



Keemiline kommunikatsioon

käitumist mõjutavad lõhnasignaalid

Randel Kreitsberg

Keemiline ökoloogia

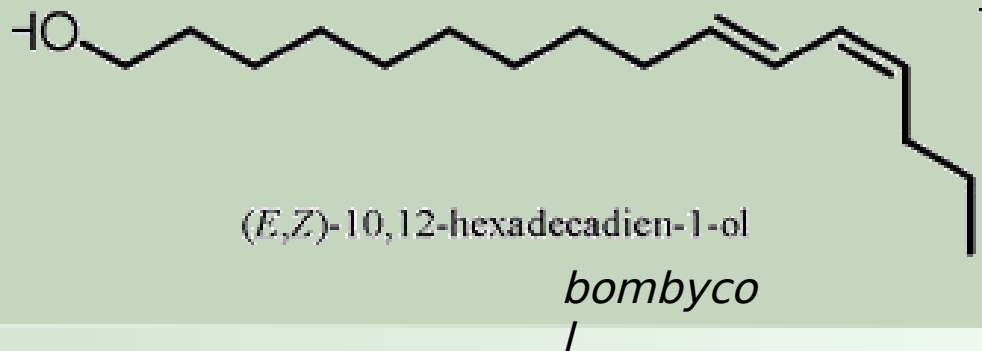
- Suhteliselt uus interdistsiplinaarne uurimisvaldkond (40 aastat vana)
- püüd võidelda taimekahjuritega
- olfaktoorse signaalid ehk lõhnasignaalid – lenduvad keemilised ühendid, mis on organismide poolt tajutavad lõhnana (või ka mitte lõhnana), olfaktoorse organi poolt.

Kõik hulkraksed organismid on seotud nende käitumist mõjutavate mitmesuguste olfaktoorseste signaalidega.

***Praktikas kasutusel:
toitumis-, arengu-,
pesitsemis-,
paaritumiskäitumise ja
kiska-saakloom suhte
juures***



Ajalugu



- Adolf Butenandt (Nobeli laureaat 1939) identifitseeris 1959. aastal siidiliblikaid uurides emasele liblikale seksuaalselt mõjuva atraktandi ehk siis suguferomooni.
- 1959- keemilise ökoloogia sünniaastaks.
- 60ndad-70ndad - gaas-kromatograafia ja mass-spektromeetria - sai võimalikuks väikeste lenduvate osakeste mõõtmine. Ka elektrofüsioloogilised mõõtmised.
- 1975 - alustas ilmumist *Journal of Chemical Ecology*
- 1984 - *International Society of Chemical Ecology*

Signaaliülekanne süsteem

- Signaalisüsteem koosneb:
 - signaali saatjast,
 - signaalist endast
 - vastuvõtjast
 - keskkonnast (õhk, vesi).
- On hädavajalik, et saatja-vastuvõtja on signaaliga töötades „samal lainel” -evolutsiooni tulemus.
- Signaali võib looduses toetada teiste meelte kaudu saadav info: visuaalne, akustiline jm.

Signaaliülekande süsteem

Sender



Female

Message



Medium

Receiver

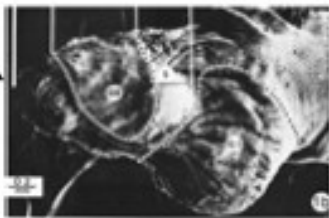
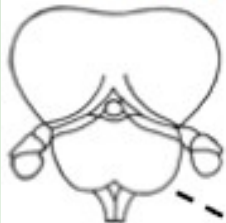


Male

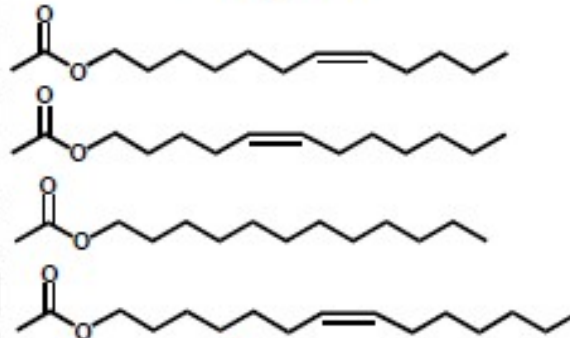
Source-transmitter


Signal

Responder



CNS Gland(s)



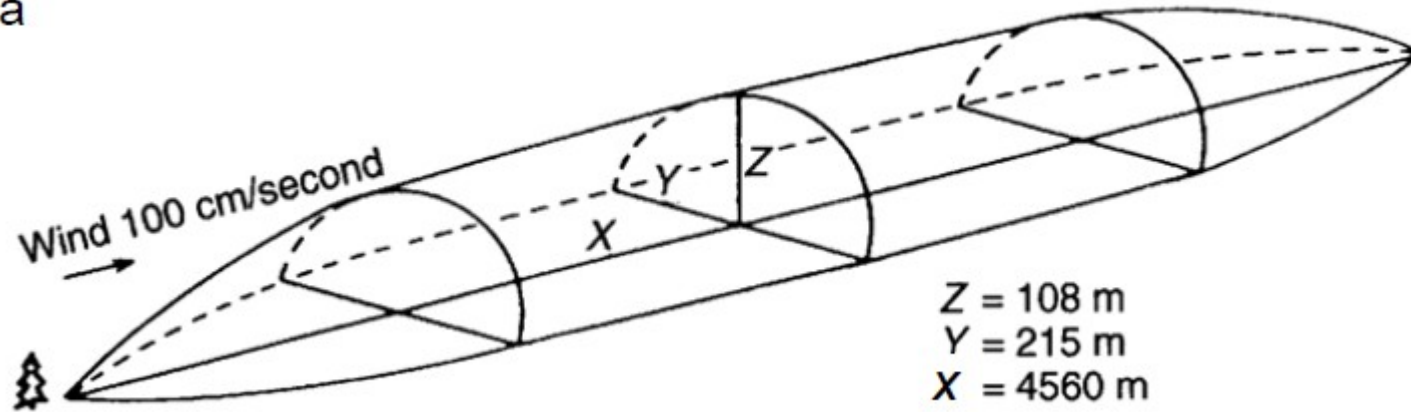
Noise  Chemical(s)



