Millest pilved meile kõnelevad?

Sven-Erik Enno foto

Töötoa kava

- Teoreetiline osa:
  - lühiülevaade pilvede olemusest, liigitamisest ja määramisest;
  - näidete varal selgitused, mida pilved näitavad (õhu omadused, protsessid ja liikumised atmosfääris, nähtused, tulevane ilm).
- Praktiline osa:
  - pilvede määramine nutirakendusega;
  - katse „pilv pudelis“ või pilveteemaline kuldvillak;
  - sobiva ilma korral lähme õue: vaatleme ja määrame pilvi.

Mis on pilved?

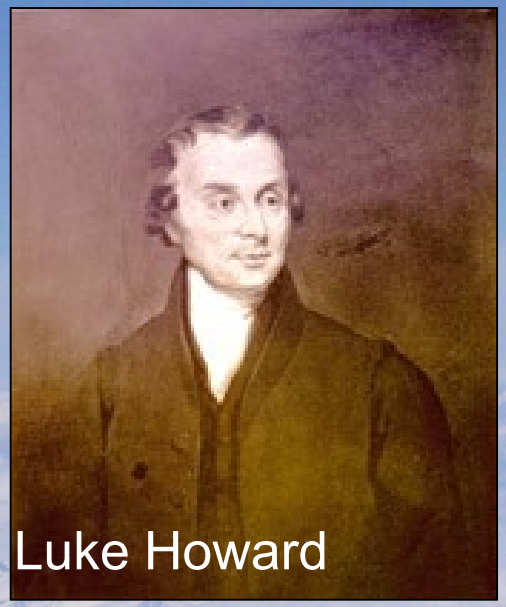
- Pilvedele saab anda vähemalt kaks definitsiooni.
  - (1) Pilved on kolloidsed süsteemid, mille moodustavad õhus hõljuvad veepiisakesed, jääkristallid või nende segu.
  - (2) Ükskõik milline aerosooliosakeste kogum õhus, mis on piisavalt tihe, et oleks visuaalselt nähtav või mõne instrumendiga määratletav. Nii võib rääkida suitsu-, tolmu- või tuhapilvedest või nende hübriididest veeauru kondenseerumisproduktidega (*Pyrocumulus*, *Pyrocumulonimbus*).

KUIDAS LIIGITADA PILVI?

Taustal 4 klassi ja 7 liiki

AJALUGU

- **Morfoloogiline klassifikatsioon** – pilvede väliskuju (väljanägemise-) põhine, kasutusel juba üle 200 aasta.
- Jean-Baptiste Lamarck (1802) üksnes prantsuse keeles ja kirjeldav – edutu
- Luke Howard (1803) morfoloogilise klassifikatsiooni põhialused – edukas


Luke Howard

Kihisarnased pilved *stratus* (ld. k. "kiht"); puhevil pilved *cumulus* (ld. k. "kuhi"); sulgjad pilved *cirrus* (ld. k. "juuksekihar"); sajupilved *nimbus* (ld. k. "tugev vihm").

- Lisaks tänapäeval: geneetiline ja mikrofüüsikaline klassifikatsioon

PILVEDE 10 PÕHIVORMI ehk LIIKI

Ülemise kihi pilved: kiudpilved, kiudrünkpilved, kiudkihtpilved, *kondensjäljed (joonpilved)*

Keskmise kihi pilved: kõrgrünkpilved, kõrgkihtpilved, kihtsajupilved

Alumise kihi pilved: kihtrünkpilved, kihtpilved, vahel (vaatlustes) kihtsajupilved

Vertikaalsuunas arenevad pilved: rünkpilved, rünksajupilved

Meteoroloogilistes vaatlustes kasutatakse pilveliikide ladinakeelseid nimetusi ja nende lühendeid.

PILVEDE KÕRGUSED

Cumulus (Cu) clouds have noticeable vertical development. Looks like white fluffy balls of cotton. The elevation of the flat cloud base depends on the humidity. The more humid the air, the lower the cloud base.

Stratocumulus (Sc) is generally seen as a low gray or whitish layer showing little vertical development. Individual elements are often arranged in bands or rolls.

Stratus (St) is a flat, featureless cloud that is low to the ground. It varies in color from gray to white and usually covers the entire sky. The cloud also appears fragmented during and after periods of rain. Stratus on the ground is called fog.

Cumulonimbus (Cb) is a thunderstorm cloud that can reach heights of ten miles or more. Mature clouds are identified by the flat anvil-shaped top. This flattening indicates the height of the tropopause which is the boundary between the troposphere and stratosphere.

Altocumulus (Ac) clouds are composed of water and they appear as white or gray colored roll-like elements, bands or individual puffs. They tend to occur in sheets or patches with wavy rolls and are the most common 'middle' cloud.

Altostratus (As) clouds are always translucent enough to reveal the sun or moon, but prevents objects on the ground from casting shadows. These clouds also appear to have gray or bluish hues and never produce halos.

Nimbostratus (Ns) is a dark gray cloud that produce steady rain. Resulting from thickening Altostratus, the cloud base decreases into the 'low' cloud region as rain increases. It often becomes difficult to distinguish from Stratus clouds.

Cirrus (Ci) appears as detached clouds in the form of white, delicate filaments, patches or narrow bands. Composed of ice crystals, these clouds have a hair-like or silky sheen appearance.

Cirrostratus (Cs) are transparent or semitransparent, whitish clouds with a hair-like or smooth appearance that totally or partially covers the sky. Composed of ice crystals, they frequently produce a partial or complete halo around the sun or moon.

Cirrocumulus (Cc) clouds are thin, white patches or layers without shading. Comprised of super-cooled water, they consists of very small elements in the form of grains or ripples. The size of cloud elements appear less than the width of one finger held at arm's length.

Learn more about clouds at JetStream - An Online School for Weather www.srh.noaa.gov/srh/jetstream/clouds/types.htm

1. KIUDPILVED (*Cirrus*)

2. KIUDRÜNKPILVED (*Cirrocumulus*)

3. KIUDKIHTPILVED (*Cirrostratus*)

Täisvarjud!

4. KÕRGRÜNKPILVED (*Altocumulus*)

5. KÕRGKIHTPILVED (*Altostratus*)

6. KIHTSAJUPILVED (*Nimbostratus*)

7. KIHTPILVED (*Stratus*)

8. KIHTRÜNKPILVED (*Stratocumulus*)

9. RÜNKPILVED (*Cumulus*)

10. RÜNKSAJUPILVED (*Cumulonimbus*)

Millest pilved meile kõnelevad?

