

# Spektroskopia-tehtäviä

## Syksy 2019 tehtävä 11

11. Piperiinin eristys mustapippurista (20 p.)

Aineisto:

11.A Kuva: Piperiinin rakennekaava

11.B Teksti: Piperiinin eristyksen työvaiheet

Yksi syy mustapippurin pistävään makuun on sen sisältämä piperiini. Aineistoissa 11.A ja 11.B esitetään piperiinin rakennekaava ja kuvataan, miten piperiini voidaan eristää mustapippurista. Hyödynnä aineistoja vastatessasi tehtäviin 11.1.–11.2.

11.1. Kuvaile työvaiheiden 1–3 (aineisto 11.B) menetelmiä lyhyesti ja selitä, mitä kussakin vaiheessa kemiallisesti tapahtuu. Perustele vastauksesi piperiinin ja eri vaiheissa hyödynnettävien aineiden ominaisuuksilla. (12 p.)

11.2. Selitä, mitä vaiheessa 4 (aineisto 11.B) esitetyillä menetelmillä saadaan selville piperiinin puhtaudesta ja rakenteesta. (8 p.)

### 4. Piperiinin puhtauden määrittäminen ja rakenteen varmistaminen

Tuote analysoitiin ohutkerroskromatografialla. Lisäksi siitä mitattiin IR- ja NMR- spektrit sekä sulamispiste.

Lähde: "Isolation of piperine from black pepper" William W. Epstein, David F. Netz, Jimmy L. Seidel. Journal of Chemical Education, 1993, 70, 598. Muokkaus: YTL.

**Ratkaisu:**

**IR (max 3 p.)**

IR-spektroskopia perustuu molekyylin **sidosten/osien** värähdyksiin/venytyksiin, (1 p.)

esimerkiksi C=C, C-C, C-H, C=O, C-O, C-N-sidokset. (1 p.)

Aaltoluvut/spektrin asteikko selitetty (1 p.)

Spektristä voidaan tunnistaa funktionaalisia ryhmiä, (1 p.)

esimerkiksi amidiryhmä, eetteriryhmä, alkenyyliiryhmä (hyväksytään myös  
esimerkkeinä vastaavat yhdisteluokat) (1 p.)

Näytteen IR-spektriä verrataan puhtaan piperiinin/kirjallisuuden spektriin. (1 p.)

Epäpuhtaudet näkyvät ylimääräisinä piikkeinä (ei vaadita vertaamista). (1 p.)

**NMR (max 3 p.)**

NMR perustuu **atomiytimien** vuorovaikutukseen **radioaaltojen** kanssa  
voimakkaassa **magneettikentässä/magneetissa**. (1 p.)

Esimerkiksi  $^1\text{H}$  tai  $^{13}\text{C}$ -ytimet (yläindeksiä ei vaadita) (1 p.)

Spektristä nähdään/voidaan määrittää H-atomien/C-atomien (suhteellinen)  
lukumäärä (1 p.)

ja se, millaisessa ympäristössä/millainen kemiallinen siirtymä näillä on  
(voi olla myös esimerkkinä). (1 p.)

Näytteen NMR-spektriä verrataan puhtaan piperiinin/kirjallisuuden spektriin. (1 p.)

Epäpuhtaudet näkyvät ylimääräisinä piikkeinä. (1 p.)

Epäpuhtauksien määrä voidaan määrittää spektristä. (1 p.)

## Syksy 2020 tehtävä 9

### 9. Kasvihuonekaasut ja IR-spektroskopia 20 p.

#### Aineisto

- 9. A Kuva: Kaasuseoksen IR-spektri
- 9. B Teksti: IR-spektroskopia
- 9. C Kuvat: Ilmakehän kaasujen IR-spektrejä
- 9. D Teksti: Kasvihuoneilmiö
- 9. E Kuva ja teksti: Kasvihuonekaasujen tunnistus
- 9. F Kuva ja teksti: Marsin kaasukehän koostumus

