek térképei);

- **TÁVÉRZÉKELÉSI** (intenzív megfigyelő) eszközök adatainak térképei: műholdképek, időjárási radarképek, a villámlás-lokalizációs rendszer térképei,

- KOMBINÁLT TÉRKÉPEK

(SYNOP- és/vagy TEMP-adatok megjelenítése más mérőeszköz információival együtt).

A szinoptikus információ megjelenítésének egyéb eszközei:

- térbeli metszetek;

- időbeli metszetek (izopléták);

- meteorogramok

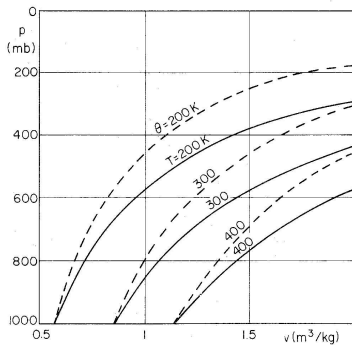
(több meteorológiai elem időbeli változása);

- Hovmöller-diagram

(egy adott elem időbeli változása egy zonális metszetben);

- folytonossági diagram

(egy adott elem időbeli változása egy zonális metszetben, függvényként ábrázolva).



A Clapeyron-diagram tulajdonságai:

- : az izobárok és az izochorok egyenes vonalak,
- : az adiabaták és az izotermák egymással kis szöget bezáró görbék,
- : a körfolyamat munkája egyenesen arányos a grafikonon körbezárt területtel;

Hátránya: v nem mérhető.

A térképvetülettel szembeni követelmények:

valós vetület ↔ képzetes vetület

távolságtartó vetület ↔ szögtartó vetület

Néhány szögtartó vetület:

- kúpvetületek (érintő vagy metsző);
- hengervetületek (egyenes vagy ferde tengelyű, érintő vagy metsző, Mercator-féle);
 - ortografikus vetületek;
 - sztereografikus vetületek.

Az OMSZ-nál használt térképek 1980 óta: 60°-on hossztartó sztereografikus vetületek (S1, S2, ... S6).

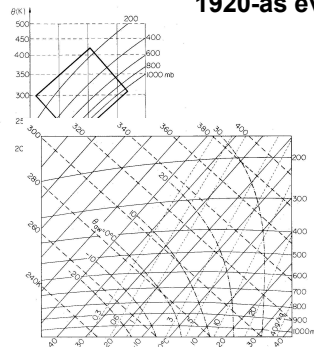
- aerológiai (termodinamikai) diagramok (adiabatalapok).

Az aerológiai diagramok fajtái és főbb tulajdonságai:

- Clapeyron-diagram ($-p, v -$ diagram):

(Az abszcisszát és az ordinátát praktikus okokból minden aerológiai diagramon felcserélünk.)

- tefigram, azaz $T-\phi$ (té-fi)-diagram, (ahol a múlt század elején használt jelölés szerint $\phi = s$, azaz a specifikus entropia, de $ds = c_p d \ln \theta$, ezért a tefigram $T-\ln \theta$ -diagram; Napier Shaw brit meteorológus írta le először az 1920-as évek végén);

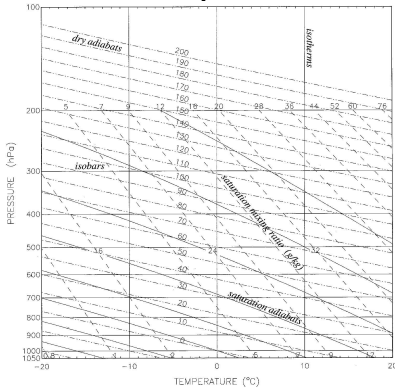


Tulajdonságai:

- : az izotermák és az adiabaták egymásra merőleges egyenesek,
- : a körfolyamat munkája egyenesen arányos a grafikonon körbezárt területtel.

