

JANUÁRI VIHAR EURÓPÁBAN

Bevezetés

2007. január közepén heves szélviharok söpörtek végig Európán. A vihar végigpusztította Angliát, majd a Benelux államokon keresztül Németországra, Csehországra illetve Lengyelországra tört, és nagy szelet okozott a Baltikumban is. A szélvihar erejére jellemző, hogy a széllelőkések erőssége többfelé elérte a 120 km/h sebességet, sőt néhány helyen még a 150 km/h-t is meghaladta (1. táblázat). A vihar Európa-szerte emberáldozatokat követelt, legkevesebb 44 halottat. Az anyagi veszteségek is óriásiak voltak, az épületek mellett a legtöbb kár a villamoshálózatokat érte, a szél által letépett vezetékek illetve kidőlt fák miatt. Több országban megbénult a közlekedés.

Helyszín	H	V _{max}
Wendelstein	1835 m	202 km/h
Brocken	1142 m	155 km/h
Hohenpeissenberg	986 m	144 km/h
Chieming	553 m	137 km/h
Fürstenzell	480 m	137 km/h
Zugspitze	2962 m	137 km/h
Feldberg/Schwarzwald	1493 m	133 km/h
Weinbiet/Pfalz	557 m	126 km/h
Chemnitz	420 m	122 km/h

1. táblázat: helyi idő szerint 18 és 19 óra között észlelt viharos, illetve orkán erejű széllelőkések Németországban (forrás: <http://www.wetteronline.de>). H = tengersiztfeletti magasság, V_{max} = a legerősebb széllelőkés értéke.

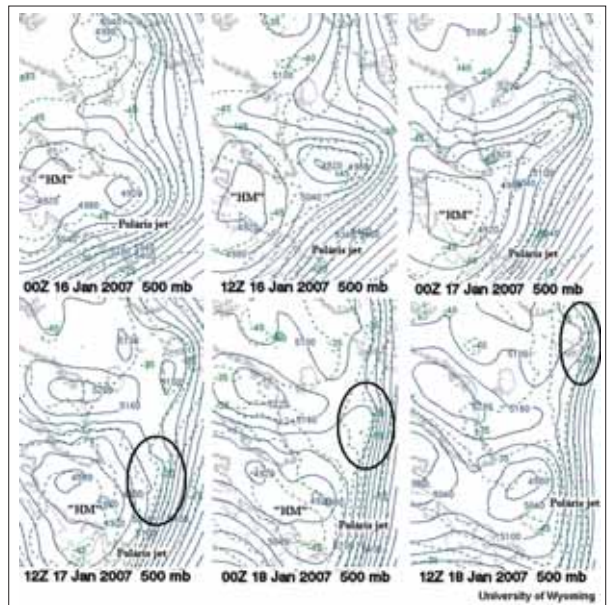
Európában, annak is elsősorban a nyugati felén, az utóbbi években többször is előfordultak téli nagy viharok: hasonló erejű szélvész pusztított 1999. decemberében, illetve 2004-ben, november közepén. Az ilyen típusú viharok az atlanti térségben alakulnak ki, és Európa partjainál vagy a kontinens fölött mélyülnek ki, legfőbb sajátosságuk a szokatlanul gyors fejlődés, áthelyeződés. Középpontjukban rendkívül alacsony légnyomási értékek fordulnak elő, ezért gyakran viharciklonoknak is nevezik őket. A különösen heves rendszereket személynevekkel illetik. Ez a ciklon a *Kyrrill* nevet kapta. Írásunkban röviden ismertetjük a viharciklon kialakulását, fejlődését és az általa okozott eseményeket.