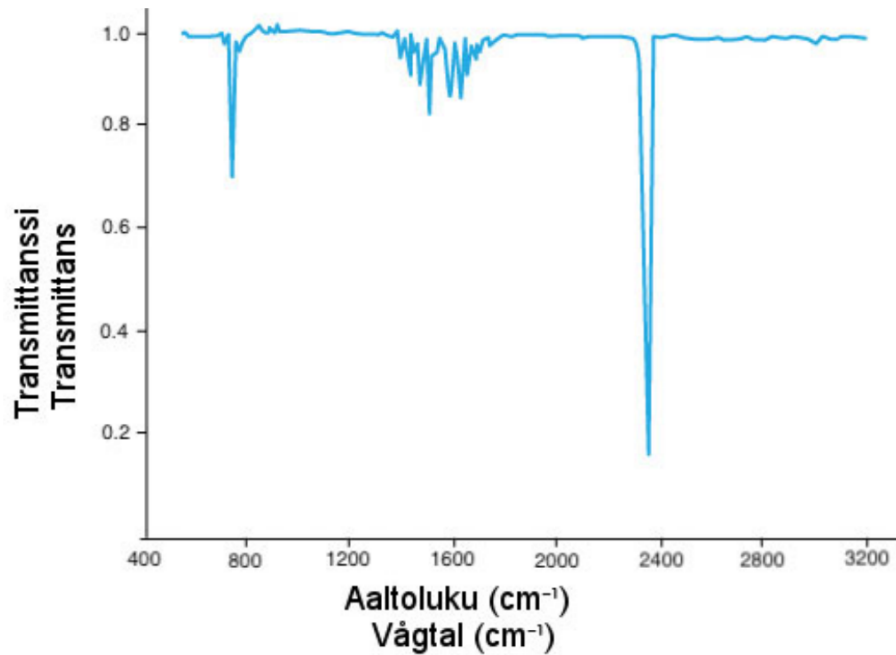
9.1. Joidenkin kasvihuonekaasujen pitoisuus on noussut ihmisten toiminnan vaikutuksesta, mikä on voimistanut kasvihuoneilmiötä. Anna kaksi esimerkkiä kasvihuonekaasuista, joiden pitoisuus Maan ilmakehässä on lisääntynyt ihmisen toiminnan vuoksi. Mistä nämä kaasut ovat peräisin, ja miten ne ovat päätyneet ilmakehään? **6 p.**

9.2. Aineistossa 9. A on kaasuseoksen IR-spektri. Päätele aineistojen 9. B ja 9. C avulla, mitä kahta kaasua seoksessa on. Perustele vastauksesi. **5 p.**

9.3. Tutustu aineistoihin 9. D ja 9. E. Mitkä ovat aineiston 9. E kuvaajien mukaan kolme voimakkaimmin Maan kasvihuoneilmiöön vaikuttavaa kaasua? Perustele vastauksesi. **6 p.**

9.4. Aineisto 9. F on Mars Global Surveyor -luotaimen mittauksiin perustuva kuvaaja, joka kuvaa Marsin avaruuteen luovuttamaa säteilyä. Päätele aineistojen 9. C ja 9. E avulla, mistä Marsin kaasukehä pääasiassa koostuu. Perustele vastauksesi. **3 p.**

## 9. A Kuva: Kaasuseoksen IR-spektri



Lähde: CHROMacademy. <https://www.chromacademy.com/lms/sco534/01-infrared-spectral-quality.html>. Viitattu: 14.6.2019. Muokkaus: YTL.

## 9. B Teksti: IR-spektroskopia

Infrapunaspektroskopiaa (IR-spektroskopia) käytetään esimerkiksi molekyyliyhdisteiden rakenteen tutkimukseen. Menetelmä perustuu siihen, että yhdisteiden erilaiset sidokset absorboivat infrapunasäteilyä niille ominaisilla aallonpituuksilla. Absorptio johtuu pääasiassa tutkittavan yhdisteen molekyyleissä olevien kovalenttisten sidosten vastaanottamasta säteilyenergiasta, joka saa ne värähtelemään.