(Napjainkban nincs operatív használatban.);

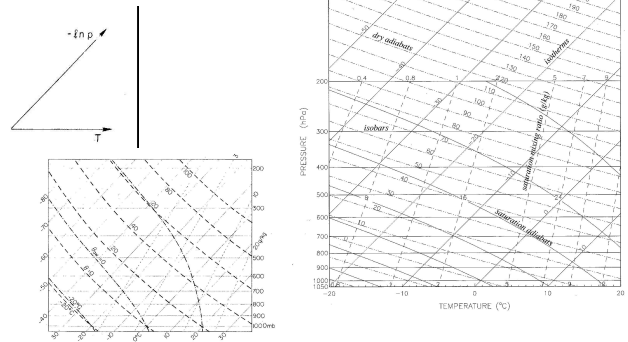
- emagram, azaz „energy per mass” - diagram, vagy Neuhoff-diagram, ahol $-\ln p$ és T a két koordináta;



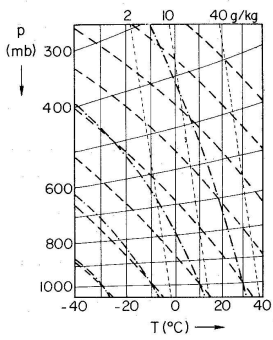
Tulajdonságai:

- : az izobárok és az izotermák egyenesek,
- : a körfolyamat munkája egyenesen arányos a grafikonon körbezárt területtel.

- Ismert ferde tengelyű változata is: a skew-emagram, más néven a skew $T - \log p$ diagram;



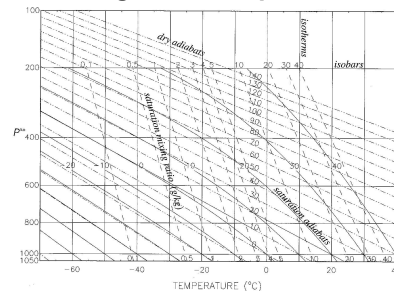
- Refsdal-féle diagram, ahol T , $\ln p$ és $\ln T$ a két koordináta;



Tulajdonságai:

- : csak az izotermák egyenesek,
- : a körfolyamat munkája egyenesen arányos a grafikonon körbezárt területtel.

- pszeudoadiabata-lap, vagy Stüve-féle (lindenbergi) diagram, ahol $-p^k$ és T a két koordináta;



Tulajdonságai:

- : az izobárok és az izotermák merőleges egyenesek,
- : az adiabaták a $p=0, T=0$ pontban metszik egymást,

- : a nedves adiabaták (más néven pszeudoadiabaták) görbéi a megfelelő (száraz) adiabata görbéjét érintik aszimptotikusan,
- : a körfolyamat munkája **nem** arányos a grafikonon körbezárt területtel (bár csak kicsi az eltérés);

A bárikus rendszerek leírásának módja. Egyensúlyi áramlások szinoptikus rendszerekben

A mozgásegyenletek Euler-féle alakja:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} - \frac{uv}{a} \operatorname{tg} \phi + \frac{uw}{a} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\Omega v \sin \phi - 2\Omega w \cos \phi + F_x \\ \frac{dv}{dt} - \frac{u^2}{a} \operatorname{tg} \phi + \frac{vw}{a} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - 2\Omega u \sin \phi + F_y \\ \frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{a} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + 2\Omega u \cos \phi - g + F_z \end{aligned}$$

gyorsulások (metrikusak is) nyomási gradiens erő Coriolis-erő egyéb erők
 gravitációs erő

Reynolds szerint a különböző lamináris áramlások és a különböző turbulens áramlások a „Reynolds-számban” hasonlítanak egymásra:

$$\operatorname{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}, \text{ vagyis}$$

$$\operatorname{Re} = \frac{(\text{sűrűség}) \cdot (\text{az áramlás sebessége}) \cdot (\text{a karakterisztikus méret})}{(\text{dinamikus viszkozitás})}$$

Azaz: a Reynolds-szám egy bizonyos értéktartományába eső áramlások egyöntetűen laminárisak, egy másik értéktartományban turbulensek lesznek.

Vegyük észre, hogy a Reynolds-szám dimenziója 1, tehát a sűrűségtől, a sebességtől és az áramlási tér geometriájától független, „univerzális” mérőszám!

A hidrodinamikai mozgásegyenletek vizsgálata a szinoptikus skálán

A bárikus rendszereket, azaz a légköri áramlások tulajdonságait a hidrodinamikai mozgásegyenletekkel, vagyis a Navier–Stokes-egyenletekkel tudjuk leírni.

A Newton-féle mechanika 1687-ben publikált elveit áramló folyadékokra először Leonhard Euler svájci matematikus alkalmazta 1755-ben.

A hidrodinamikai mozgásegyenletek első teljes alakját Claude-Louis Navier francia mérnök írta fel 1821-ben, napjainkban is használt formáját az ír származású cambridge-i professzor, George Stokes adta meg 1845-ben.

