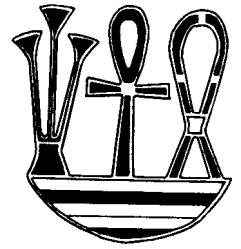


Egyiptomi Füzetek

4. évfolyam 3. szám

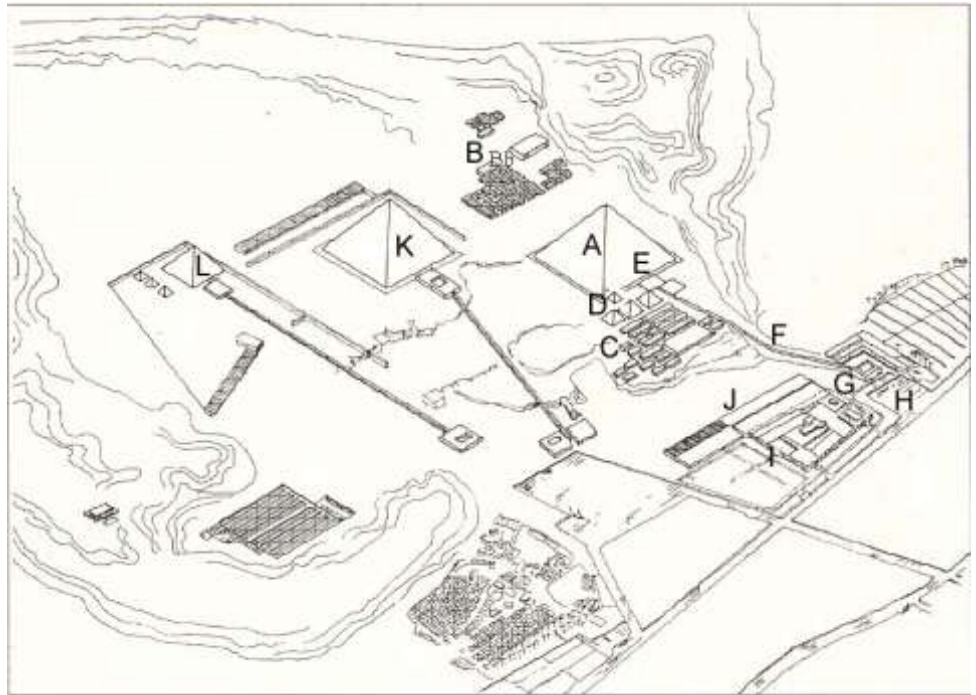
2004

A Magyar-Egyiptomi Baráti Társaság időszakos lapja



Tudományos és fantasztikus elképzelések a Kheopsz piramis építéséről

Az Óbirodalom fáraói piramisokban temetkeztek. Ezek építését azonban egyetlen ábrázolás sem mutatja be. Mivel nem maradt ránk más dokumentum sem arról, hogy milyen építési módszert alkalmaztak az egyiptomiak, csupán feltevésekre szorítkozhatunk. Különösen sok feltételezés látott napvilágot Kheopsz, óegyiptomi nevén Hufu fáraó gizai fennsíkon álló piramisával kapcsolatban. Szerepet játszik ebben, hogy ez a piramis több tekintetben is egyedi a száznál több óegyiptomi piramis között – belső járatainak és helyiségeinek magasabb száma, nyílegyenes és pontos szerkezete, a királyi és királynői kamrából kiinduló „szellőző járatok” megléte, és az egész piramis szerkezeti és technikai kivitelezésének hihetetlen pontossága mind hozzájárul ehhez. Méltán került a világ 7 csodája közé méretei miatt is: eredeti magassága 146,6 méter, oldalainak hossza 231 méter, hajlásszöge $51^{\circ} 50'40''$ (vagyis $5\frac{1}{2}$ sqt). Feltételezett súlya 5,9 millió tonna körül lehet, mely 2,6 millió köbmétert tesz ki. A



A – Kheopsz piramisa, B – nyugati masztaba temető, Bb – Hemiuu sírja, C – keleti masztaba temető, D – mellékpiramis és királynői piramisok, E – Halotti templom, F – feljáró G – Völgytemplom, H – kikötő, I - Kheopsz palotája, piramisvárosa, J - a munkások galériája, K – Khefrén piramisa, L – Mükereinosz piramisvárosa.

felhasznált kőtömbök száma több mint 2 millió, és bár az átlag tömbök 2-2,5 tonnát nyomtak, voltak köztük 60-80 tonna súlyúak is. Ha valóban 20 év alatt épült, akkor a számítások szerint óránként 180 tömböt kellett helyére tenni napi 10 órás munka mellett. És mindezt annyira pontosan, hogy az alap szinte tökéletes négyzetet alkosson – alig van eltérés az oldalhosszúságaiban (58 mm) és a bezárt szögekben (1°) –, és szinte pontosan a csillagászati északhoz van tájolva.