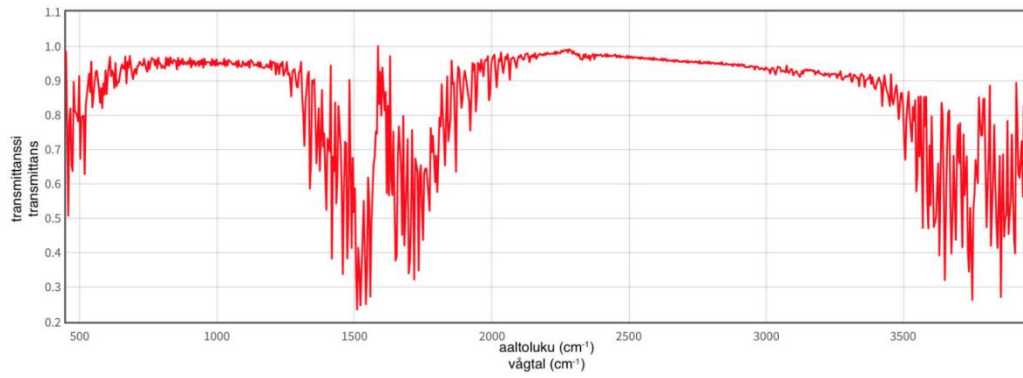
Kullakin yhdisteellä on sille ominainen infrapunaspektri, jota voidaan hyödyntää yhdisteen tunnistamisessa. Ilmakehän jalokaasua argonia ja pääkaasuja eli kaksiatomisia typpi- ja happimolekyyliä ei havaita IR-spektrissä. Sen sijaan kaasumolekyylit, jotka sisältävät useita alkuaineita tai enemmän kuin kaksi atomia, voidaan yleensä tunnistaa IR-spektrin avulla.

IR-spektrin y-akselin suureena oleva **transmittanssi** eli läpäisysuhde on tutkittavan näytteen lävitse kulkeneen säteilyn ja näytteeseen tulleen säteilyn voimakkuuksien suhde. **Aaltolukuyksikkö (cm<sup>-1</sup>)** on säteilyn aallonpituuden käänteisluku.

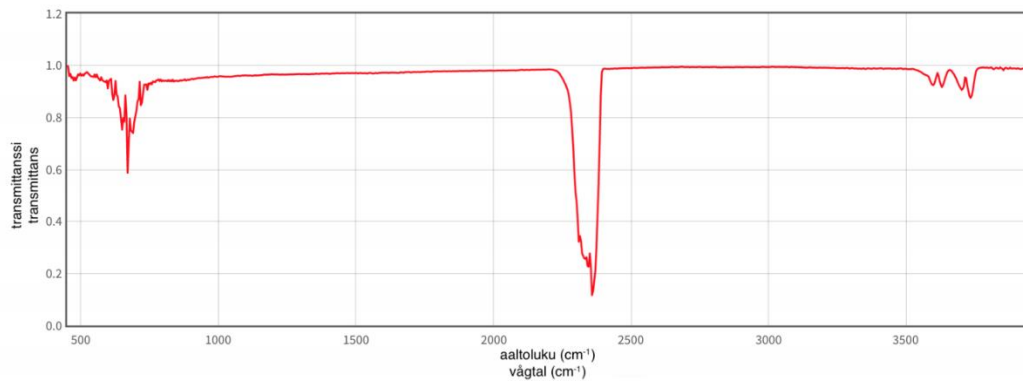
Lähde: Opetushallitus. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat\\_5-4\\_infrapunaspektrometria.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_5-4_infrapunaspektrometria.html). Viitattu: 14.6.2019. Muokkaus: YTL.