A mozgásegyenletek univerzálisak, azaz minden skálán ugyanazokkal az erőhatásokkal kell számolni, ezért az egyenletek matematikai alakja is ugyanaz minden nagyságrendi tartományban!

Ez azt jelenti, hogy az egyenletrendszer nem szelektív, vagyis minden mozgásformát ugyanaz a matematikai alak ír le!

Hogyan lehet a matematikailag igen bonyolult alakú egyenletekben felismerni az egy-egy skálán domináns tagokat, azaz hogyan lehet az egyenletrendszert egyszerűsíteni?

Megoldás: a Reynolds-féle hasonlósági elmélet!!!

Reynolds hasonlósági elmélete általánosítható!

Buckingham 1914-ben azt javasolta, hogy az áramló folyadékot vagy gázt jellemző paraméterekből formáljunk dimenzió nélküli mérőszámokat, és az áramlás egy-egy tulajdonsága jellemezhető lesz valamelyik dimenzió nélküli paraméterrel, azaz egyes kérdéseinkre már a dimenzióanalízis segítségével is választ kaphatunk, anélkül, hogy a hidrodinamikai egyenletrendszert megoldanánk.

(Buckingham a dimenzió nélküli paraméterek jelölésére a π -t használta, ezért a módszert az utókor Buckingham-féle pi-elméletként emlegeti.)

Keressük meg a szinoptikus skálára jellemző mennyiségeket a mozgásegyenletekben a Reynolds-féle hasonlósági elmélet általánosítása, azaz a Buckingham-féle pi-elmélet segítségével!
 Először a mozgásegyenletekben fellépő mennyiségek jellemző (karakterisztikus) értékét kell meghatározni a szinoptikus skálán:
 szélesség (u és v) $\sim U = 10 \text{ ms}^{-1}$;
 a szélesség változása (∂u és ∂v) $\sim U = 10 \text{ ms}^{-1}$;
 horizontális nyomási fluktuáció (∂p) $\sim \delta p = 10 \text{ hPa} = 10^3 \text{ Pa} = 10^3 \text{ kgs}^{-2} \text{ m}^{-1}$;
 karakterisztikus idő (∂t) $\sim \tau = 10^5 \text{ s}$;
 horizontális kiterjedés (∂x és ∂y) $\sim L = 10^6 \text{ m}$;
 vertikális kiterjedés (∂z) $\sim H = 10^4 \text{ m}$;
 vertikális sebesség (w) $\sim W = 10^2 \text{ ms}^{-1}$;
 a vertikális sebesség változása (∂w) $\sim W = 10^2 \text{ ms}^{-1}$.

Az egyenletekben előforduló egyéb mennyiségek és állandók közelítő értéke:

a Föld sugara: $a \sim 10^7 \text{ m}$;
 a levegő sűrűsége: $\rho \sim 1 \text{ kgm}^{-3}$;
 a földforgás szögsebessége: $\Omega \sim 10^{-4} \text{ s}^{-1}$;
 dinamikus súrlódási együttható: $\mu \sim 10^{-5} \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1}$;

Írjuk fel a két horizontális mozgásegyenletet, és becsüljük meg az egyes tagok nagyságrendjét a szinoptikus skálán!

az első egyenlet bal oldala, azaz a gyorsulások:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{uv}{a} \text{tg} \phi + \frac{uw}{a} =$$

az egyes tagok becslése:

$$\frac{U}{\tau}; \frac{U^2}{L}; \frac{U^2}{L}; \frac{WU}{H}; \frac{U^2}{a}; \frac{UW}{a}$$

számszerű behelyettesítés után:

$$\frac{10 \text{ ms}^{-1}}{10^5 \text{ s}}; \frac{10^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^6 \text{ m}}; \frac{10^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^6 \text{ m}}; \frac{10^2 \text{ ms}^{-1} 10 \text{ ms}^{-1}}{10^4 \text{ m}}; \frac{10^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^7 \text{ m}}; \frac{10 \text{ ms}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}}{10^7 \text{ m}}$$

a törtek rendezése után (ms^{-2}):

$$10^{-4}; 10^{-4}; 10^{-4}; 10^{-5}; 10^{-5}; 10^{-8}$$

az első egyenlet jobb oldala:

$$= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\Omega v \sin \phi - 2\Omega w \cos \phi + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 u$$

az egyes tagok becslése:

$$\frac{\delta p}{\rho L}; \Omega U; \Omega W; \frac{\mu U}{\rho L^2}$$

számszerű behelyettesítés után:

$$\frac{10^3 \text{ kgs}^{-2} \text{ m}^{-1}}{1 \text{ kgm}^{-3} 10^6 \text{ m}}; 10^{-4} \text{ s}^{-1} 10 \text{ ms}^{-1}; 10^{-4} \text{ s}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}; \frac{10^{-5} \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1} 10 \text{ ms}^{-1}}{1 \text{ kgm}^{-3} 10^{12} \text{ m}^2}$$

a törtek rendezése után (ms^{-2}):

$$10^{-3}; 10^{-3}; 10^{-6}; 10^{-16}$$

A második egyenlet (y-komponens) becslése megegyezik az előzővel.