Receptors CNS

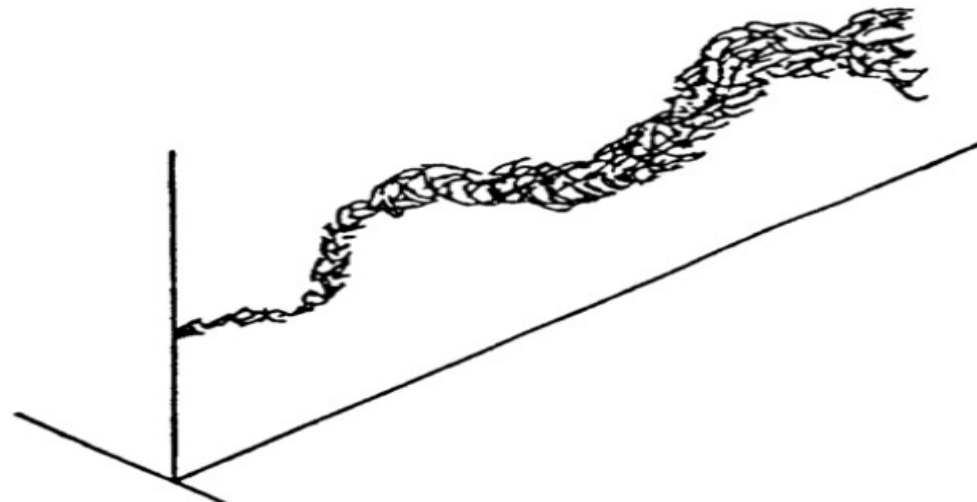
Signaali levik

a



- **Bossert ja Wilson, 1963**
- **Murlis et al., 1992.**

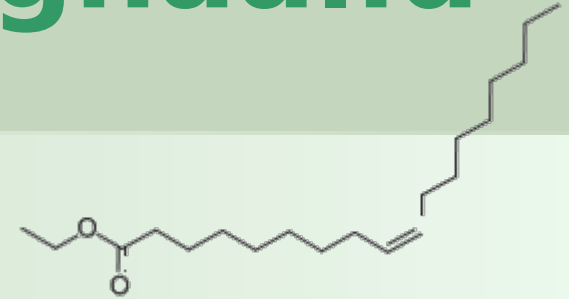
b



Olfaktoorsed signaalid

- levinuimateks ühenditeks on:

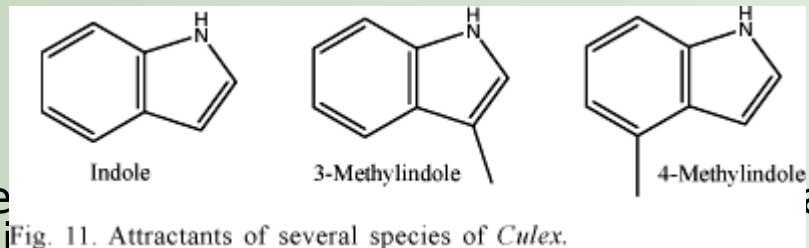
- rasvhappe derivaadid,



ethyl oleate - mesilased

- terpenoidid ehk isoprenoidid – eukalüpt, mentool, kaneel, kanep, kollased lilled

- aromaatsed ühendid.



- Sage liigisis...

artneri leidmisel

Olfaktoorsed signaalid

- Semiokemikaal – signaali kandev kemikaal (semeon – signaal Kr. k).
- 40 uurimisaasta jooksul on teada saadud: keemiliste signaalide koostis, signaalide käitumuslik efekt, retseptorite ehitus ja töötamine, praktiline kasu inimese jaoks; on välja töötatud mitmeid analüüsimeetodeid; on teada üht-teist nende biosünteesist ja geneetikast, signaali ökoloogilisest ja evolutsioonilisest rollist.

Analüüsimeetodid

- GC-MS (gaas-kromatograaf mass-spektromeeter) – üks enim kasutust leidev analüüsimeetod. Ka õhukese kihi kromatograafia (TLC).
- EOG – elektroolfaktogramm – elektriimpulsi mõõtmine retseptorrakult.
- EAG – elektroantennogram – elektriimpulsi mõõtmine putuka tundlalt.
- Kasulik tööriist on ka teadlase tundlik nina!