Belsejében 3 kamrát alakítottak ki. Borchard nyomán ezeket 3 építési fázishoz szokták kötni. Mark Lehner kutatásai alapján azonban feltételezhető, hogy eredetileg is

ezzel a három kamrával tervezték, és a föld alatti kamra azért befejezetlen, mivel nem volt végül szükség rá: Kheopsz váratlan korai halála esetére tartották készenlétben. A fáraó sírkamrájának a legfelső „királyi” kamrát szánták, míg a középső „királynői” kamra rituális célt szolgálhatott, talán a királyi ka-lélek számára készült.

Későbbi festmények és domborművek alapján tudjuk, hogyan készült a nyerstégla, milyen technikával faragták a nagyobb kőszobrokat, fűrték és fűrészelték a



Kheopsz piramisa egy 19. századi fényképen



Emelő modellje az Újbirodalom korából (Kairói Múzeum)



Rézvéső és fakalapács (Torinói Múzeum)



Kampó vagy szög a Kheopsz piramisból

kemény köveket, és hogyan mozgatták szántalpakra vagy görgőkre helyezve az óriási kőtömböket. Az Óbirodalom idején alkalmazott módszerek is hasonlóak lehettek. Az ásatások során számos szerszám is előkerült, köztük kalapácsok, fűrők, rézből készült vésők, (mészköhöz használt) fűrészek, fanyelű kőcsákányok (pl. dolerit), kampók és különböző mérőszközök.

Az is nyilvánvaló, hogy az óegyiptomi mesterek rendkívül fejlett gyakorlati matematikai és geometriai ismeretekkel rendelkeztek, amit nemcsak az épületek pontos méretei bizonyítanak, hanem írásos emlékek is. A legrégebbi matematikai papiruszok a Középbírodalom korából származnak, de például a Moszkvai matematikai papirusz ennél is korábbinak a másolata. A British Múzeumban őrzik a híres Rhind Matematikai Papiruszt, mely a Második Átmeneti Korból származik, és számos matematikai példát tartalmaz. Itt teszik fel a kérdést: „Egy piramis $9/3$ és $1/3$ könyök magas. Ha oldalának hossza 140 könyök, akkor mennyi az elhajlási szög (sqt) ?” A sqt a szög kifejezésére szolgáló elhajlási egység, mely derékszögű háromszög esetében, ahol a magasság 1 könyök, azt a távolságot adta meg, ami megfelelt a háromszög vízszintes alapjának. Vagyis a feladatból kiderül, hogy az ókori Egyiptomban ismerték és a gyakorlatban is alkalmazták a Pythagoras-tételt, jóllehet, sohasem fogalmazták meg, és mondták ki, hogy a (piramis teljes magassága)² + (a piramisalj hosszának a fele)² = (az oldallapjának a magassága)².

A hossz mértékek alapja a könyök (mH) volt, ami $0,524$ méternek felelt meg. Ezt hét tenyérre (sSp) osztották (egy tenyér kb. $7,5$ cm lehetett), egy tenyér pedig 4 ujjból (DbA) ($4 \times 1,9$ cm-ből) állt.



Mérőrúd könyök és tenyér beosztással (Torinói Múzeum)

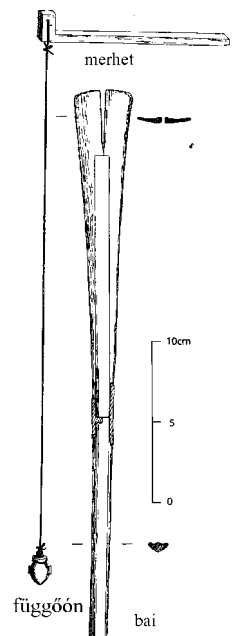
Építkezés közben az építőmesterek olyan egyszerű eszközökkel ellenőrizték a méreteket, mint például a függőön és a *merhet* ($mrxjt$).