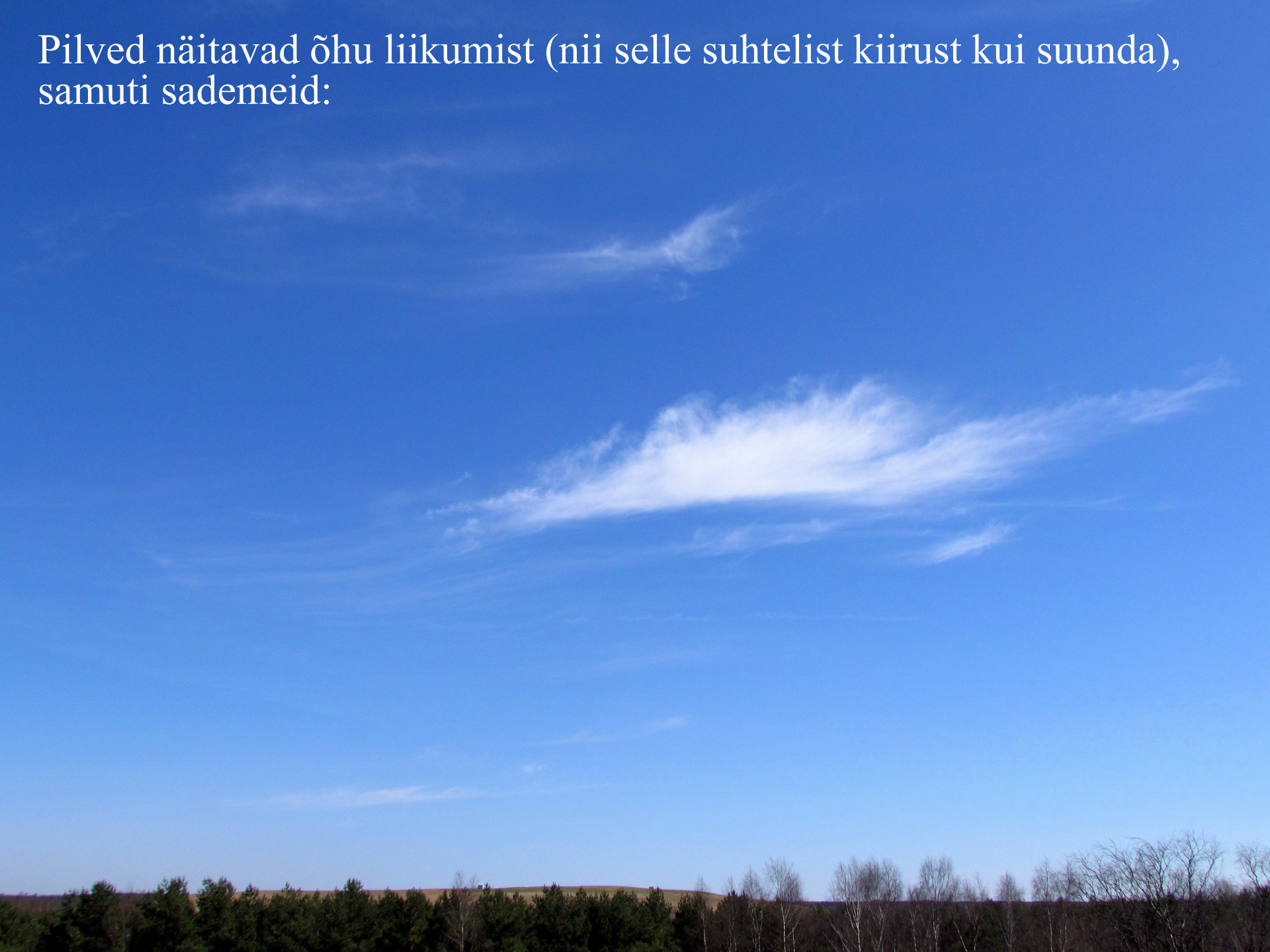
- Pilved annavad ilma lühiprognoosiks kõige rohkem infot.
- Esiteks peegeldavad need atmosfääri seisundit ja sealseid protsesse (kaudne aeroloogia), teiseks on pilved meie igapäevased kaaslased, nagu on öelnud meteoroloog Milvi Jürissaar.
- Eestis peab see tõepoolest paika: harva on hetki, kui silmapiiril pole ühtki pilve, ja veel harvem on lausa pilvituid päevi.
- Peab arvestama, et suvel kannavad pilved endas palju rohkem informatsiooni tulevase ilma kohta kui talvisel ajal.

- Pilved näitavad niiskuse, jahtumisprotsessi ja mustuse (bakterid, soolakübemed, hügroskoopne tolm jms aerosooliosakesed) olemasolu, sest:
- Pilvede tekkeks on vaja:
  - veeauru,
  - jahtumisprotsessi ja
  - kondenseerumistuumakesi.

Passaatpilvede teke Kanaari saartel

Kust algab ja kust lõppeb pilv ... (Tartu, 12.08.2015)

Pilved näitavad õhu liikumist (nii selle suhtelist kiirust kui suunda), samuti sademeid:



Rünksajupilvedest tekkinud kiudpilved (*Cirrus incus-genitus*): ka siin on näha õhu liikumise suunda ja suhtelist kiirust.

- Üks hästi iseloomulik kiudpilvede kuju on nn Noa laev – pikad horisondist lähtuvad kiudpilvevöödid, mille otsad on ülespoole kaardunud nagu suuskadel. Need näitavad ilma halvenemist ja sademeid mõne tunni kuni poole ööpäeva jooksul.
- Noa laeva kiudpilved ilmuvad suhteliselt laiade ribadena, mis näivad horisondi lähedal koonduvat.
- Iseloomulikum on selline olukord jugavoolu korral (nn jugavoolu-kiudpilved).

Kairo Kiitsaku foto

Tähtsamad pilvi kujundavad protsessid

- Termiline konvektsioon – Päike soojendab maapinda. Maapind omakorda soojendab selle kohal asuvat õhukihti ja nii tekivad tõusvad õhuvoolud. Tekivad termilise konvektsiooni pilved – peamiselt *Cumulus* ja *Cumulonimbus* (võetud, kuid kohendatud: *PILVEDE TEKKIMINE JA TÜÜBID. Juhend meteoroloogiajaamadele. Ilmavaatluste osakond, 2005*).