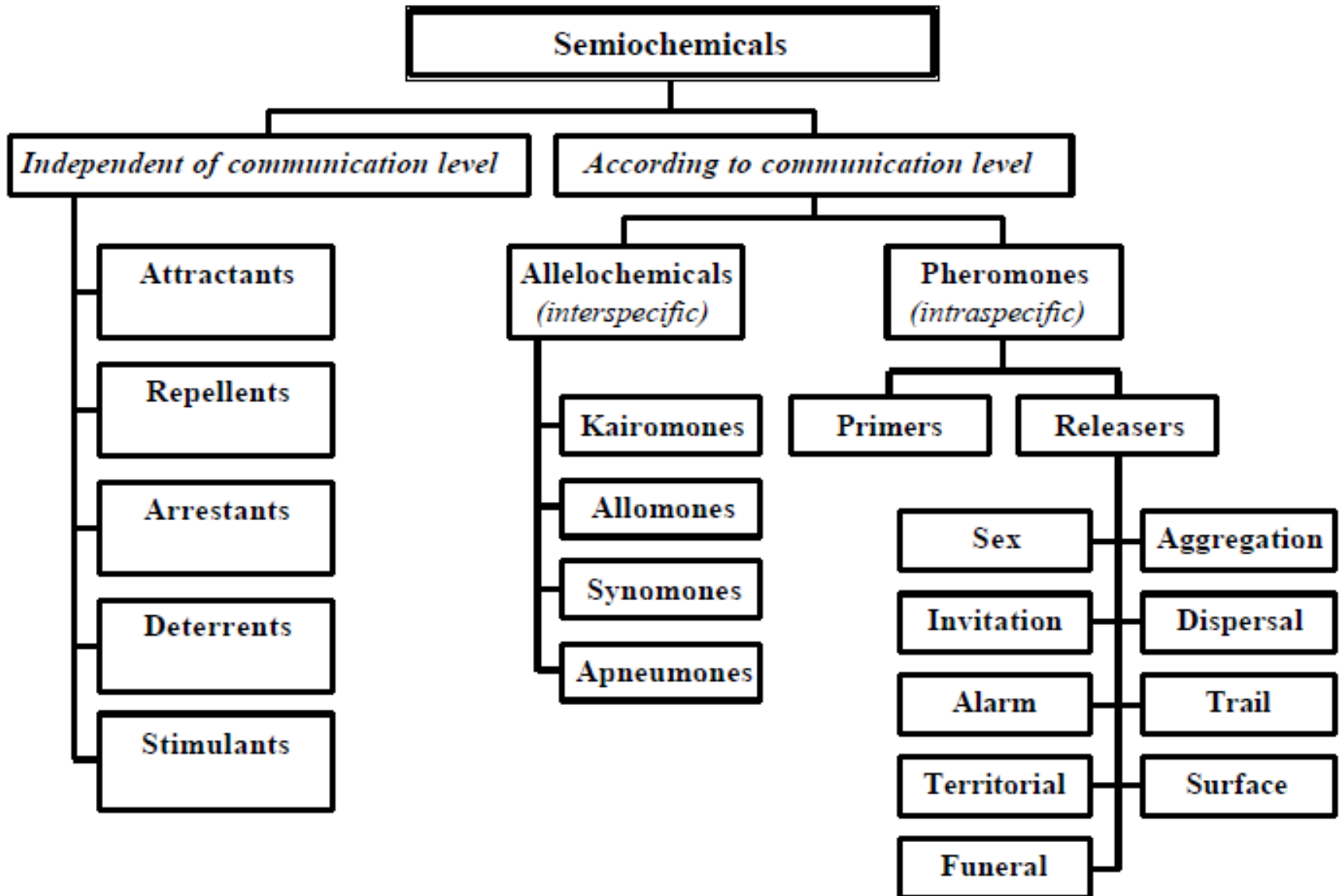
Klassikaline uurimise järjekord:

1. katsele eelnevad käitumise vaatlused – materjali filmimine looduslähedastes tingimustes
2. proovide kogumine – lenduva keemilise materjali kogumine objektilt
3. lahutamine – komplekssete ühendite lahutamine fraktsioonideks (nt kromatograafi abil)
4. identifitseerimine – käitumist mõjutavate komponentide leidmine (GC-MS). Vajab võrdlusmaterjali. Veendumaks õigete komponentide ära tundmises, võib lisada käitmistestid.
5. käitumiskatsed – parimal juhul nii laboris kui looduses.