## 9. C Kuvat: Ilmakehän kaasujen IR-spektrejä

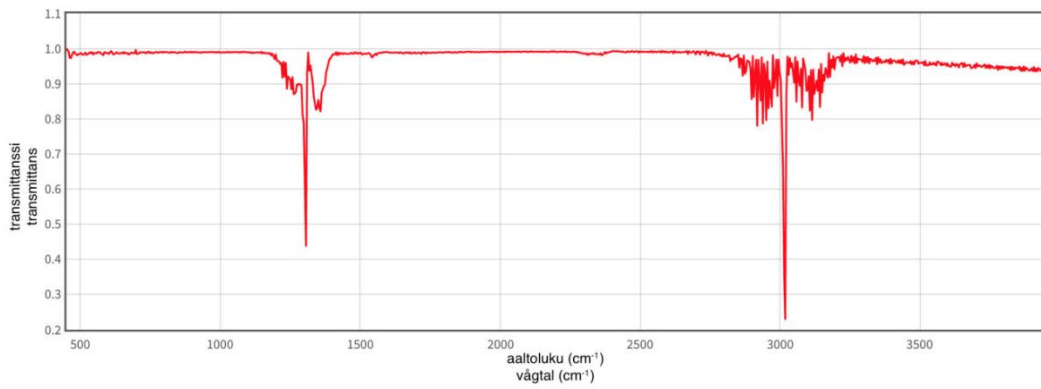
Vesi



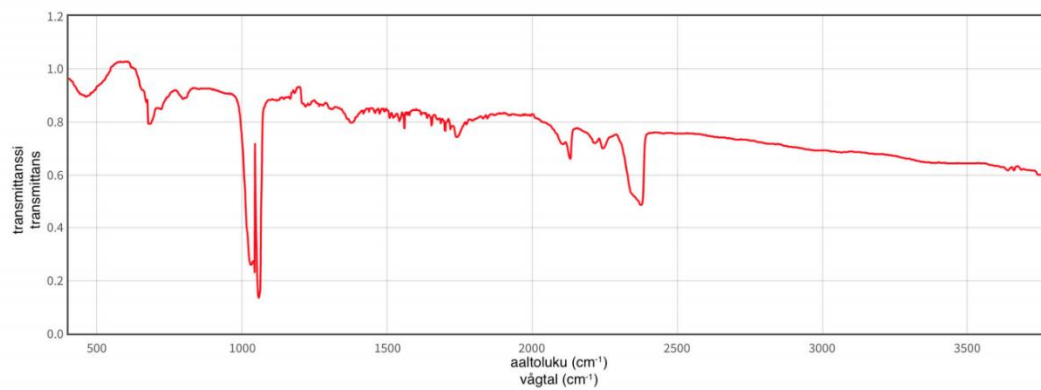
Hiilidioksidi



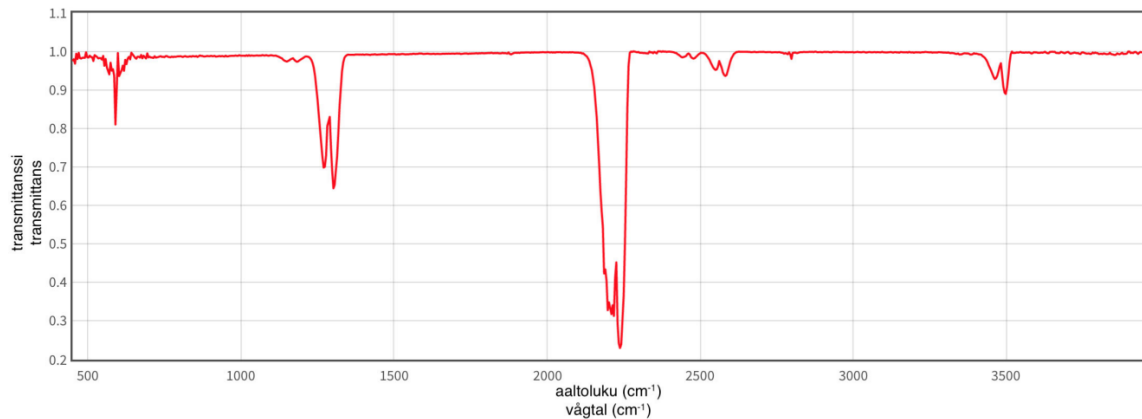
Metaani



Otsoni



## Dityppioksidi



Lähde: The NIST Chemistry WebBook. <https://webbook.nist.gov/>. Viitattu: 2.8.2019. Muokkaus: YTL.

## 9. D Teksti: Kasvihuoneilmiö

Maahan tulevan ja siitä lähtevän säteilyn energian välillä vallitsee tasapaino. Osa Maahan tulevasta Auringon säteilystä heijastuu suoraan pilvistä, ilmakehästä sekä pääosin veden peittämästä Maan pinnasta takaisin avaruuteen. Kuitenkin noin puolet maahan tulevasta Auringon säteilyn energiasta absorboituu Maan pintaan ja noin viidennes pilviin ja ilmakehään.

Auringon säteilyn lämmittämä Maan pinta ja ilmakehä säteilevät avaruuteen puolestaan pääasiassa infrapunasäteilyä. Ilmakehän kasvihuonekaasut kuitenkin absorboivat huomattavan osan Maan pinnan säteilystä ja luovuttavat osan siitä takaisin ilmakehän alempiin kerroksiin sekä Maan pinnalle. Tämä lämmittää ilmakehän alimpia osia ja Maan pintaa. Ilmiötä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi.