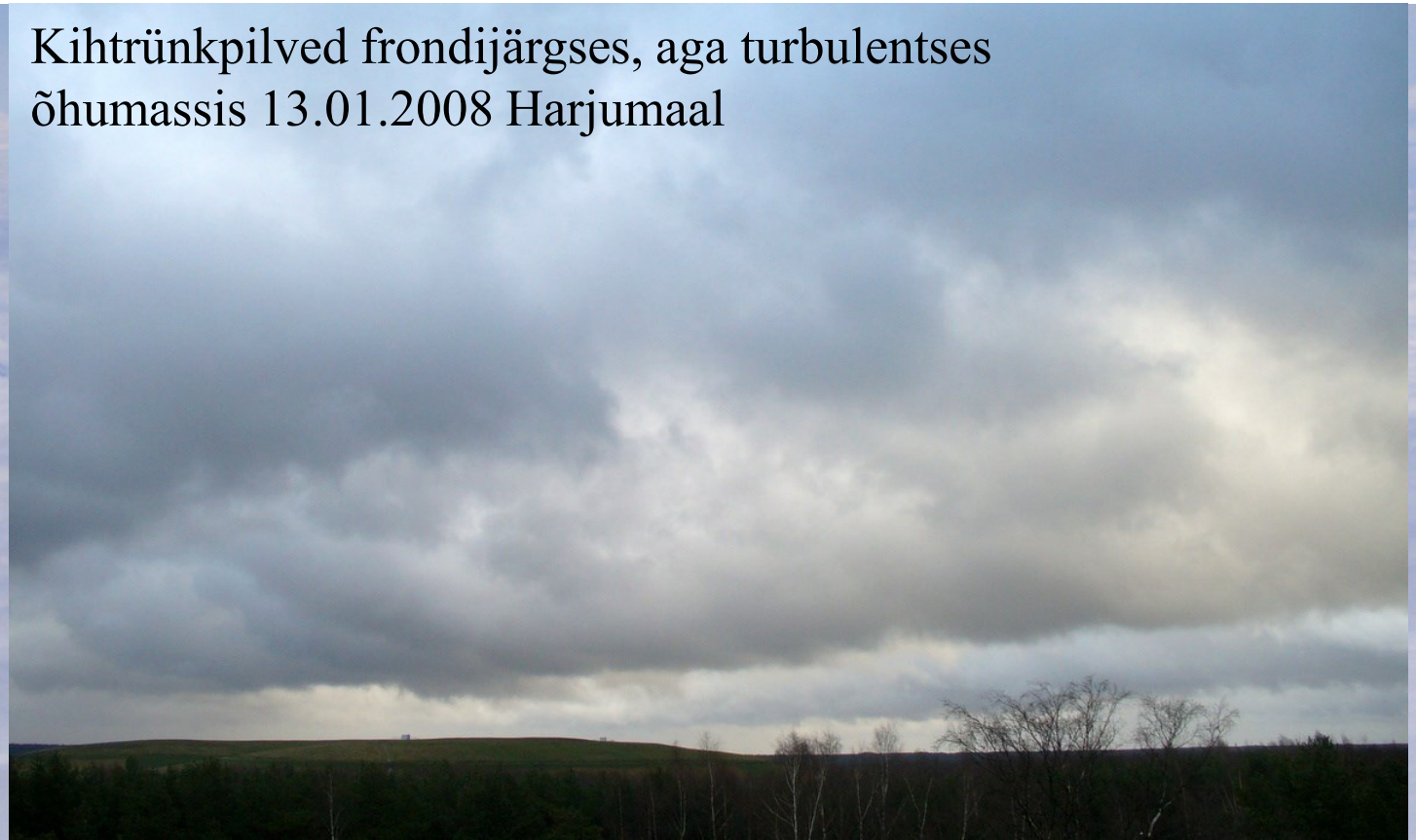
Tähtsamad pilvi kujundavad protsessid

- Pilvede tekkimine frontidel – frontidel/frontidega ühenduses olles tõuseb ulatuslik õhukogum, nn. õhumass. Selle tagajärjel kujunevad terved pilvesüsteemid, mille ulatus võib olla sadu tuhandeid ruutkilomeetreid, vastavad liigid: *Cirrus*, *Cirrostratus*, *Altostratus*, *Nimbostratus* jne (võetud, kuid kohendatud: *PILVEDE TEKKIMINE JA TÜÜBID. Juhend meteoroloogiajaamadele. Ilmavaatluste osakond, 2005*).

Lauslörts kihtsajupilvedest 19.01.2008 Harjumaal

Tähtsamad pilvi kujundavad protsessid

- Õhu turbulentne liikumine – turbulentse liikumise puhul kanduvad üksikud väikesed õhupöörised ülespoole, kus jahtuvad ja põhjustavad kondensatsiooni. Nii tekivad sageli *Stratus*, *Stratocumulus* ja *Fractonimbus* (hatakpilved laussaju puhul) (võetud, kuid kohendatud: *PILVEDE TEKKIMINE JA TÜÜBID. Juhend meteoroloogiajaamadele. Ilmavaatluste osakond, 2005*).



Tähtsamad pilvi kujundavad protsessid

- Laineliste pilvede tekkimine – järsult erineva temperatuuri ja/või liikumiskiirusega õhukihtide eralduspinnal areneb sageli teatav õhulaine.
- Laineharja kohal õhk kerkib ja jahtub, kuid lainepõhja kohal laskub ja soojeneb.
- Järelikult võivad õhu soodsa niiskuse korral laine harjadel tekkida ja areneda pilved, põhja kohal aga olemasolev pilv nõrgeneb või kaob ning sageli on seal näha sinist taevast (või kõrgema kihi pilvi).
- Nii võivad tekkida lainelised kihtrünkpilved (*Sc und*), lainjad kõrgrünkpilved (*Ac und*) ja kiudrünkpilved (*Cc*).
- Mainitud õhulained arenevad tavaliselt inversioonikihi alumisel piiril

(võetud, kuid kohendatud: *PILVEDE TEKKIMINE JA TÜÜBID. Juhend meteoroloogiajaamadele. Ilmavaatluste osakond, 2005*).

Tuulenihke tõttu tekkinud lainelised pilved (*undulatus*) 1.09.2015
Kibunas Harjumaal

Kui troposfäär kihistub ning neil kihtidel on erinev dünaamika ja termodünaamiline tasakaal, siis tekib selline vaatepilt – olenevalt korrusest on pilved hoopis isenägu.

Lainelised kihtpilved (*Stratus undulatus*) 19.12.2012 Tartu kohal. Pilvekihi kõrgus oli 270 m ja see tekkis tugeva inversioonikihi alla.

Lainelised kihtrünkpilved (*Stratocumulus undulatus*) näitavad samuti õhu lainelist liikumist ja tõenäolist inversiooni (Konuverest Märjamaa poole sõites). Foto: Marit Kivisild

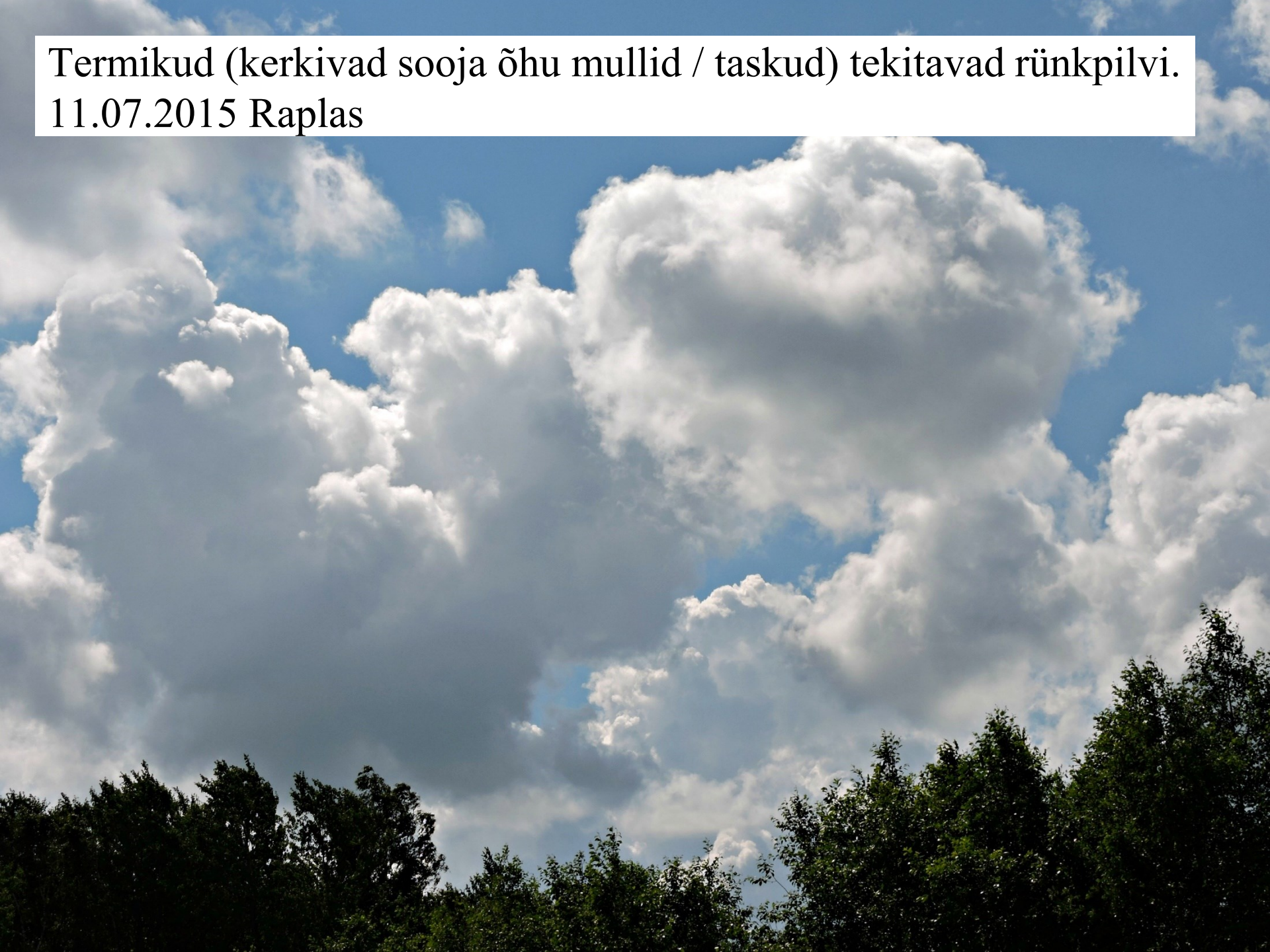
Ujulained helkivates ööpilvedes (2013. a suvel Tallinna kohal).