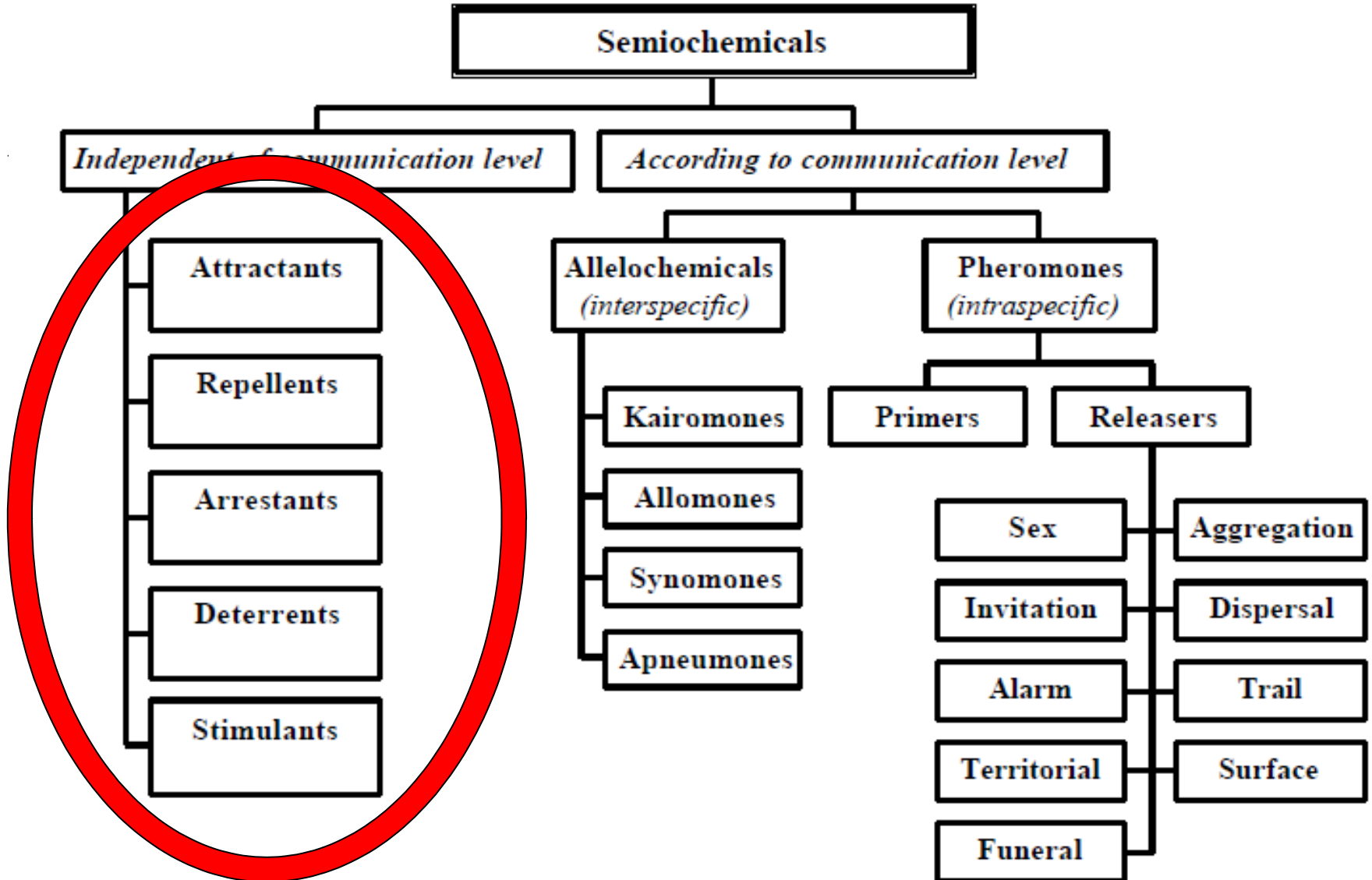
Keemilise kommunikatsiooni eelised

- Liiguvad maastikul ilma, et peegelduks objektidelt, nii et saatja saab ise jääda varjatuks
- Neid saab kasutada pimedas
- Mittelenduvad kemikaalid on suhteliselt kauapüsivad (nt kodumarkerid)
- Lenduvad signaalkemikaalid katavad pikki vahemaid
- Suhtlemist saab kalibreerida väga kitsale ja intiimsele tasemele (kui signaali vastuvõtja on häälestatud väga spetsiifilise kemikaali tajumisele)
- MIINUSED:
 - Tootmine on kulukas
 - Levivad aeglaselt