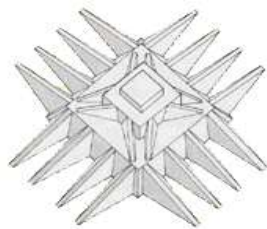
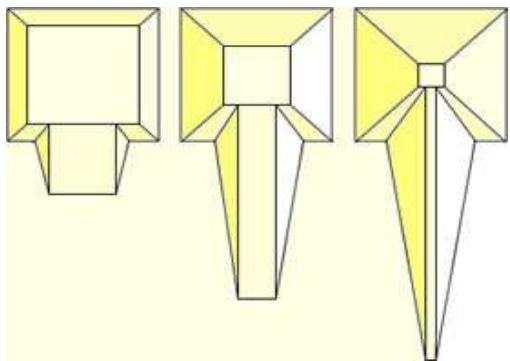
Az egyetlen fáraókorai beszámoló, ami a piramisok építési módszereiről szól, a Kr.e. 450 körül Egyiptomban járt Hérodotosz írta Kheopsz piramisáról (Történeti Könyvek II. 124-135). Ebben azonban a kortárs mende-mondák és a valós elemek keverednek. A helyzet a Kr.e. 1. században élt Diodórosz művével (I.63) is hasonló.

Hérodotosz azon állítása például, hogy a Kheopsz piramis építésénél a terep előkészítése, a kikötők kialakítása, a feljáró és a földalatti kamrák megépítése tíz évig tartott, elképzelhető, hogy megfelelt a tényeknek. Ezt követően azonban azt írja, hogy utána 100 ezer ember dolgozott húsz éven át a piramis építésén. Itt az idő hosszúságát valószínűleg helyesen adta meg, de teljesen lehetetlen a munkások létszámára tett megállapítása. W. M. Fl. Petrie a saját vizsgálatai alapján úgy becsülte, hogy $5-6$ ezer emberre lehetett szükség, más kutatók $15-16$ ezer emberről beszélnek, de a legmerészebb feltételezés is csupán $30-40$ ezer munkással számol, akik közül sokan csak időszakosan jöttek ide dolgozni az ország legkülönbözőbb részeiről. Az újabb feltárások során előkerült mintegy 600 építő munkás, $30-35$ évesen, zsugorított helyzetben elhantolt maradványa, akik közül többeket korábban már orvosi ellátásban részesítettek: általában a karokat rakták sínbe, de előfordult, hogy a lábra esett kő miatt amputálásra volt szükség. Egyik ilyen esetben a számítások szerint még 14 évig élt a páciens. Ez a munkástemető egyébként az 5. dinasztia végéig használatban volt.

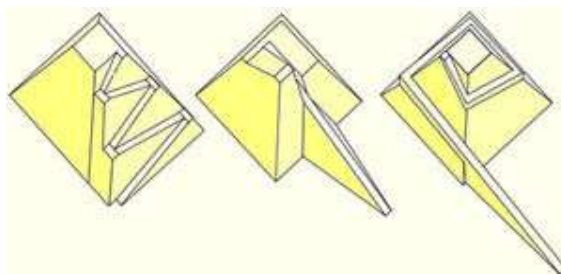
Építkezéskor először kijelölték a piramis helyét és elkészítették a tervet a legfontosabb paraméterek (az oldalhosszúság, a várható magasság és az oldalak dőlésszöge) figyelembevételével, majd a *merhet* ($mrxjt$) segítségével meghatározták a piramis irányát, amit a többi piramis, vagy más szent helyek elhelyezkedése is befolyásolt. Ezután elegyengették a terepet – a korábbi sírokat is elplanírozva – és a helyszínen található mészköttömbökből kialakították a piramis alapját. Az alapok szintbehozását egyes elképzelések szerint vízzel teli árkok segítségével oldották meg. Ezzel egyidejűleg megépítették a „piramiskikötőt”: rakodópartot és mólókat a Nílushoz vezető csatornán, ill. elkészítették a feljárót az építési területhez, ahol a kőtömböket az iszapossá tett úton szántalpakra helyezve szállították. Közben már dolgoztak a Nílus túlsópartján lévő kőbányában a kőfejtők, mert innen került ki az a híresen jó minőségű turai mész, amivel a piramisok többségét borították.