VERTIKAALSE ARENGUGA PILVED

- Algavad tavaliselt alumise kihi pilvede kõrguselt, kuid tipp võib kerkida ülemise kihi pilvedeni (tropopausini).
- Pilvedes on tugevad tõusvad õhuvoolud (vähemalt 1–2 m/s) – konvektsioon.
- Kasvavad kõrgusesse, vahel lausa silmnähtavalt (kobrutav, tornjas väljanägemine).
- Koosnevad veepiiskadest ja jääkristallidest.
- 2 liiki: rünkpilved ja rünksajupilved

Ilusa ilma rünkpilved: turbulents neis on nõrk ja ilm vähemuutuv.

Termikud (kerkivad sooja õhu mullid / taskud) tekitavad rünkpilvi.
11.07.2015 Raplas



SOE JA NIISKE ÕHK KERKIB KÕRGUSSE (konvektsioon), TEKIVAD RÜNK- JA RÜNKSAJUPILVED!

Turbulents on neis tugev ja ilm muutlik.

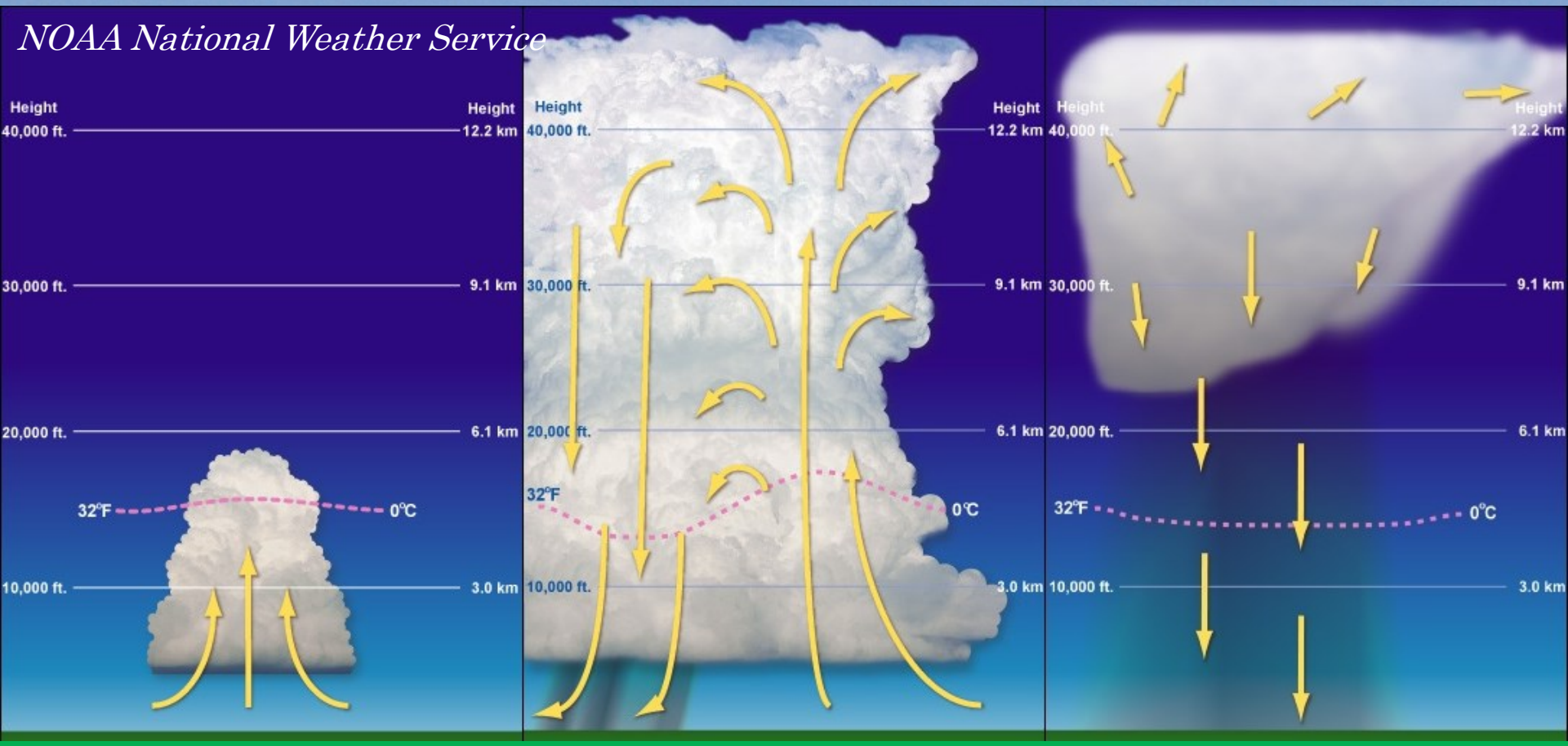
Veel üks tuulenihke tagajärg: rünksajupilvede organiseerumine – Jõgeval sadas sel hetkel hiidrahet (vähemalt 3 cm diameetriga), 20.05.2014 Männikjärve rabas.

Äike (rünksajupilv)

- **Teaduslikult rünksajupilv (*Cumulonimbus*)**
- **Pilveliike eristatakse 10, kuid äike tekib ainult rünksajupilve(de)s.**
- Rünksajupilv on kõikidest teistest pilvedest jõulisem, võimsam, paksem (kõrgem) ja tihedam.
- Sisaldab väga suures koguses vett (veeauru, veetilku, eri vormides jääd): rünksajupilvede veesisaldus on 0,5–8 g/cm^3.