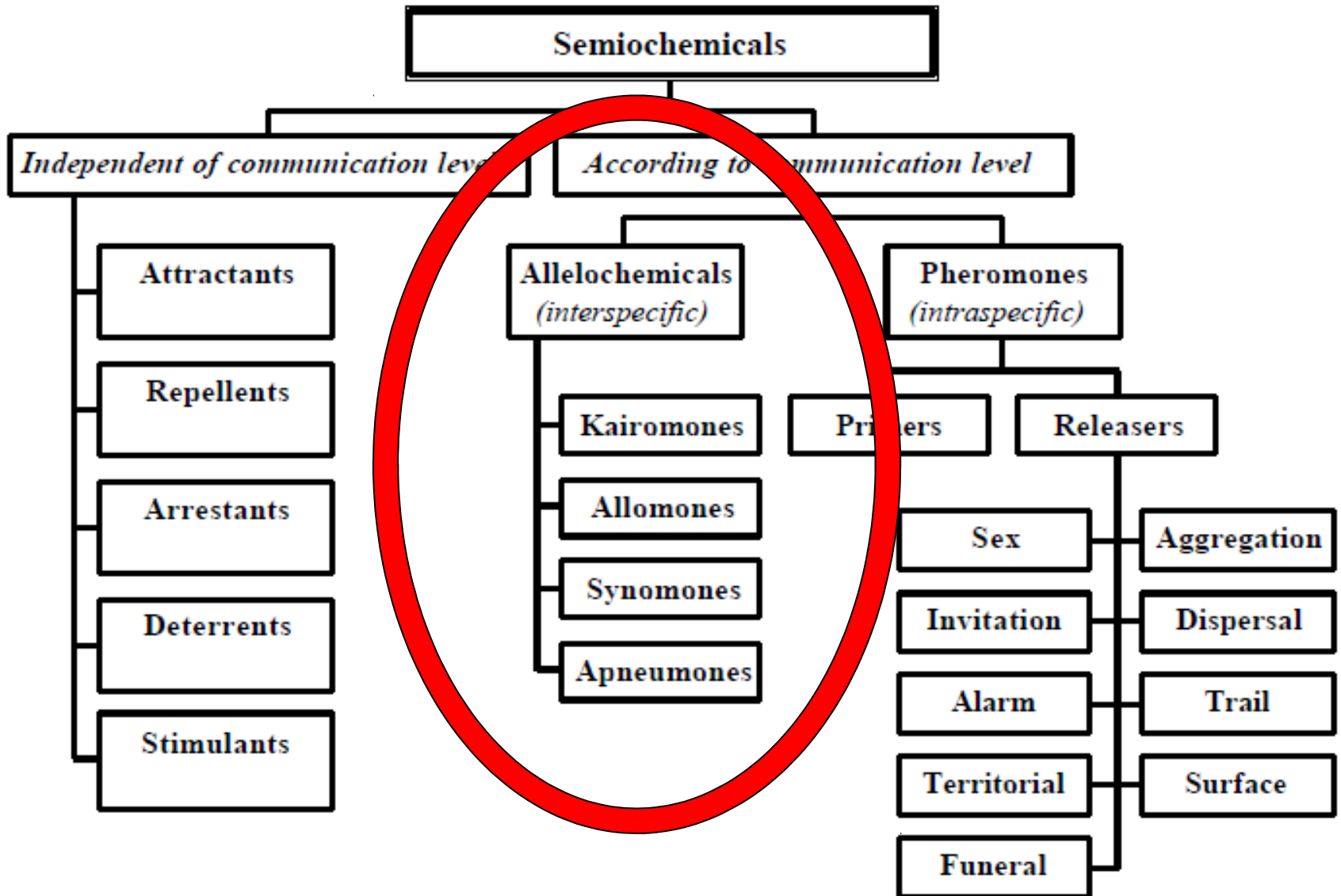
Terminid



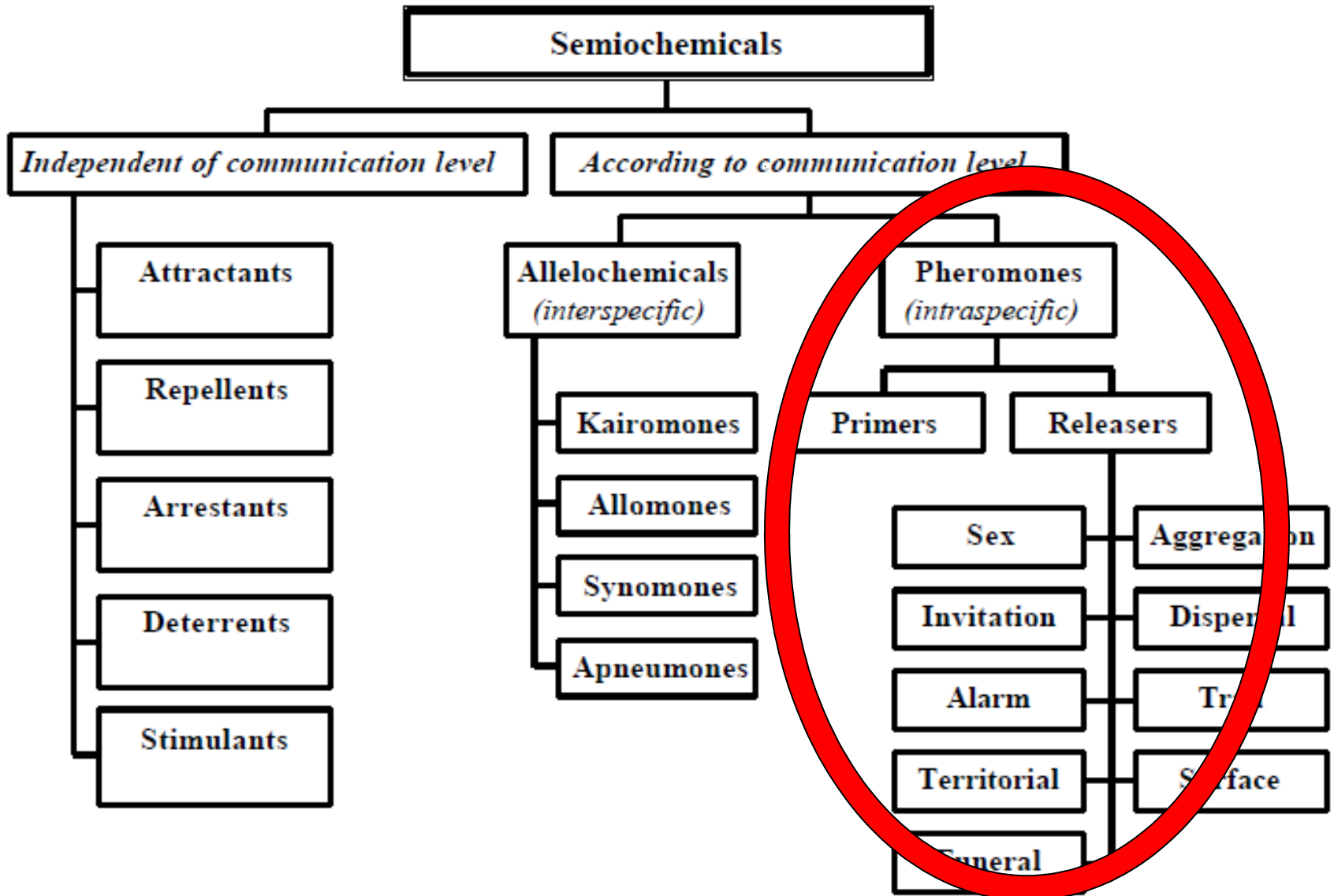
Terminid



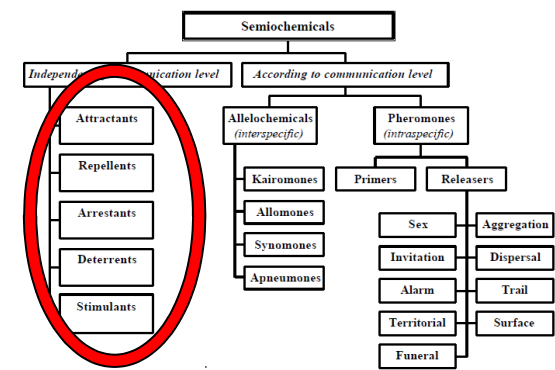
Terminid



Terminid

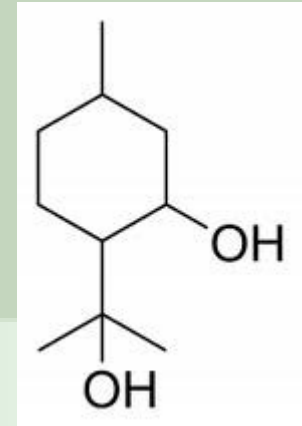


Terminid



- Atraktant – vastuvõtja (nt putukas) liigub signaali saatja suunas
- Repellent – vastuvõtja liigub signaali allikast eemale
- Arrestant – põhjustab agregatsiooni, kogunemist
- Deterrent – vähendab vastuvõtja toitumist, munemist
- Stimulant – kutsub esile toitumist, paaritumist või munemist

Näiteid:



- Sääse **repellent**:
 - PMD ehk p-methane-3,8-diol (eukalüpti õlidest valmistatud)
 - **atraktandiks** CO₂, kehasoojus
- Kuusenoorendike kaitse põtrade

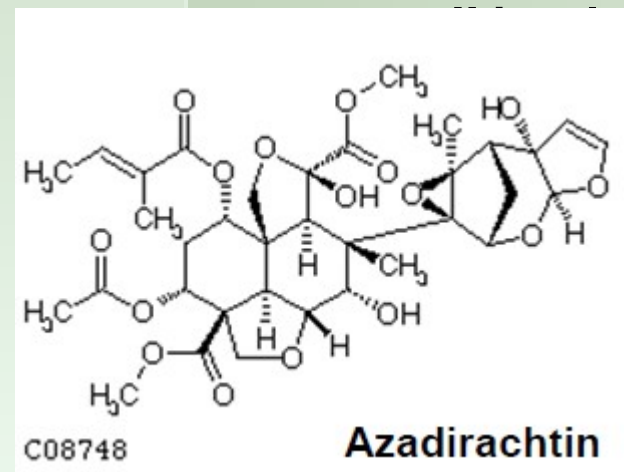


Näiteid:



- Tõruvähkidel (Balanus sp) **arrestantidena** glükoproteiinid
- Toitumist vähendavad **deterrendid:**

enduvad – putuka



Näiteid:

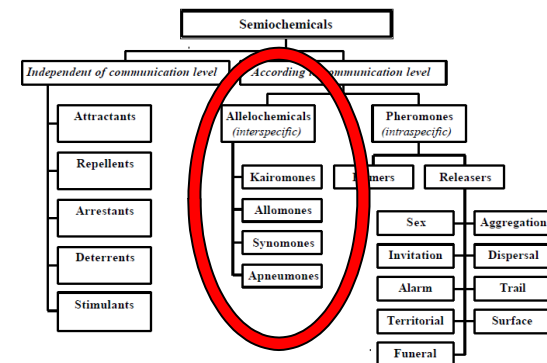
- **Stimulandid** kutsuvad esile toitumist, paaritumist või munemist:

- Nt fagostimulandid (toitumise)
- maitsetugevdaja naatriumglutamaat ?