A meteorológiai előzmények

A viharciklon kialakulását megelőző két-három hétben az észak-atlanti térséget erős ciklon aktivitás jellemezte, míg Európa déli részei felett a szokottnál erősebb anticiklonalitás volt megfigyelhető. Január első felében a sarkvidéken (Grönland és Kanada északi részénél) nagy mennyiségű hideg levegő halmozódott fel. Eközben az európai és az

észak-amerikai kontinens jelentős része felett, valamint Kelet-Szibériában a megszokottnál több fokkal enyhébb időjárás uralkodott. Az 500 hPa-os légnyomási szinten ún. "hideg mag" volt megfigyelhető, mely a sarkvidéki hideg ciklonokhoz kötődött. Az ilyen "hideg magok" jellemzője, hogy bennük minden magassági szinten rendkívül hideg levegő található. Az 500 hPa-os szintet rendszerint 490 gpm alatti geopotenciál* értékek jellemzik, illetve -40 °C-nál is alacsonyabb a szint hőmérséklete. A 850 hPa-os légnyomási szinten pedig nem ritka a 30 °C-nál alacsonyabb hőmérséklet sem. Ilyen "hideg mag" indult el Grönlandon át dél felé, útja során egyre mélyebb és erősebb ciklonokat hozott létre az észak-atlanti térségben. Ezzel egy időben 2–3 nap alatt egész Kanadát sarkvidéki eredetű, nagyon hideg levegő árasztotta el. A sarkvidéki hidegbetöréssel egy időben meleg léghullámok indultak meg Észak-Amerika felett az alacsonyabb szélességek felől. Ezen légtömegek ütköző zónája január 14. és január 16. között az amerikai kontinens keleti partvidéke lett, melyhez párosult a sarkvidékről elinduló, Grönlandon áthaladó "hideg mag" is. Ezek a szinoptikus körülmények rendkívül erős poláris futóáramlás (jet-stream) kialakulásának lehetőségét teremtették meg.

A Labrador-tenger fölé érkezett "hideg mag" és az egyre erősödő poláris futóáramlás ciklogenezis központot alakított ki az óceán felett a Labrador-félszigettől keletre. A folyamatosan mélyülő "hideg mag" és az erős meleg

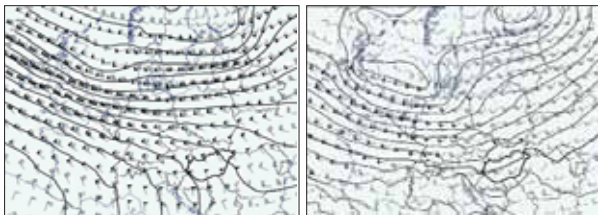


1. ábra: Az 500 hPa-os nyomási szint magassága (folytonos vonallal jelölve, 60 gpm-es felbontásban) és hőmérsékleti viszonyai (szaggatott vonallal jelölve, 5 fokos sűrűséggel) 12 óras bontásban 2007. január 16-a és 18-a között az észak-atlanti térség felett a wyomingi egyetem analízise alapján. "HM" = "hideg mag". Az ellipszissel jelölt terület a ciklogenezis helyét mutatja.

advekción hatására január 17-én kora délutánra rendkívül nagy hőmérsékleti és légnyomási különbség keletkezett. A kontrasztot jól jellemzi, hogy az 500 hPa-os légnyomási szinten, egy körülbelül 1000 km-es horizontális terjedelmű sávon belül hozzávetőlegesen 60 gpm-es geopotenciál és 30–35°C-os hőmérséklet különbség alakult ki. Az izohipszák és izotermák egymással párhuzamosan futottak. A legnagyobb kontrasztú zónától keletre, a sugáram előoldalán háborgás alakult ki a magasabb szinteken, a felszínen ezt gyors ciklonképződés követte, majd a ciklon viharciklonná erősödött (1. ábra). A ciklon gyors kifejlődésének kedvezhetett az is, hogy ez idő alatt a Golf-áramlat és az Észak-atlanti áramlat felszíni vízhőmérséklete az átlagnál magasabb volt. A ciklon Európa partjainál is többlet energiára tehetett szert, ugyanis a kontinens partjai közelében a tengerek felszíni vízhőmérséklete az átlagnál 1–1,5 °C-kal melegebb volt.