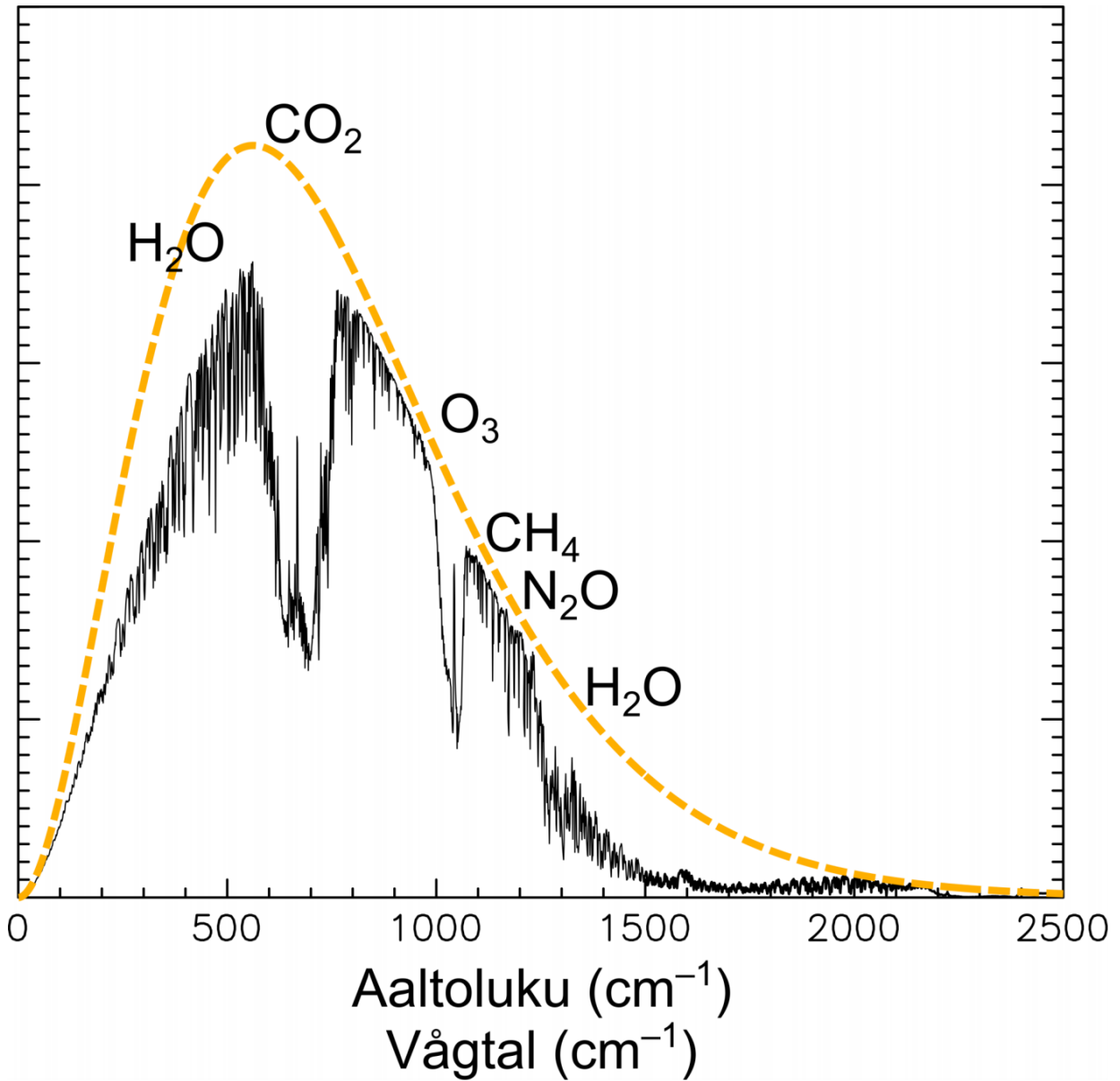
Maan ja muiden kaasukehällisten planeettojen avaruuteen säteilemän infrapunasäteilyn spektristä voidaan tunnistaa kaasukehän infrapunasäteilyä absorboivat kasvihuonekaasut. Kasvihuonekaasujen vaikutusta mallinnettaessa verrataan planeetan pinnalta ja kaasukehästä avaruuteen lähtevän säteilyn spektriä teoreettiseen ideaalispektriin. Ideaalispektri kuvaa tilannetta, jossa kaasukehää ei ole ja jossa auringon lämmittämä pinta säteilisi infrapunasäteilyn suoraan avaruuteen.

Lähde: YTL.