A nagyságrendek összehasonlításából kitűnik, hogy a szinoptikus skálán horizontális irányban a nyomási gradiens erő és az eltérítő erő a két domináns erőhatás.

Az egyenletek többi tagjának elhanyagolása mellett a két erő egyenes vonalú, egyenletes (nem gyorsuló) mozgást hoz létre: a geosztrofikus áramlást. Ez a mozgásforma a leggyakoribb a szinoptikus skálán. A természetes koordinátarendszerben:

$$v_g = -\frac{1}{\rho f} \frac{\partial p}{\partial n}$$

A harmadik egyenlet (z-komponens):

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{u^2 + v^2}{a} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + 2\Omega u \cos \phi - g + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 w$$

az egyes tagok becslése:

$$\frac{W}{\tau}; \frac{UW}{L}; \frac{UW}{L}; \frac{W^2}{H}; \frac{U^2}{a}; \frac{UW}{a} \approx \frac{P}{\rho H}; \Omega U; g; \frac{\mu W}{\rho L^2}$$

számszerű behelyettesítés után:

$$\frac{10^2 \text{ ms}^{-1}}{10^5 \text{ s}}; \frac{10 \text{ ms}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}}{10^6 \text{ m}}; \frac{10 \text{ ms}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}}{10^6 \text{ m}}; \frac{10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^4 \text{ m}}; \frac{10^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}}{10^7 \text{ m}}; \frac{10 \text{ ms}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}}{10^7 \text{ m}} \approx \frac{10^5 \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1}}{1 \text{ kgm}^{-3} 10^4 \text{ m}}; 10^{-4} \text{ s}^{-1} 10 \text{ ms}^{-1}; 10 \text{ ms}^{-2}; \frac{10^{-5} \text{ kgm}^{-1} \text{ s}^{-1} 10^2 \text{ ms}^{-1}}{1 \text{ kgm}^{-3} 10^{12} \text{ m}^2}$$

a törtek rendezése után:

$$10^{-7}; 10^{-7}; 10^{-7}; 10^{-8}; 10^{-9}; 10^{-8} \approx 10; 10^{-3}; 10; 10^{-19}$$

A nagyságrendek összehasonlításából kitűnik, hogy a szinoptikus skálán vertikális irányban a nyomási gradiens erő és a gravitációs erő a két domináns erőhatás.

Szinoptikus skálán vertikális irányban nincsenek gyorsulások, a légkör statikus állapotban van.

Ezt nevezzük a hidrosztatika állapotának, vagy röviden csak hidrosztatikának.

Minden, ami a vertikális mozgásokkal kapcsolatos a hidrosztatika tárgykörébe tartozik.

A hidrosztatika alapegyenlete:

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g \quad \text{avagy:} \quad \partial p = -\rho g \partial z$$

A nagyságrendi analízis azt mutatja, hogy a szinoptikus rendszerek geosztrofikus egyensúlyban vannak, és ha ebből az egyensúlyból kimozdulnak, akkor az eredeti állapot visszaállítására törekuszenek.

Ez a geosztrofikus igazodás elve.

A geosztrofikus igazodás elve bizonyos korlátok között kiterjeszthető görbült áramvonalakra is. Ebben az esetben gradiensszélről beszélünk.

A gradiensszél értékének meghatározásakor a baloldali gyorsulási tagok közül egyedül a centripetális gyorsulást tartjuk meg:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r} \quad \text{vagyis:} \quad a_{cp} = \frac{v_G^2}{R_t}$$

A geosztrofikus szél változása a magassággal: a termikus szél

$$\frac{\partial v_g}{\partial p} = \frac{1}{f} \underline{k} \times \nabla_{h,p} \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{R}{f p} \underline{k} \times \nabla_{h,p} T_v;$$

azaz a geosztrofikus szél magassággal történő megváltozása során olyan ageosztrofikus szélkomponens lép fel, amelynek értéke arányos a virtuális hőmérséklet horizontális gradiensével.