A viharciklon

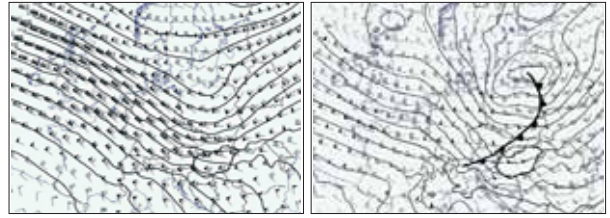
A ciklongenezis és a jet-stream erősségét január 18-án már jól jelezték a 300 hPa-os szinten az atlanti partoknál előforduló igen nagy szélességek (2a. ábra). A legnagyobb szélességek a Brit-szigetek felett voltak, itt 80–90 m/s-os értékek is előfordultak. A középső troposzférában, az 500 hPa-os szinten ugyancsak megjelentek az igen erős szelek. A Brit-szigetek közelében látható ciklon jól látszott a tengerszinti légnyomás és a 925 hPa-os szint szélmezejében is (2b. ábra). A ciklon kelet felé mozogva, fokoza-



2a. ábra: A 300 hPa-os légnyomási szint magassága (80 m-es sűrűséggel jelezve) és szélviszonyai 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

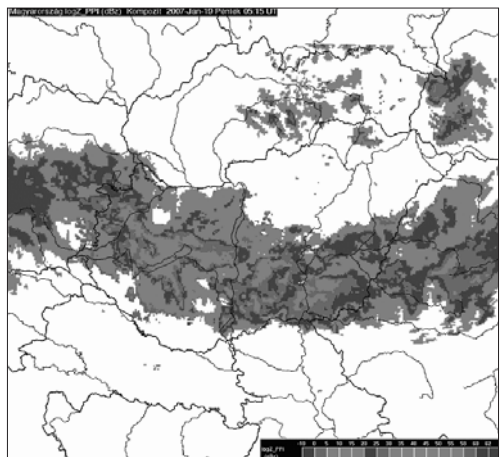
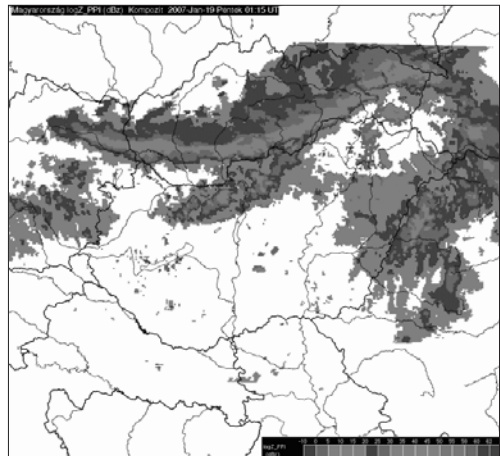
2b. ábra: A tengerszintre számított légnyomás (5 hPa-os felbontásban) és a 925 hPa-os légnyomási szint szélmezejének 2007. január 18-án 12 UTC-kor az ECMWF analízise alapján.

tosan mélyült és január 19-én 00 UTC-kor a 300 hPa-on Németország fölött az analízis alapján 90 m/s-os (!) erősségű volt a jet-stream (3a. ábra). Az 500 hPa-on is rendkívül erős volt az áramlás, 60 m/s szélerősséggel. A talajszinten a ciklon centruma már a Baltikum fölé sodródott 964 hPa-os maggal, hidegfrontja pedig Közép-Európa felett volt (3b. ábra). A viharciklon hidegfrontja végig-söpört Nyugat- majd Közép-Európán. A front áthelyeződését igen heves zivatarvevényesség kísérte, Németország felett a frontvonalon zivatarvonal épült ki, mely Csehországot, majd Lengyelországot érte el. Útja során viharos erősségű széllekeket, helyenként heves csapadékokat okozott, sőt, Németországból tornádót is jelen-



3.a-b. ábra: Ugyanaz, mint a 2. a-b. ábra, de 2007. január 19-én 00 UTC-kor. Az ábrára a hidegfrontot is berajzoltuk.