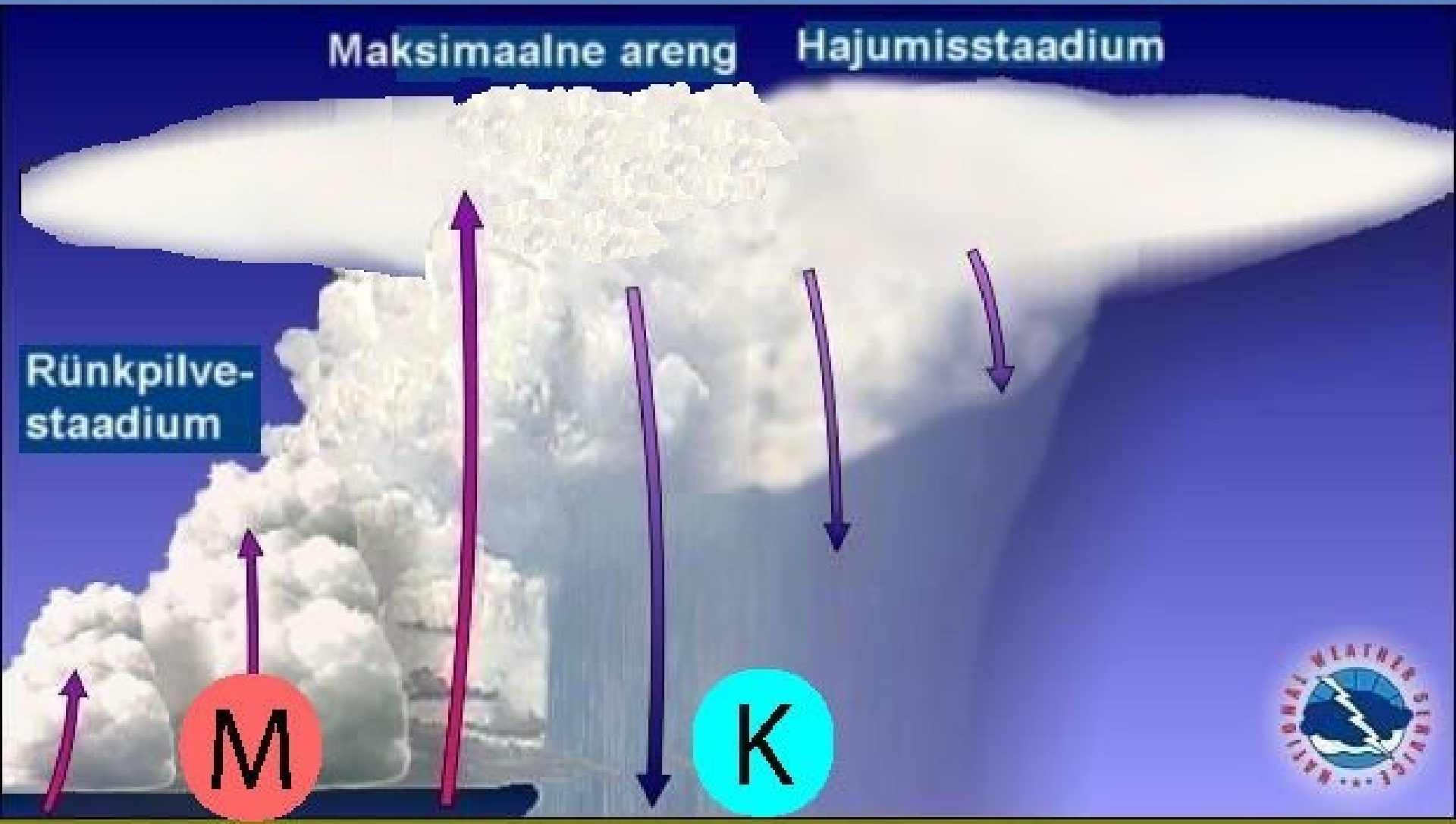
Rünksajupilvede (äikese) elutsükkel

Konvektsioonipilveelemendi (lihtrünksajupilve) elutsükli kolm etappi:

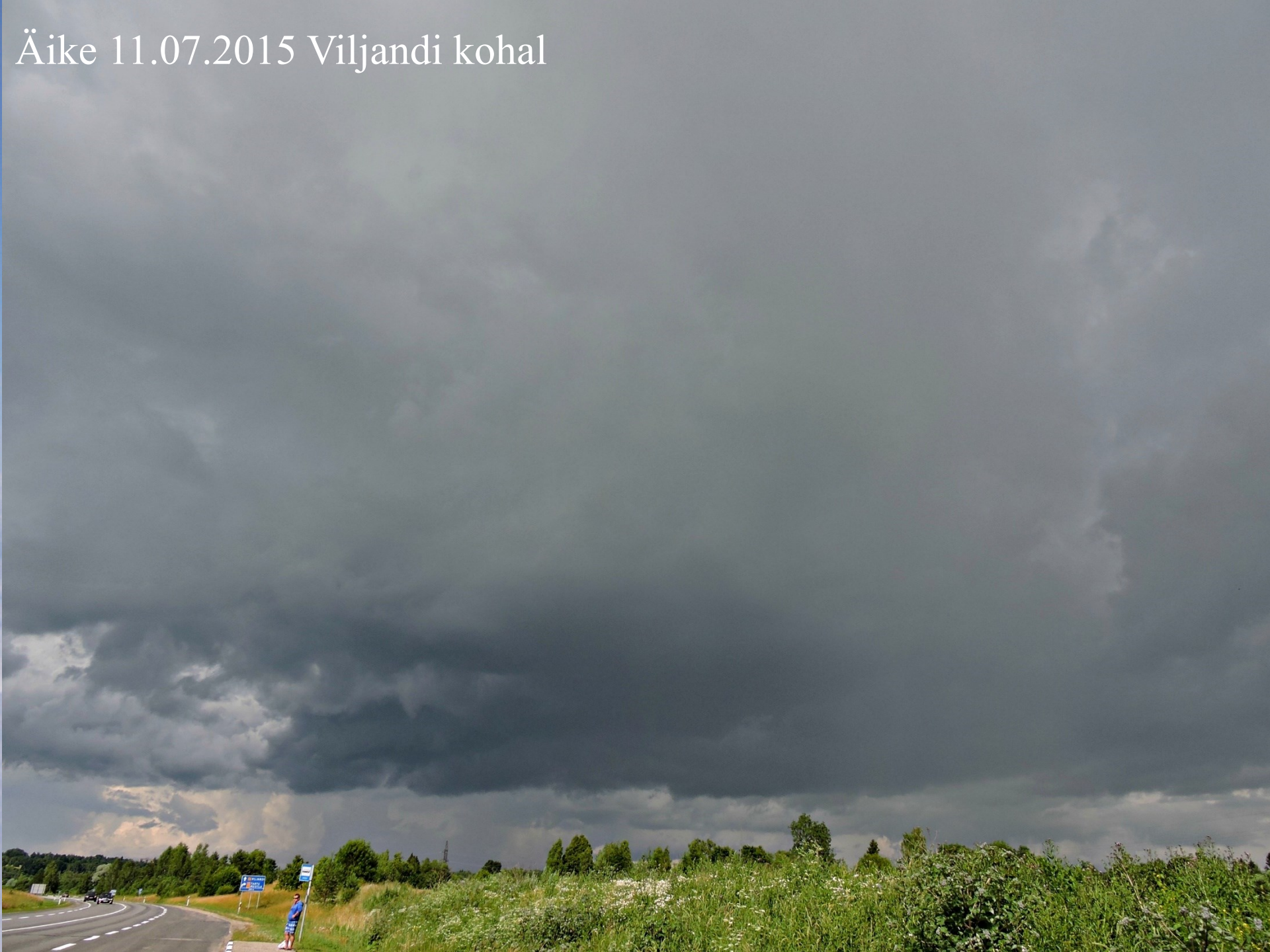


rünkpilvestaadium küpsusstaadium hajumisstaadium

Liitrünksajupilv (elemente on mitu)



Rünk- ja rünksajupilved äikesega 11.07.2015 Türi lähedal


Äike 11.07.2015 Viljandi kohal

Vahel, eriti suuremate rünksajupilvede kogumite puhul, ei ole rünklik välimus üldse nähtav.