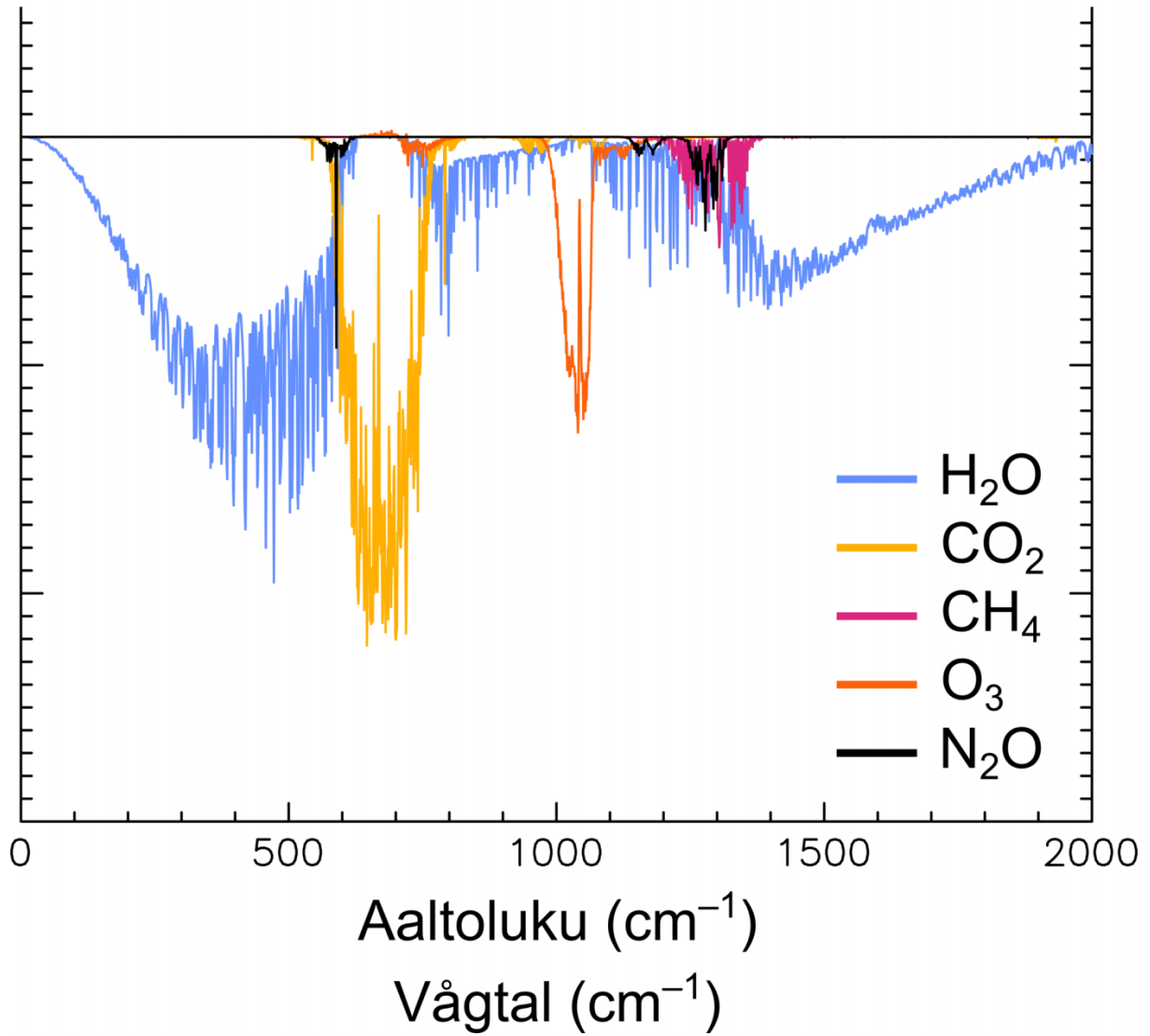
## 9. E Kuva ja teksti: Kasvihuonekaasujen tunnistus

Kuvassa I on esitetty Maan avaruuteen luovuttama energia kullakin IR-säteilyn aaltoluvulla. Keltainen katkoviiva on ideaalispektri ja kuvaa tilannetta, jossa Maalla ei olisi ilmakehää. Musta yhtenäinen viiva kuvaa tilannetta, jossa kasvihuonekaasut absorboivat Maan pinnan lähettämää säteilyä.

Kuva I.



Kuvassa II on esitetty, kuinka paljon eri kasvihuonekaasut imevät itseensä eli absorboivat Maasta avaruuteen säteilevää IR-säteilyä. Kuvan II spektri saadaan, kun kuvan I mustalla viivalla kuvatusta spektristä vähennetään teoreettinen ideaalispektri.