tettek. Nem sokkal éjfél után Bécsben hirtelen hőmérséklet-növekedést észleltek, amelynek során 20°C-ig melegedett a levegő. Ennek oka feltehetőleg az volt, hogy a front közeledtével a délnyugati, nyugati irányú légmozgás egyre jobban megerősödött és a hegyeken átbukva meleg fónszélként jelentkezett. A front és vele együtt a zivatarvonal elérve a Tátrát, erejét veszítette, és mire a hazai időjárási radarok látókörébe ért, a csapadémezője is vékonyodott (4a. ábra). Később, amikor már Magyarországot is elérte, átmenetileg újra megerősödött a rendszer, de már csak néhol, elsősorban az ország középső és északkeleti részein okozott zivatarokat. A front a hajnali, reggeli órák folyamán fokozatosan áthaladt hazánkon, felhőzete többnyire záporos csapadékokat adott (4b. ábra). Hazánkban a legnagyobb



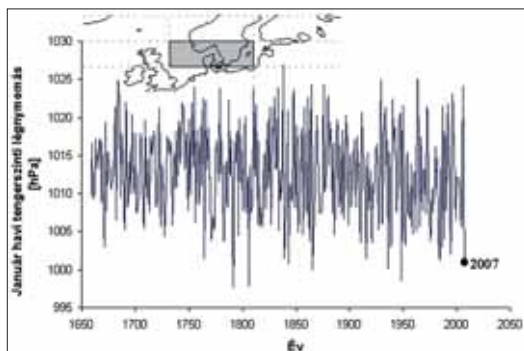
4. ábra: országos, kompozit radarképek 2007. január 19-én a) 01:15 UTC-kor, b) 05:15 UTC-kor. Az ábrák alján található skálán az intenzitás értékeket láthatjuk dBz-ben megadva.

szélsőséget még a front megérkezése előtt, tehát előoldali helyzetben regisztráltak Siófokon, ahol 108 km/h-s széllelkést mértek. Magyarországon a vihar rendkívülisége abban állt, hogy az előoldali szél az éjszakai órákban képes volt közel 30 m/s-os lökéseket okozni, illetve példátlanul erősek voltak a magassági áramlások. A délnyugati szél számottevő víztömeget sodort át a Balaton keleti medencéjébe, átmenetileg megnövelve annak vízszintjét. (Ld. erről a ...oldalon kezdődő cikket; - a szerk.)

A viharciklon északkelet felé mozogva január 20-án éjjel már Oroszország nyugati vidékei fölött, 21-én éjjel pedig már a sarkkör közelében, Északkelet-Európában tartózkodott. Ekkor már folyamatosan töltődött, azaz középpontjában emelkedett a légnyomás, így fokozatosan veszített az erejéből. Ennek ellenére, főleg az időszak elején, további károkat okozott Kelet-Európa több országában is.

Klimatológiai háttér

A viharciklonokat rendszerint több mély ciklon is megelőzi, illetve követi Európa északi, északnyugati partjainál. A Kyrill esetében is így történt. Ezért azokban a hónapokban, amelyekben viharciklon jelentkezik, a tengerszinti légnyomás átlagos havi értéke alacsony lesz. Tekintve, hogy a viharciklon központja az Északi-tenger és Dánia térségében vonult át és korábban is gyengébb, de mély ciklonok érintették a területet, elkészítettük az 5. ábrán szürke kitöltésű téglalappal jelölt terület január havi átlagos



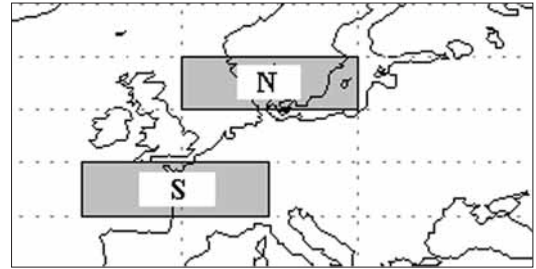
5. ábra: január hónapra vonatkozó átlagos havi tengerszinti légnyomás alakulása 1659-től 2007-ig az Északi-tenger térsége felett.

A diagrammról leolvasható értékek az ábrán szürkével jelezett területre vonatkoznak. Látható, hogy a 2007-es év januárjában előfordult átlagos légnyomás a legalacsonyabb értékek közé tartozik.

(Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002 nyomán.)

tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját, légnyomási reanalízis adatok segítségével (Kalnay et al., 1996 és Luterbacher et al., 2002). Ugyanezt a területet láthatjuk a 6. ábrán "N" betűvel jelölve. A rekonstrukálás során nemcsak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük. Az utóbbi 349 év hetedik legalacsonyabb január havi tengerszinti légnyomása volt 2007. januárjában.

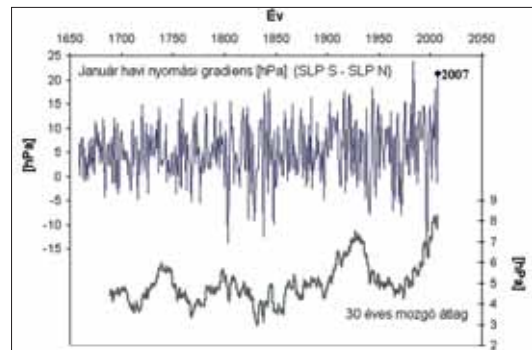
Amíg Európa északnyugati partjainál a szokásosnál alacsonyabb légnyomás értékek jelentkeztek, addig 1000



6. ábra: a január havi tengerszinti légnyomás rekonstrukcióhoz felhasznált "N" és "S" betűkkel, szürke színezéssel jelzett területek.

A rekonstrukálás során nem csak a terület sarkainál szereplő rácspontokat, hanem a területen belüli rácspontokat is figyelembe vettük 5x5 fokos horizontális rácsávolságot alkalmazva.

kilométerrel délre, Franciaország délnyugati területei felett, az anticiklonok hatására az átlagosnál magasabb légnyomási értékek mutatkoztak. Elkészítettük a 6. ábrán "S"-sel jelölt, szürkével sátozott terület január havi átlagos tengerszinti légnyomás rekonstrukcióját a korábban említett reanalízis adatok segítségével. Megvizsgáltuk hogyan változott 1659-től napjainkig a két kitüntetett, "S"-sel és "N"-nel jelölt terület közötti nyomási gradiens (7. ábra). Az eljárás során a két területre számolt január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségét vettük



7. ábra: a 6. ábrán "S" és "N" betűvel jelzett területekre vonatkozó január havi átlagos tengerszinti légnyomás értékek különbségének időbeli alakulása és 30 éves mozgó átlaga.

(SLP S – SLP N). A vihar és a hónap rendkívüliségét jól mutatja, hogy 1983 után 2007-ben volt a legnagyobb a két terület közti légnyomás-különbség. Az utóbbi 30 év nyomási gradiens átlaga a legmagasabb 1659 óta, hasonlóan erős zonalitás legutóbb a XX. század elején alakult ki.

Befejezés

Írásunkban a 2007. januárjában Európában pusztító Kyrill nevű viharciklon keletkezését, fejlődését és az általa okozott eseményeket ismertettük. A vihar kialakulásában fontos szerepet játszott a sarkvidékről elinduló "hideg mag", mely a közepes szélességekre lejutva, a délről érkező meleg légtömegekkel együtt rendkívül erős sugáraram és ciklongenezis kifejlődésének teremtett kedvező feltételeket. A viharciklon Európa északi részén orkán erejű szél-lökésekkel járt, sőt még tornádót is okozott. A viharciklon

elvonulása után Európa felett makroszinoptikus váltás következett: az addigi erős nyugatias áramlást felváltotta az északi, északnyugati áramlás. A klimatológiai elemzésből kiderült, hogy a hasonlóan mély ciklonokkal és erős zonalitással jellemzett szinoptikus helyzet, amely Európa északnyugati partjait jellemezte 2007. januárjában, rendkívül ritkán fordul elő.

Elmondható, hogy a számítógépes előrejelzéseknek köszönhetően Európa felkészülhetett a viharra. A hatóságok a lehetőségekhez képest mindent megtettek a várható természeti csapás kivédésére, az óvintézkedések nélkül valószínűleg sokkal több emberéletet követelt volna a vihar.

Köszönetnyilvánítás: Köszönet az NCEP reanalízis adataiért a NOAA-CIRES-nek (Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado állam, USA, elérhetőség: <http://www.cdc.noaa.gov/>). Továbbá köszönet illeti Luterbacher et al.-t a rekonstruált légnyomási mezőkért.