Erős hőmérsékleti advekción, vagyis a horizontális hőmérsékleti gradiens magas értékei mellett jelentős szélnyírás, azaz függőleges szélfordulás lép fel.

A nagyságrendi analízis, azaz az általánosított hasonlósági elmélet meteorológiai alkalmazását Carl-Gustav Rossby alapozta meg 1938 és 1940 között, amikor kimutatta, hogy a légköri mozgásrendszerek dinamikai tulajdonságainak egyik legfontosabb jellemzője az euleri és a Coriolis-gyorsulás egymáshoz viszonyított aránya:

$$Ro = \frac{\frac{dv(u,v)}{dt}}{2\Omega \times v(u,v)} \approx \frac{(v \nabla_2) v}{2\Omega \times v} \sim \frac{\frac{U^2}{L}}{fU} = \frac{U}{fL} = \frac{10 \text{ms}^{-1}}{10^{-4} \text{s}^{-1} 10^6 \text{m}} = 0,1$$

Az ily módon definiált Rossby-szám az a dimenziómentes jelzőszám, ami a pí-elmélet szerint az áramlást jellemzi a szinoptikus skálán.

A centripetális gyorsulással kiegészített mozgásegyenlet a következő alakban írható fel a természetes koordináta-rendszerben:

$$\frac{v_G^2}{R_t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} - f v_g;$$

amiből a gradiensszél értéke:

$$v_g = -\frac{f R_t}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R_t^2}{4} - \frac{R_t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}};$$

ahol a pozitív előjel a ciklonális, a negatív az anticiklonális görbületű esetet jelenti.

A felszíni súrlódás hatása a geosztrofikus áramlásra: az Ekman-törvény

A geosztrofikus szél irányába mutató koordináta-rendszerben az Ekman-törvény szerint a felszíni súrlódás miatt módosuló szélkomponenseket a K_m kicserélődési együttható segítségével a következő egyenlet adja meg:

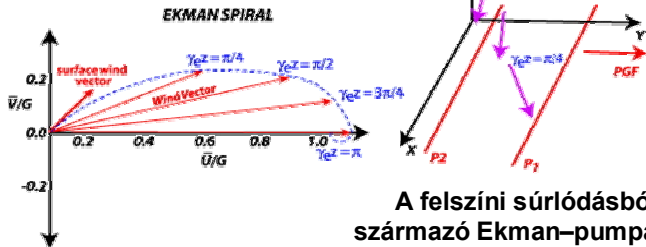
$$K_m \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f(v - v_g) = 0; \quad \text{ill.} \quad K_m \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - f(u - u_g) = 0;$$

Az egyenletrendszer megoldása a $\gamma = \sqrt{\frac{f}{2K_m}}$ jelölés bevezetésével a következő alakban írható fel:

(az Ekman-spirál definíciós egyenletei)

$$u = u_g (1 - e^{-\gamma z} \cos \gamma z);$$

ill. $v = u_g e^{-\gamma z} \sin \gamma z.$



A felszíni súrlódásból származó Ekman-pumpa mechanizmusa

Az áramlási mező kinematikája, azaz a nyomási mező leírásának módjai

Az áramlási mező, mint vektormező az (u, v, w) vektorkomponensekkel írható le a legegyszerűbben: Helmholtz tétele szerint a szélmező felbontható egy divergens és egy örvényes tag összegére. Ez lehetővé teszi számunkra az áramfüggvény és a sebességpotenciál bevezetését:

$$\underline{v}_h = \underline{k} \times \nabla_h \psi + \nabla_h \chi;$$

ahol ψ az áramfüggvény és χ a sebességpotenciál.

Komponensenként:

$$u = -\frac{\partial \psi}{\partial y} + \frac{\partial \chi}{\partial x}; v = \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \chi}{\partial y}$$

A kinematika alaptétele szerint a sebességi mező megadható az invariáns differenciálkarakterisztikák segítségével is, azaz a vektormező felírható egy translációs, egy rotációs (örvényes), egy divergens és két deformációs tag összegeként is.

A szélkomponensek, az örvényesség és a divergencia között a következő függvénykapcsolat van:

$$\nabla_h^2 u = -\frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\partial D}{\partial x}; \nabla_h^2 v = \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial D}{\partial y}$$

A bárikus mező képződményei