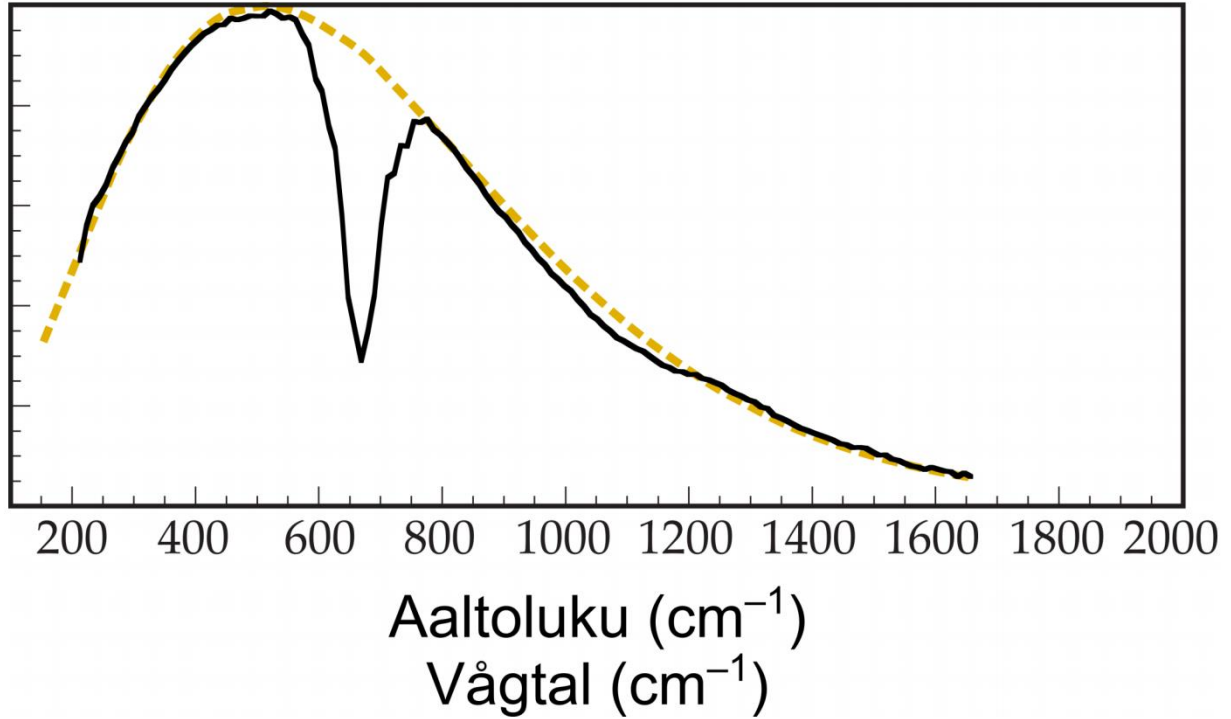


Lähde: The International DOI Foundation. <https://doi.org/10.1002/wea.2072>. Viitattu: 14.6.2019. Muokkaus: YTL.



## 9. F Kuva ja teksti: Marsin kaasukehän koostumus

Mars Global Surveyor -luotaimen mittauksiin perustuva musta yhtenäinen viiva esittää Marsin avaruuteen luovuttamaa säteilyenergiaa säteilyn eri aaltoluviilla. Keltainen katkoviiva kuvaa ideaalispektriä eli Marsin säteilyä avaruuteen tilanteessa, jossa Marsilla ei olisi kaasukehää.



Lähde: Physics Today 64, 1, 33. <https://doi.org/10.1063/1.3541943>. Julkaistu: 2011. Viitattu: 8.8.2019. Muokkaus: YTL.

**9.1. (6 p.)**

<b>Kasvihuonekaasu (2 p.)</b>	<b>Mistä ne ovat peräisin? (2 p.)</b>	<b>Miten niitä pääsee ilmaan? (2 p.)</b>
Hiilidioksidi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa ja liikenteessä</li><li>• Metsien häviäminen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Polttoaineet ovat hiilivetyjä, joista syntyy poltettaessa hiilidioksidia ja vettä.</li><li>• Metsien hävitessä niissä ollut hiili vapautuu hiilidioksidina eikä enää sitoudu uudelleen.</li></ul>
Metaani	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eloperäisen jätteen hajoaminen</li><li>• Riisipellot</li><li>• Märehtijöiden ruoansulatus</li><li>• Kaatopaikat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kun eloperäiset hiilivetyt hajoavat hapettomissa oloissa (esim. kaatopaikalla tai riisipelloilla), syntyy metaania.</li><li>• Metaania syntyy, kun märehtijöiden ruoansulatus hajottaa ravinnoksi nautittua selluloosaa ja muita hiilivetyjä.</li></ul>
Dityppioksidi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Maatalouden typpilannoitteet</li><li>• Liikenteen ja energiantuotannon päästöt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Typpilannoitteiden hajoessa muodostuu dityppioksidia.</li><li>• Typen oksideja voi muodostua ilman tyyppistä ja hapesta, jos palaminen</li></ul>