Riiulpilv – *Cumulonimbus arcus* (26.07.2010 hommikul Türil)
Sven-Erik Enno foto

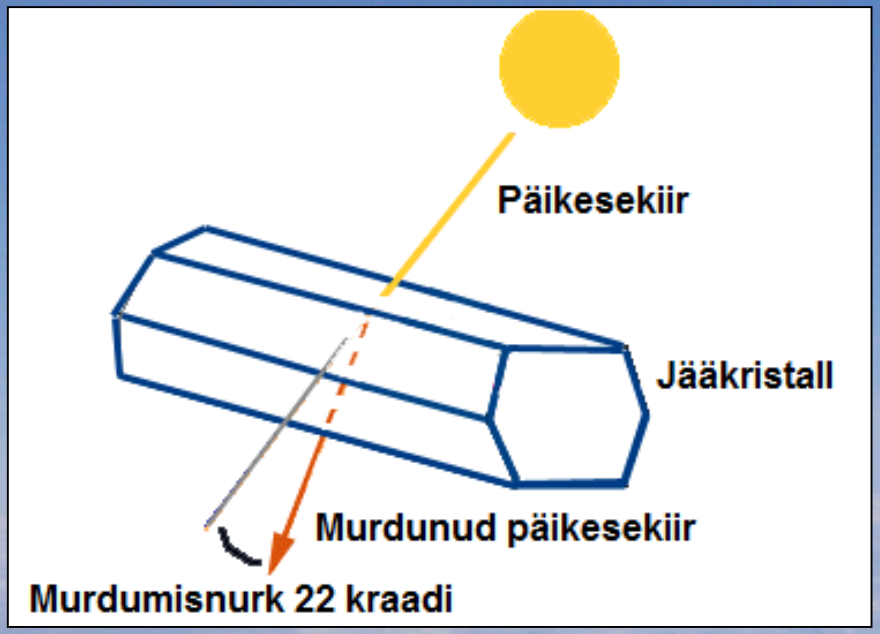
Rünksajupilvede alasi alla ilmunud intensiivne *mamma* (18.05.2013 õhtul Tartus)

Optilised nähtused pilvedes

- Halonähtused – valkjad või nõrgalt vikerkaarevärvilised rõngad ümber Päikese või Kuu, valepäikesed (ebapäikesed), poolringid, kaared, valgussambad. Halod on tekkinud Päikeselt või Kuult tulnud valguskiirte murdumisest (värvilised) või peegeldumisest (valkjad) õhus hõljuvatel jääkristallidel.
- Tara e pärg – spektrivärvides ringid ümber Kuu, mis tekivad valguse paindumise e. difraktsiooni tagajärjel pilveelementides. Tara suurus on pöördvõrdeline pilveelementide (veepiisad, jääkristallid) suurusega. Seega, tara vähenemine viitab lähenevatele sademetele ja tara suurenemine tähendab sadude lakkamise võimalust.
- Irisatsioon – pilvede õhukeste servade vikerkaarevärvi helendus.

(võetud, kuid kohendatud: *PILVEDE TEKKIMINE JA TÜÜBID. Juhend meteoroloogiajaamadele. Ilmavaatluste osakond, 2005*).

HALOD



- Optiliste nähtuste grupp, mis tekib valguse ja jääkristallide vastastikmõjul.
- Iseloomulikud ülemise kihi pilvedele, eriti kiudkihtpilvedele
- Ülemise kihi pilvede jääkristallid murravad ja peegeldavad valgust, tekitades (värvilisi) halosid.
- Palju erinevaid halovorme, enamik haruldased

Halo näitab, et õhus on hulgaliselt jääkristalle.

Tartu, 26.10.2006 (seniidikaar)

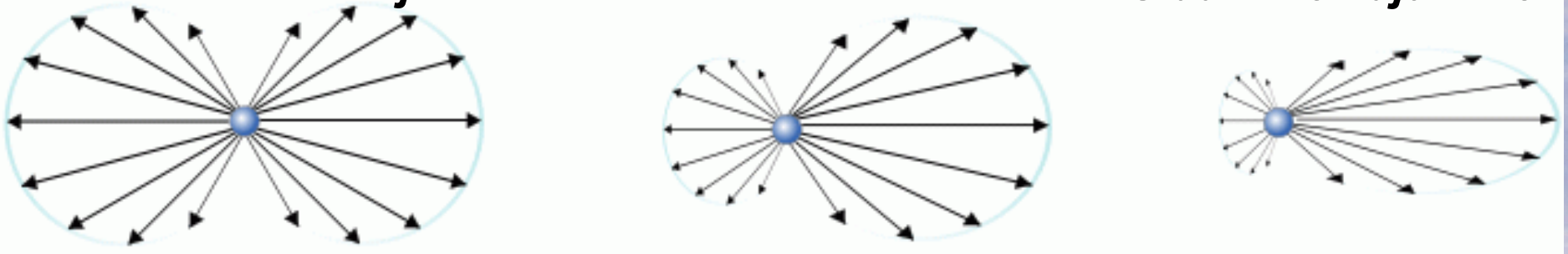
Sven-Erik Enno foto

Türi, 7.05.2011 (raadiushalod)

Molekulaarne ja sfääriline hajumine

- Molekulaarne ehk Rayleigh' hajumine: taevasina põhjuseks on valguse hajumine õhumolekulide kaootilisest liikumisest tingitud hõrenduste ja tihenduste ehk fluktuatsioonide (kõikumiste) tõttu – sellisel juhul hajuvad eelistatult lühemad lainepikkused.
- Sfääriline ehk Mie hajumine: kui hajutavad osakesed (mitmesugused heljuvas olekus tolmuosakesed ja veepiisakesed) on hajuva valguse lainepikkusega enam-vähem võrdsed (või ka suuremad), siis hajuvad kõik lainepikkused võrdsel määral.

Molekulaarne hajumine ***Sfääriline hajumine***



Molekulaarne hajumine

Tara kuuketta ümber 21.09.2013 öösel Laagris

KONDENSJÄLJED

- Tehispilved (teatud mööndustega)
- Tänapäevane eelistermin: joonpilved
- Lennukõrgusel 8–12 km õhutemperatuur tavaliselt -50 °C ringis
- Mootoritest paiskub välja kuum õhk koos kütuse põlemisel tekkinud veeauru ja tahmaosakestega.
- Mootoritest välja paiskunud kuuma õhu kiire jahtumine lennuki taga => veeauru sublimatsioon tahmaosakestele
- Mida niiskem ja külmem on lennukõrgusel õhk, seda püsivamad on kondensjäljed (joonpilved).

JOONPILVED

Kihtpilved (*Stratus*)

- Kihtpilved on madal, ühtlane ja enamasti läbipaistmatu pilvekiht, sageli uduna (siis võib päikese- või kuuketas olla ka nähtav), mõnikord räbaldunud servadega pilvetükkidena (kui udu või ühtlane pilvekiht hajub), samuti kihtsajupilvede all hatakpilvedena (*Nimbostratus pannus*) – pilvekihi all nähtavad kiiresti liikuvad pilvetükid.
- Kihtpilved tekivad õhu (kiirguslikul) jahtumisel aluspinna lähedal ja inversioonikihi all õhu korrapäratul ja keeriselisel liikumisel (turbulents) peaaegu küllastunud õhukihis (laussajuga seotud hatakpilved) või kihtrünkpilvedest.