- methyl propyl disulfide - *Delia antiqua* (sibulakärbes)



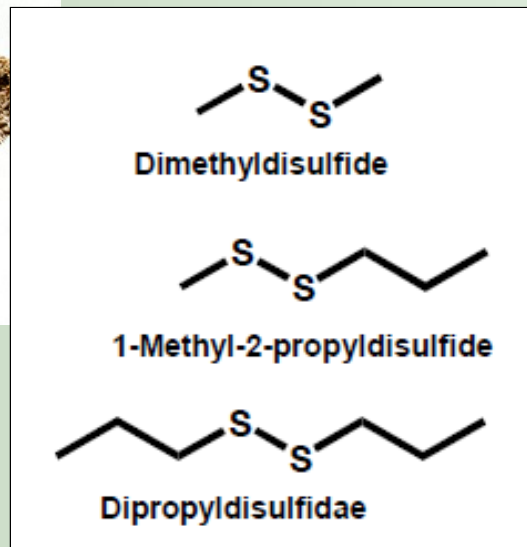
Allelokemikaalid



- vahendavad informatsiooni erinevate liikide vahel (liikidevaheline kommunikatsioon)
 - allelon (kr.k) - üksteist
- Jagunevad sõltuvalt sellest, kes kasu saab signaalist:
 - **Kairomoonid** – signaali vastuvõtja saab kasu
 - **Allomoonid** – signaali saatja saab kasu
 - **Sünamoonid** – mõlemad saavad kasu
 - **Apneumoonid** – signaal pärineb eluta objektilt

Näiteid:

- *Plutella xylostella* (diamondback-moth) eritab kolme tüüpi disulfiidseid **kairomoone**, mis meelitavad ligi parasitoidi (*Diadromus pulchellus*):



Näiteid:



- Enesekaitseks kasutatavad näärmed eritavad **allomoone**

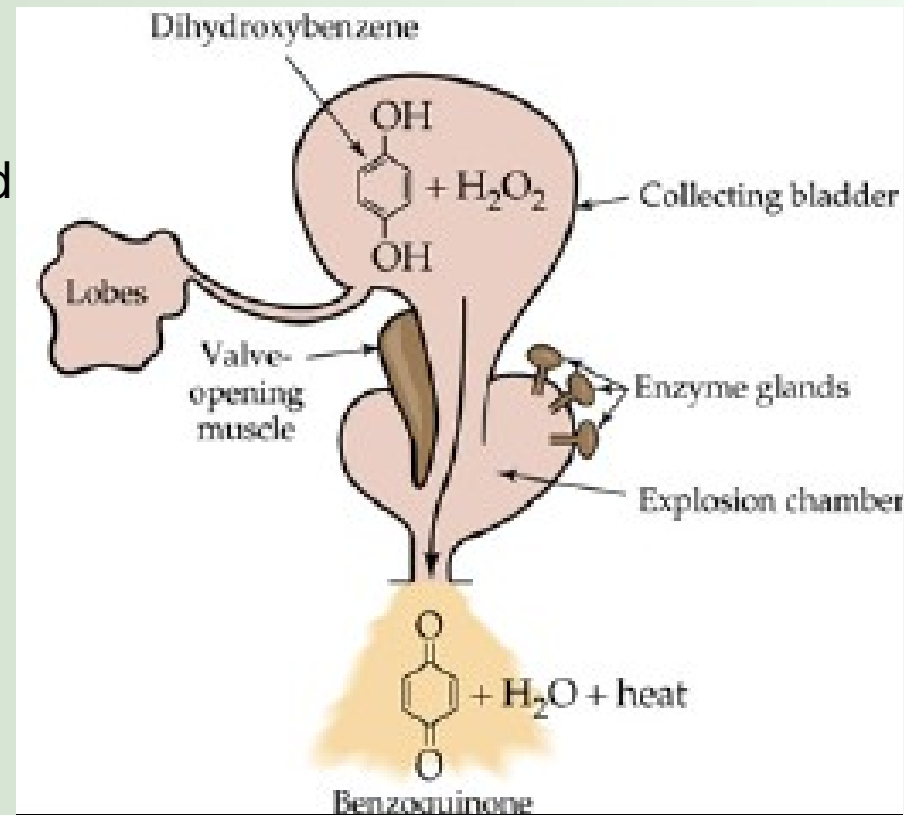
Hüdrokinoonid ja vesinik peroksiid



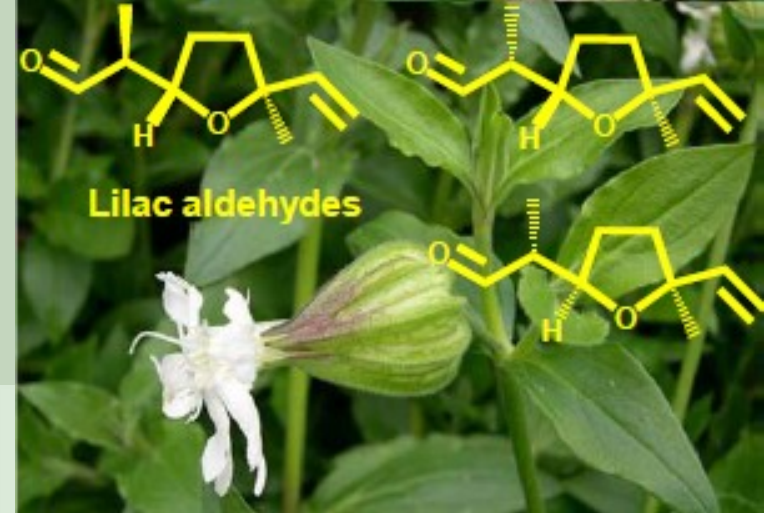
+ katalaas
+ peroksidaas



p-kinoon



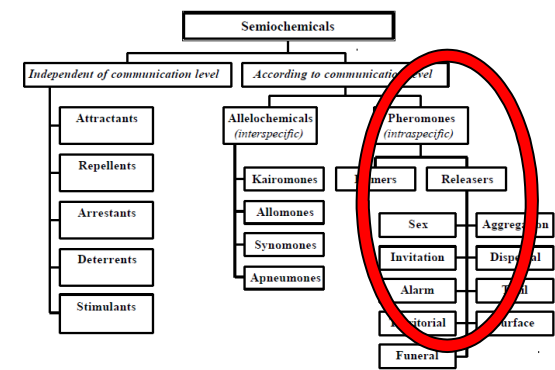
Näiteid:



- Klassikaline näide **sünamoonidest** on putuktolmlejad taimed
- Parasitoidile (*Venturia canescens*) on atraktandiks kaerahelveste lõhn, sest see on keskkond milles peremeeste larvid toituvad. Kaerahelveste lõhn on selles süsteemis **annumeen**



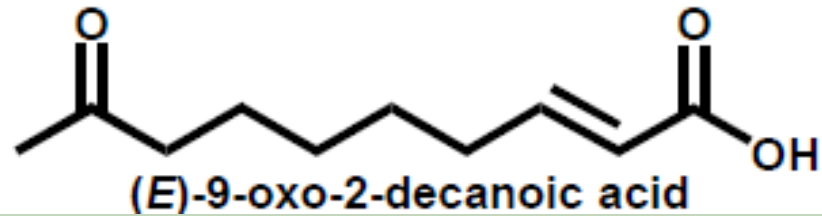
Feromoonid



- **Feromoonid** on ained, mis eritatakse kehast väljapoole ning mille vastuvõtjateks on keegi teine samast liigist, kellel seeläbi vallandub teatud käitumine (Karlson and Butenadt, 1959; Karlson and Lücher, 1959).
- 1963. aastal jagasid Wilson ja Bossert feromoonid kaheks: **praimer-feromoonid** ja **vabastavad feromoonid**
- Praimer-feromoonid on kemikaalid, mis indutseerivad indiviidides pikaajalisi füsioloogilisi muutuseid. Nt mesilaste kuninganna näide



Primer-feromoonid

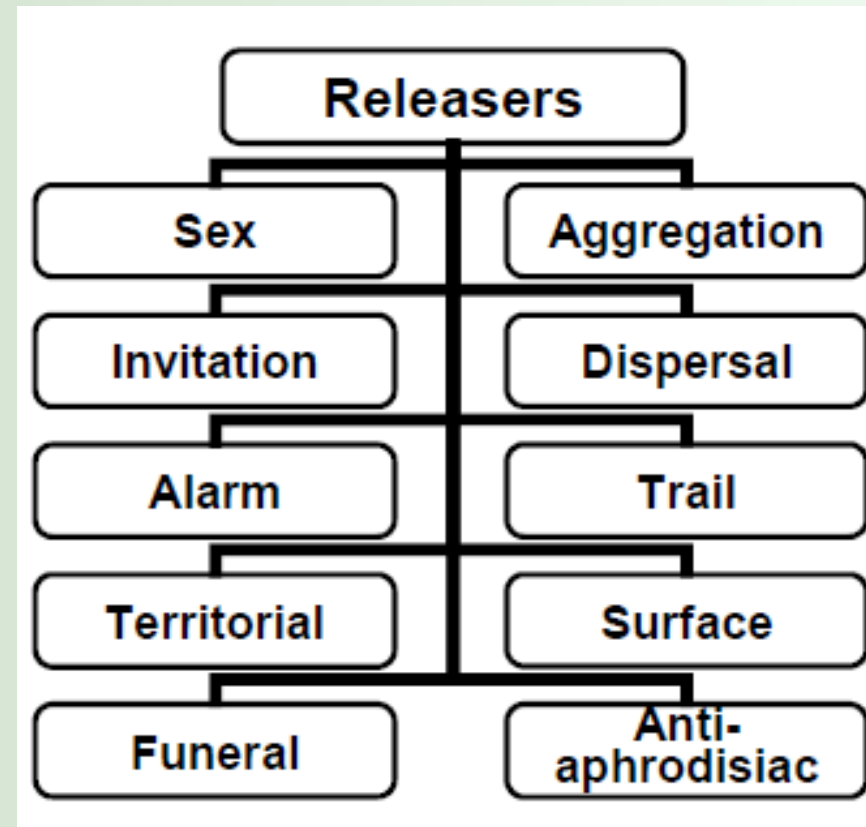


- *Apis mellifera*: kuninganna mandibulaarnäärme eritis talitleb primer-feromoonina - sellega nt inhibeeritakse tööliste sigimiskäitumist, hoitakse koloonia struktuur kont...



Vabastavad feromoonid

- **Vabastavad feromoonid** on kemikaalid, mis stimuleerivad vastuvõtval indiviidil kohe käitumusliku vastuse.
- Väga lai “tööspekter”, üks huvitavamaid semiokemikaalide rühmasid. Nõ klassikalised feromoonid.