Kasvihuonekaasu (2 p.)	Mistä ne ovat peräisin? (2 p.)	Miten niitä pääsee ilma-keuhään? (2 p.)
		tapahtuu korkeissa lämpötiloissa.
(Alailmakehän) otsoni	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liikenteen ja energiantuotannon päästöt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Palamisessa syntyvät epäpuhtaudet (esim. typen oksidit, hiilimonoksidi ja hiilivedyt) reagoivat ilman hapen kanssa muodostaen otsonia.</li> </ul>
Halogenoidut hiilivedyt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teollisuudessa ja teollisuustuotteissa niitä käytetään esim. liuottimina, ponnekaasuina sekä kylmäaineina kylmälaitteissa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Halogenoituja hiilivetyjä haihtuu tai vapautuu ilmaan teollisista prosesseista</li> <li>vapautuu ilmakeuhään ponnekaasua käytettäessä</li> <li>vuotaa ilmakeuhään kylmälaitteiden rikkoutessa.</li> </ul>

## 9.2. (5 p.)

Näytteessä on hiilidioksidia ja vettä. (2 p.)

Hiilidioksidi on tunnistettavissa vahvasta absorptiosta esimerkiksi aaltolukualueella  $2\ 300\text{ cm}^{-1}$ – $2\ 400\text{ cm}^{-1}$  sekä  $600\text{ cm}^{-1}$ – $700\text{ cm}^{-1}$ . Vesi puolestaan on havaittavissa useana piikinä aaltolukualueella  $1\ 400\text{ cm}^{-1}$ – $1\ 800\text{ cm}^{-1}$ . (3 p.)

### 9.3. (6 p.)

Ilmakehän voimakkaimmat kasvihuonekaasut ovat aineiston perusteella vesihöyry, hiilidioksidi ja otsoni. (2 p.)

Kasvihuoneilmion syntyyn vaikuttavat voimakkaimmin kaasut, jotka absorboivat kokonaisuudessaan eniten maan pinnasta avaruuteen emittoituvaa energiaa. Kuvaajien mukaan

kaasuista vesihöyry absorboi eniten maan pinnasta avaruuteen emittoituvaa energiaa aaltolukualueilla  $200\text{ cm}^{-1}$ – $600\text{ cm}^{-1}$  ja  $1\ 400\text{ cm}^{-1}$ – $1\ 800\text{ cm}^{-1}$ . Hiilidioksidi absorboi puolestaan suuren määrän energiaa aaltolukualueella  $600\text{ cm}^{-1}$ – $750\text{ cm}^{-1}$ . Otsoni absorboi kolmanneksi eniten energiaa lähinnä aaltolukualueella  $1\ 000\text{ cm}^{-1}$ – $1\ 100\text{ cm}^{-1}$ . (4 p.)

(Huom! Kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta arvioitaessa on myös huomattava, että kaasujen viipymäajat ilmakehässä ovat hyvin erilaisia – esimerkiksi hiilidioksidi on hyvin pitkäikäinen. Toiseksi kaasujen konsentraatiot ilmakehässä eivät ole toisistaan riippumattomia. Esimerkiksi vesihöyryn määrä lisääntyy, kun ilmakehä lämpenee. Kolmanneksi kaasujen vaikutus riippuu myös siitä, missä ilmakehän osissa ne ovat. Näitä tarkasteluja ei arvioida tässä tehtävässä.)

### 9.4. (3 p.)

Marsin ilmakehä koostuu pääosin hiilidioksidista. (1 p.)

Kuvaajasta nähdään, että ilmakehä absorboi energiaa lähinnä aaltolukualueella  $600\text{ cm}^{-1}$  –  $750\text{ cm}^{-1}$ , mikä on aineistojen 9. C ja 9. E kuvaajien mukaan tyypillistä hiilidioksidille. (2 p.)