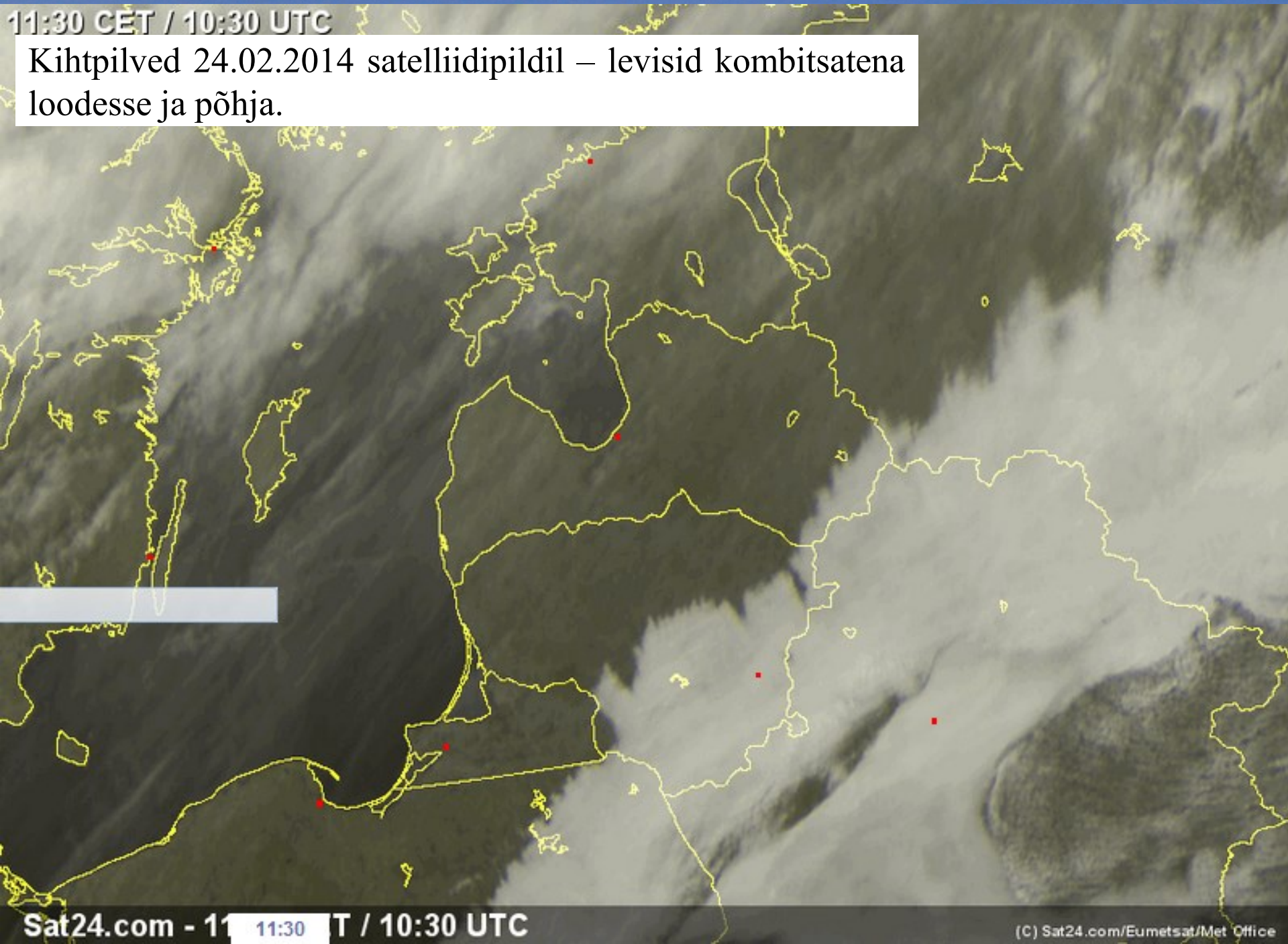
– TÄHENDUS ILMA ENNUSTAMISEL

- Stabiilse ilma pilved, mis ei viita usaldusväärsele ilmamuutusele. Ilm võib muutuda siis, kui kihtpilved kaovad.

Need kihtpilved tekkisid sooja õhumassi jahtumisel lumega kaetud maapinna kohal – advektsiooniudu (2008. a detsembris Männikul).

Need kihtpilved tekkisid sooja õhumassi jahtumisel külma veepinna kohal – advektsiooniudu (22.05.2016 Kuivastu-Virtsu trassil)

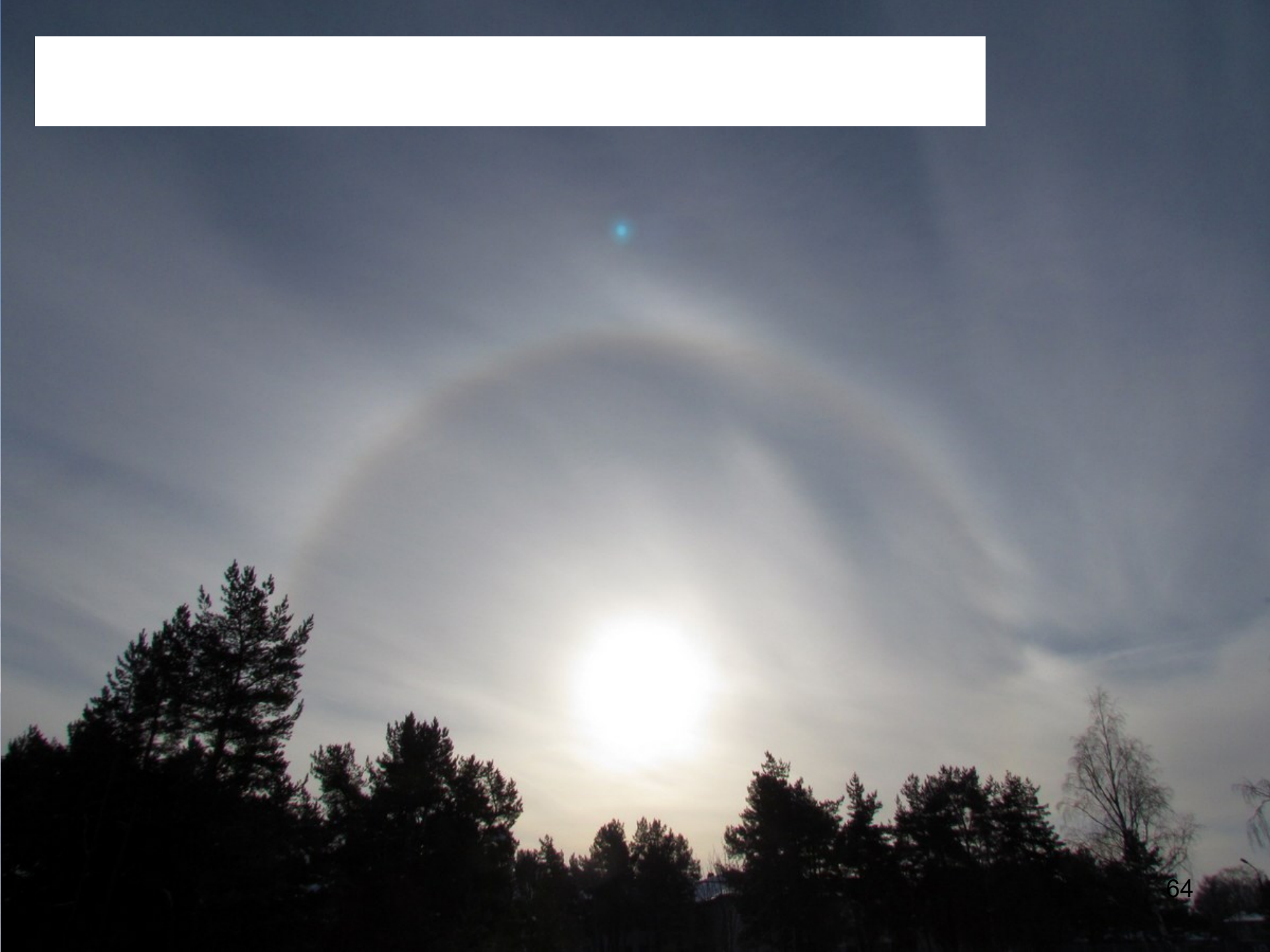
Kihtpilved 24.02.2014 satelliidipildil – levisid kombitsatena loodesse ja põhja.