A helyszín előkészítését követően bemérték a Nagymedve / Göncölszerkér csillagképet, melyet *mesehi*-nek ($msxtjw$) neveztek, valamint a Sah (sAH) konstellációt, ami az Orionnak felelt meg, majd szigorú pontossággal meghatározták a csillagászati északot. Ezután kijelölték a piramis oldalainak pontos helyét. A Kheopsz-piramis esetében az északi tájolás mind-össze $3'6''$ eltérést mutat a valósághoz képest. Ezt követte az alapítási ünnepség, melynek során a király leszúrt négy cölöpöt az alap négy sarkába, és elvégezte a *pedsz sesz* ($pD sS$) rítust, azaz „a kötél kifeszítését”. Ezt a rítust már a II. dinasztia idején feljegyezték. Fő mozzanatai: A király kötelet kerített a négy sarokcölöp köré, majd tisztító szertartásokkal megszentelte a helyszínt, és rituális tárgyakat helyezett egy apró üregbe (alpletétel). Végezetül lefektette





R. Stadelmann
rekonstrukciója



Rámpa elképzelések (Uwe Hölscher, Dieter
Arnold, Mark Lehner)

Egyenes rámpa elképzelések (J.-C. Goyon, Flinders
Petrie, Ludwig Borhardt)

az első kőtömböt az alapra. Ez jelentette az igazi munka kezdetét.

Az építők két csoportban dolgoztak, melyeket 5-5 egységre (sA) osztottak. Ezeket még tovább osztották 15-20 fős részlegekre. Néhány egység ill. részleg nevét meg is találták a Kheopsz-piramis tehermentesítő kamráinak, ill. Meritetisz és Henutszen királyné kis piramisának a tömbjeire, valamint a keleti oldal hajóárkának belső falára vésvé: pl. „Követők”, „Khufu barátai”, „Zöldek”, „Hatalmasok”. (Később ismeretes egy „Mükerinosz részeg” egységnev is.) A kisebb részlegek nevei között „élet”, „tartósság” és „szépség / tökéletesség” is megtalálható. A munkások településének a falát a Kheopsz piramistól 2,4 km-rel keletre néhány évvel ezelőtt kezdte feltárni Mark Lehner és Zahi Hawass, sírjaikra pedig mintegy 400 m-rel nyugatabbra bukkantak rá. Településük (Nazlet-el Samman falunál) három részre tagolható: lakónegyed (sok marha-, disznó-, birka és kacsacsontot találtak), műhelyek körzete (pékség, sörfözde, halfeldolgozó üzem, szövőde, rézműhely) és palota övezet a gabonatarókkal. Kissé távolabb önálló egységet képez egy hosszú galéria, melyben fekvőhelyként meghatározott kőágyak tömege sorakozik szorosan egymás mellett, a végében kialakított helyiségben talált tárgyak alapján főzőhellyel meg műhellyel kiegészítve. Feltételezések szerint ez az idénymunkások ideiglenes szállása volt. Körülbelül 2000 fő alhatott itt.

Először a piramis magját vágják ki a kőalapban, majd elhelyezték a sarokköveket és fedőtömböket, és asszuáni gránitból kialakították a sírkamrákat, végül a hagyományos nézet szerint feljárókat emeltek, melyeken keresztül fel tudták vontatni a kőtömböket az épülő piramisra. Magát a piramist a fensíkon tőle kissé délkeletre található fejtőben kitermelt kőből emelték, és bár ezek rendkívül pontosan illeszkednek egymáshoz, malterrel rögzítették őket – a nyers gipsz kiegészésekor, ami nagy mértékű fakitermeléssel járt, majd malterrá alakításakor belekerült organikus anyagok teszik lehetővé

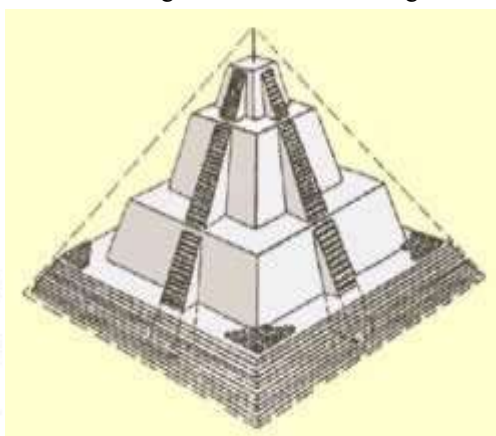
a C14-es keltezt. (Ezt a malteros módszert az 5. dinasztia koráig alkalmazták.) A ritkán előforduló nagyobb réseket kisebb kődarabok, kavicsok és más törmelékkel (néha sás, fadarabok, szerszám töredékek, edény törmelék) töltötték ki.