Seres András Tamás, Fodor Zoltán és Horváth Ákos

Felhasznált irodalom

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437-471.

Luterbacher, J., Xoplaki, E., Rickli, R., Gyalistras, D., Schmutz, C., Wanner, H., 2002: Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics*, 18, 545-561. A rekonstruált mezők elérhetősége: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pubs/luterbacher2002/luterbacher2002.html>.

* * *

A Kyrill viharciklon hatása és lecsengése a Balatonon

A Balaton mellett élő ember megszokta már, hogy a nyár folyamán esetenként heves szélviharok söpörnek végig a tavon, télen azonban ritkán fordul elő vihar. E szokatlan jelenség az idején észlelhető volt nálunk is, melynek nem meteorológiai, hanem hidrológiai alakulásáról szeretnék rövid tájékoztatást adni.

Az idején januárjában vihar pusztított Angliától a Baltikumig. Elérte szűkebb környezetünket, a Balatont is, ám a meteorológusok szerint már csak a viharzóna széle érintette a tavat és környékét. Ez is eléggé bizonyult azonban ahhoz, hogy a Balaton víztömegének kilendülése bekövetkezzen és a visszarendező kilengésekkel együtt több, mint 36 órán keresztül tartson. A közérthetőség végett röviden tekintsük át a tó vízmozgásainak ide vonatkozó értelmezését.

Legnagyobb állóvízünk, a Balaton csak nevében állóvíz. Mozgását a természet ereje irányítja, amelynek egyik integrált eleme a meteorológiai tényezők változása. Ez a mozgás, különböző szempontok szerint jellemezhető, azonban, ha a meteorológiai elemek közül dominánsan a szél hatását keressük, akkor három csoportot különböztethetünk meg (Muszkalay, 1966), melyek a következők:

- a felszín helyileg és időben erősen változó, periodikus jellegű mozgása (hullámzás),

- a teljes víztükör vízszintes helyzetéből történő kimozdulása (periodikus kitérése – a vízlengés, tartós kitérése – a kilendülés),

- a felszín változásaival kapcsolatos mozgások (áramlások).

A fenti csoportosításból jelen esetben a dinamikus egyensúlyra törekvő, nem ismétlődő kilendülés a szá-

munkra érdekes, melynek hossz- és keresztirányú változata ismert. Miután a kilendülések alkalmával a teljes víztömeg kimozdulásáról van szó, a hossz- és keresztirányú kilendülések együtt jelentkeznek. Hidrometriai* jellemzőinek köszönhetően (kis vízmélység, nagy hossz, öblözetek tagoltsága, stb.) a tó hosszirányú kilendülése nagymértékű.

A kilendülések, és a kiváltó meteorológiai elemek nyomán követésére a partmenti automata vízszintregisztráló, és meteorológiai állomások alkalmasak. A Balatoni Integrációs és Fejlesztési Ügynökség Kht. (BIFÜ) az Európai Unió LIFE programja keretében kialakította a Balatoni Információs (monitoring) Rendszert (BIR), mely az internetre kivetítve (<http://lc.webeye.hu>) folyamatosan szolgáltatja fenti információkat. Jelen cikk összeállításakor a Közép-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, valamint az OMSZ két szélmérő állomásának (Szigliget, Balatonalmádi) adatait vettük figyelembe, de természetesen a kiértékelés teljessé tételéhez szükséges az OMSZ által üzemeltetett és érintett állomások teljes adatsorának közös elemzése. Jelen cikk csupán első lépése lehet egy jövőbeni közös munkának, melyben mindkét szervezet leheteti névjegyét a balatoni kilendülések előrejelzésének kidolgozása területén. Ennek jelentősége az esetleges kármegelőzésben, vagy mentésben számszerűsíthető, mely a rövididejű partmenti előntéseket és a hajópark védelmét érinti.

A tó hosszirányú kilendülését két szélső állomásának – Keszthely – Balatonfüzfő, (1. ábra), keresztirányú kilendülését, két szemközti állomásának – Balatonszemes és