Pilvede järgnevus

- Pilvede järgnevus tähendab pilveliikide vaheldumist, mis eelneb (harvemini järgneb) tsüklonile või soojale frondile, kusjuures vaheldumise järjekord allub teatud reeglitele.
- Pilvede järgnevus sõltub aastaajast ja sellest, kui kaugelt tsükloni kese möödub.
- Järgnevuse käivitumisele võib viidata kiudpilvede teke ja tihenemine, mis algab läänest, lõunatsükloni puhul ka edelast või lõunast.
- Kui siis maalähedane tuul puhub kiudpilvede liikumise suunaga nurga all või sellele vastu, on see üks kindlamaid tunnuseid, et järgnevus on algamas.
- Tavaliselt on järgnevus niisugune: *Cirrus* > *Cirrostratus* > *Altostratus* > *Nimbostratus* > *Stratus* > *Stratocumulus* > *Cumulus*. Talvisel ajal lõpeb järgnevus enamasti *Stratus*'e etapis.

Niitjad kiudkihtpilved (*Cirrostratus fibratus*) 24.06.2014 Tartus

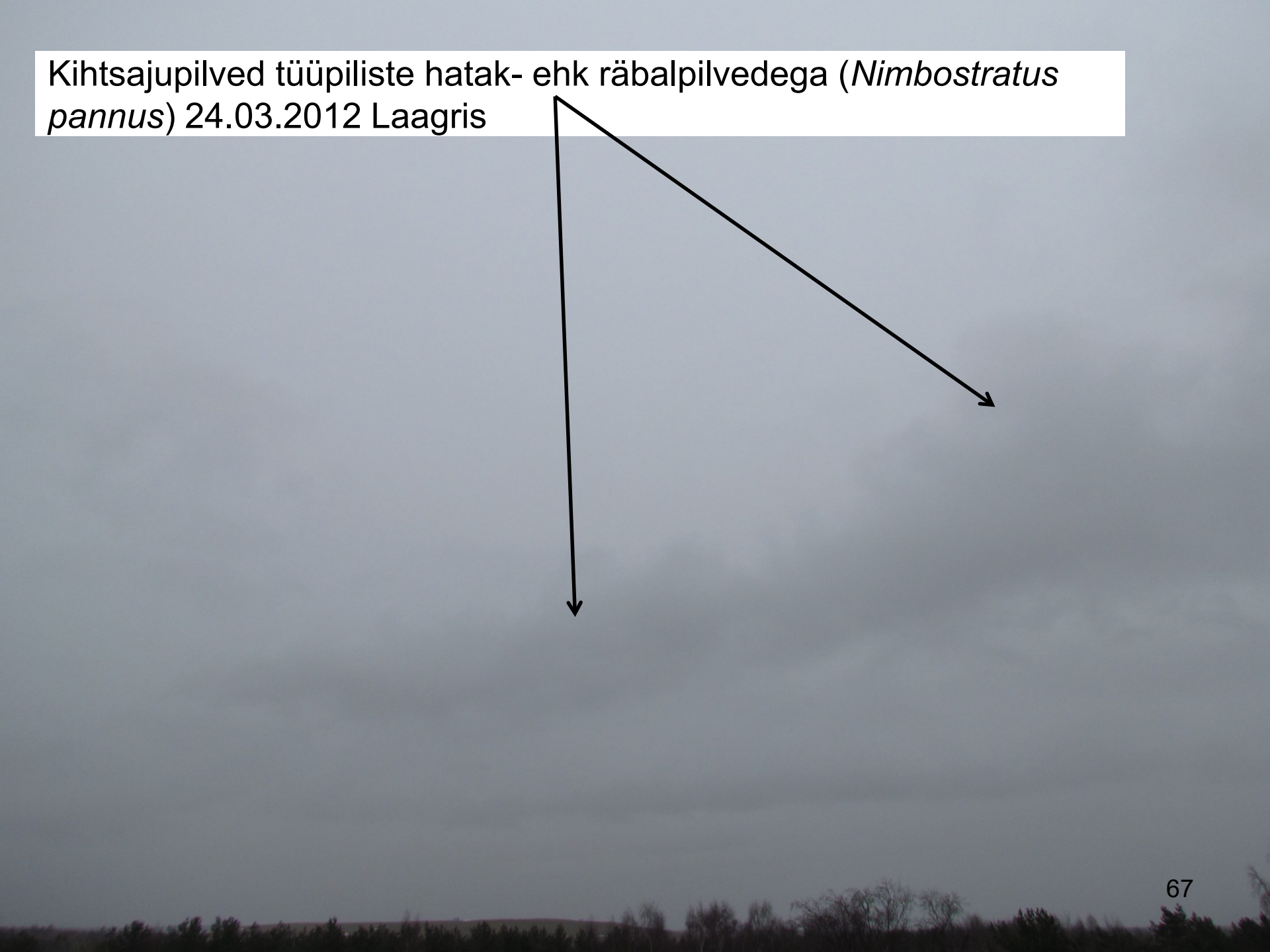


Mitmekihilised kiudkihtpilved (*Cirrostratus duplicatus*) kiudpilvede ja joonpilvedega; halosid pole või need on vähemärgatavad (9.09.2014 Laagris)

Ühtlased läbipaistvad kõrgkihtpilved (*Altostratus translucidus*) 11.04.2013 Tartus

Täisvarje ei teki!

Kihtsajupilved tüüpiliste hatak- ehk räbalpilvedega (*Nimbostratus pannus*) 24.03.2012 Laagris



Kinnise taevaga ühtlased ehk udujad kihtpilved (*Stratus nebulosus opacus*) 10.11.2010 Tartus

Tõenäoliselt konvektsiooni tagajärjel tekkinud kihtpilved (*Stratocumulus perlucidus cumulogenitus*) Lipa küla (Raikküla vald) kohal.
Foto: Marit Kivisild

Janek Pärn. Simuna, Lääne-Virumaa. Pilved, sadu ja valgus. 19.03.2017

SEGAPILVED I

SEGAPILVED II

kiudpilved

kiudkihtpilved

kihtpilved

SEGAPILVED III

helkivad ööpilved

kiudpilved

kiudkihtpilved

Mis liiki pilved?

Pilvede mitmekesisus on suur!

Pilvelabor: teeme ise pilve!

- Katse nimi on “Pilv pudelis” ja see on ülilihtne, aga küllaltki ilmekas, sest illustreerib veeauru, aerosooliosakeste ja jahtumisprotsessi vajalikkust pilvede tekkes.
- Katseks vajalikud asjad ja selle käik:
  - hankige elastsete seintega suletav pudel;
  - täitke pudeli põhi sooja veega (pool kuni paar cm);
  - sulgege pudel ja raputage, et õhk pudelis küllastuks veeaurust;
  - ajage pudelisse natuke suitsu nii, et silmaga vaadates tunduks õhk pudelis endiselt peaaegu täiesti läbipaistev;
  - sulgege ja suruge pudel kokku ja laske lahti ning tõenäoliselt näete ilmekalt pilve tekkimist ja kadumist.

Tulemus

Tulemus

- Pudeli kokkusurumisega saame muuta selles rõhku.
- Kokkusurudes rõhk ja seega temperatuur tõuseb (miks?), mistõttu üliväikesed veetilgad aurustavad väga ruttu – pilv kaob.
- Pudelit lahti lastes rõhk ja temperatuur langeb, nii et moodustavad veetilgad, mis vähendavad nähtavust – näeme pilve.
- See kõik toimub vaid kondensatsioonituumakeste (antud juhul suitsuosakeste) olemasolul.