Mivel ma sem tudjuk pontosan, hogyan épülhettek a piramisok, számtalan feltételezés jött létre. A kutatók egyik csoportja a piramis oldalához merőlegesen támaszkodó feljáró(k) gondolatához ragaszkodik, más tudósok körbeépített feljárót tételeznek fel, például cikk-cakk rámpa (Hölscher), a még készülő felépítményt magában foglaló rámpa (Dieter Arnold), a felépítményen körbefutó spirális rámpa (Mark Lehner) formájában. Egy másik, az utóbbi időben kialakult elmélet szerint először több kisebb feljárót építettek, és ezeket csak később váltotta fel az egyetlen nagy rámpa, melyet a piramis oldalánál emeltek. Biztos, hogy volt különbség az egyes piramisok építési módszerei, technikája között, és ez még egy piramis munkálatain belül is előfordulhatott. A régészeti emlékek között kisebb rámpák és feljárók nyomai fennmaradtak (a legkorábbi Sehemhet fáraó félbe maradt piramisánál Szakkarában, a 3. dinasztia korából), de sajnos nem elegendők egy teljes rekonstrukció kialakításához, ráadásul ezek a technikák a piramis csúcsának az elkészítését nem teszik lehetővé. Az újabb rekonstrukciók szerint a piramis magasságának utolsó harmadában a kőtömböket falemezekkel, állványokkal, bakokkal, vastag kötelekkel, egyszerű emelőrudak (Mark Lehner, Martin Isler) vagy pl. a sadufhoz hasonló elven működő emelőszerkezetek (Louis Croon) vagy akár ellensúlyként alkalmazott homokzsákok felhasználásával egyszerre egy vagy több tömb magasságába emelték fel.

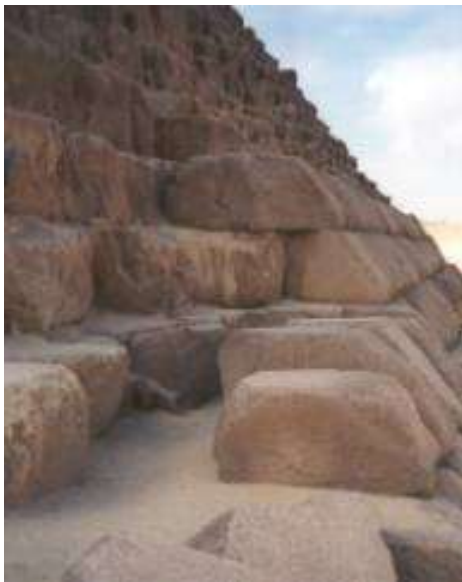
A feljárókhöz használt nyersanyagból nincsenek biztos ismereteink, de valószínű, hogy magát a rámpát talán pálmafarönkökkel megerősített szá-rított téglafal alkotta, a falak között homok és egyéb



Egy Gizában talált eszköz és
a vele rekonstruált emeléshez
használt szerkezet rajza



Martin Isler emelővel történő piramis
építési modellje



tömelékkel töltötték ki, és elképzelhető, hogy a járó-felületet agyag borította. Későbbi sírdomborművek alapján tudjuk viszont, hogy a nagy mészkőtömböket fából készült szántalpak segítségével emelték rá a feljárókra, és ezek talpait iszappal tették síkosabbá. A tömbök mozgatásához feltehetőleg a

Hérodotosz által is említett (II. 125.) emelőket használták. Görgetésre alkalmas szerkezeteket újbírodalmi templomokban találtak. Egy modellt a Kairói Múzeumban őriznek (ld. 1. oldal), mely a piramisok építéséhez rendszeresen használt 2-2,5 tonnás tömbök mozgatására kiválóan alkalmas (R. H. G. Parry) – kérdés azonban, hogy akkoriban készültek-e ilyen szerkezetek, mivel a masztabák ábrázolásain a szántalpas módszert örökítették csak meg.

Persze számos, az emlékek alapján biztosan megcáfolható, ötletes, de fantasztikus elképzelés is született – az egyik például a szél erejét használja fel sárkány, emelőcsiga rendszer és támasztókeret alkalmazásával (Mory Gharib). A vizet hívta segítségül egy magyar elmélet: az egész piramist körülvevő vízen közlekedő emelődarus hajókról kerültek volna a kötömbök a helyükre (Sörös István). Két másik elmélet mesterséges követ tételez fel: a magas kaolinit tartalmú mészkövet Nílus vízben szétáztatva, mésszel és nátronnal összekeverve, agyag állagban a helyszínen faládákba préselik, majd kellőképpen kiszáradva abból kiemelik és a többi kötömbhöz passzítják (Joseph Davidovits). Hasonló elképzelése van Joël Berthonnak is. Franz Löhner rekonstrukciójában a köveket a piramis oldalán kialakított nyomvonalak és vontatók felhasználásával hengeres kötélpálya állomásokon keresztül juttatja fel – egy 2,5 tonnás kötömb felemelése az 52°os dőlésszögnél 55 ember közreműködésével megoldható. A technika alkalmazásával kb. 7000 ember képes lett volna a Kheopsz piramis felépítésére.

Közben felkerült a piramis csúcsára a gránitból vagy bazaltból faragott piramidion is. A Kheopsz-piramis



A Kheopsz piramis piramidionja

tetején lévő piramidion súly a számítások szerint mintegy 7 tonna. Amikor minden kötömb a helyére került, a piramist turai mészkövekkel borították. Ilyen borítás

ma már csupán Khephrén fáraó piramisának felső részén látható.

Dzsószer piramisának megtervezője isteni rangra emelkedett az egyiptomiak szemében, Kheopsz fő építészéről viszont soha nem esik szó a későbbi forrásokban, hiszen az utókor gyűlöletes időszaknak látta Kheopsz uralmát. A piramistól nyugatra levő temetőben tekintélyes masztabában nyugodott Hemiunu herceg, akinek szobra Hildesheimben tekinthető meg. Sírjának (G4000) helyzete alapján biztos, hogy Kheopsz kortársa volt, felirataiból pedig tudjuk, hogy ő volt a „király összes építkezéseinek vezetője”. Nincs okunk tehát kételkedni abban, hogy a piramis munkálatai az ő irányítása alatt folytak. Hemiunu kiemelkedően előkelő rangját már sok címe is jelzi: herceg volt, előljáró, vezír, az alsó-egyiptomi király pecsétőre, Bászdetnek, Seszemetnek és a mendészi kosnak papja, Ápisz és a Fehér Bika őrzője, Thot háza öttagú testületének nagyja – hogy csak néhányat említsünk. Mindezeknél fontosabb azonban, hogy a „király test szerinti fia” megjelölést is ott találjuk címei között. Melyik királynak lehetett a fia? Nem Kheopszé, a királyfiak temetője ugyanis a piramis keleti oldalán van. Így csak Sznofruól lehetne szó, és Hemiunu eszerint Kheopsz testvére volt. Ezt viszont bizonytalanná teszi Nefermaat herceg médumi sírja, ahol Hemiunu nevű legidősebb fiának képe is látható. Kettejük azonossága mellett szól, hogy Hemiunu később nagy részben ugyanazokat a címeket viselte, mint Nofermaat, aki valószínűleg Sznofru fia volt. A király „test szerinti fia” így csak királyi unoka lehetett. Nem dönthető el tehát egyértelműen Hemiuni helye a királyi családban, csak annyi biztos, hogy Kheopsz legközelebbi rokonainak egyike volt.



Galambos Gyöngyvér
Nyelvtudományi Intézet

Előadás helye és ideje:
Nemzetek Háza, 2004. dec. 15.

Egyiptomi Füzetek 4/3, 2004.

Kiadja a Magyar Egyiptomi Baráti Társaság Ókori Egyiptomi Bizottsága

Szerkesztő: dr. Györy Hedvig

Levél cím: H-1062 Budapest, Bajza u. 54.

e-mail: gyory@szepmuveszeti.hu