Sugufերոմոոնիտ

- **Sugufերոմոոնիտ** on kemikaalid, mis vabastatakse ühe isendi poolt selleks, et reklaamida vastassugupoolele enda kohaloleku kohta ja meelitada vastassugupool edukasse paaritumisse.
- Jagunevad:
 - Pika vahemaa tagant töötavad – kutsuvad vastassugupoolt potentsiaalseks paaritumiseks
 - Lähidistantsidel töötavad – partneri ettevalmistamine paaritumiseks, kosjakäitumine - **aphrodisiac**

Suguferruoonid



- Liblikatel (*Lepidoptera*) on suguferruoonid kõige paremini uuritud. Praeguseks on liigispetsiifilised suguferruoonid kirjeldatud enam kui 500 liigil (www.pherobase.com).
- Näärmed:
 - Tagakeha 5. lülil (primitiivse liblikatel), või 7.-8. lülil.

Chorestoneura fumiferana

emasloom:

8 - 8. keha jätke, g - nääre, v - keha tipusegment, genitaalide osa.



Suguferomoonid

- Eritatav feromooni hulk on reeglina väga väike: *Grapholitha molesta* (fruit moth) 8,5 ng/h. “Rekordiks”: *Holomelina lamne* (arctiid moth): 350 ng/10 min.
- Feromooni leviku sõltuvus kehaasendist (220%).
- Signaali spetsiifilisust saab rõhutada komplekssete signaalidega (segud mitmetest)



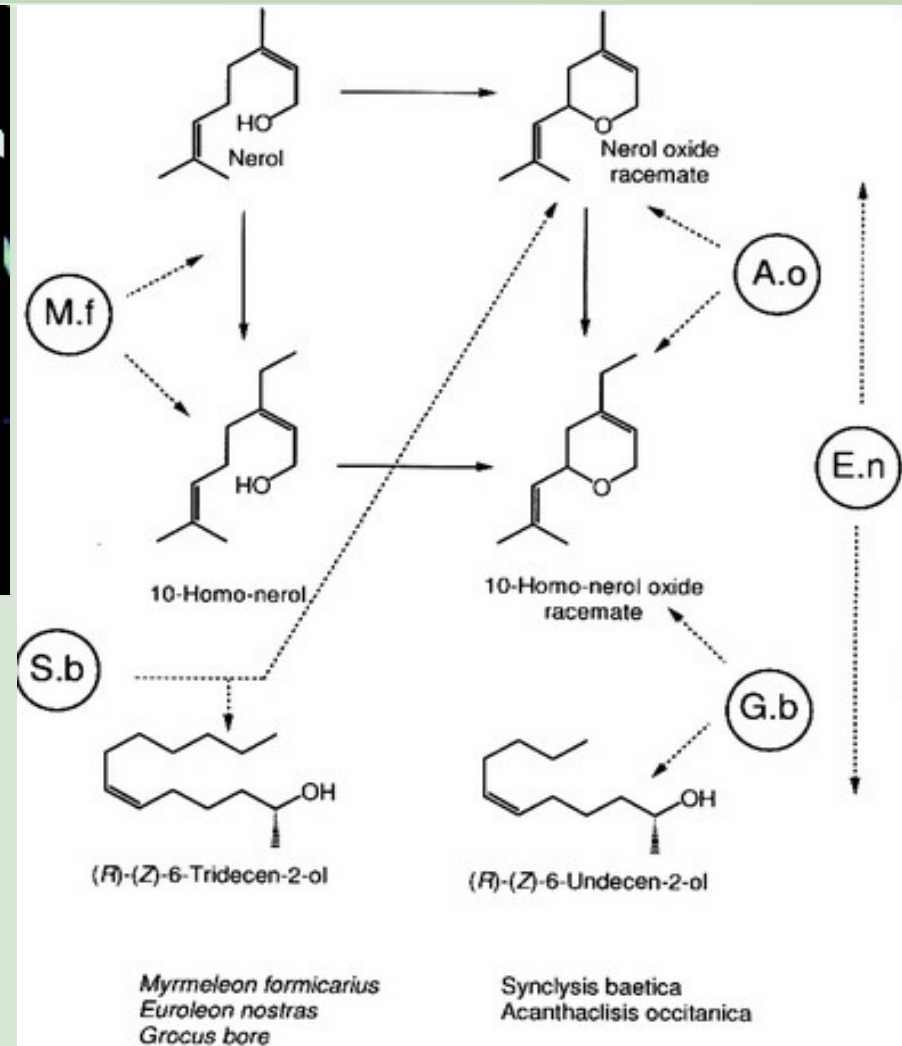
Grapholitha molesta (fruit moth)

Kahekomponentsed liigispetsiifilised suguferomoonid võrktiivalistel

Sigelgakiillased
(Myrmeleontidae)

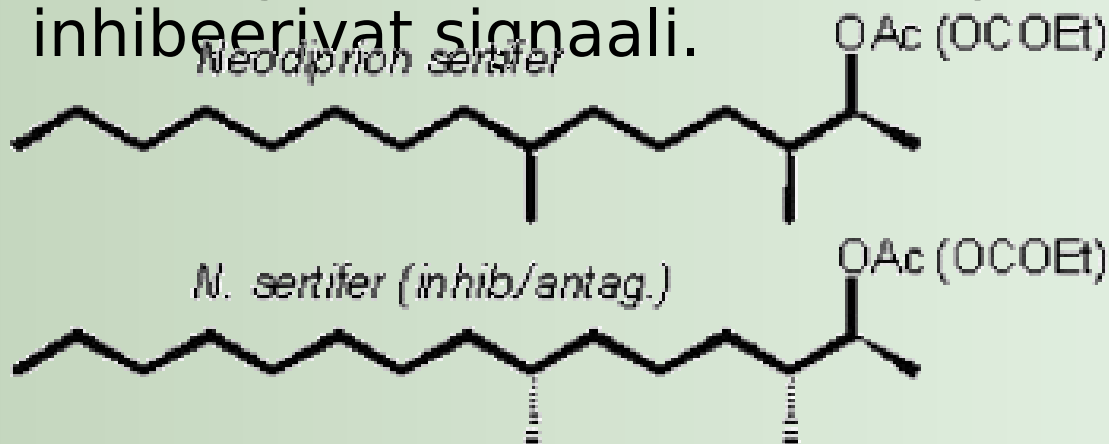
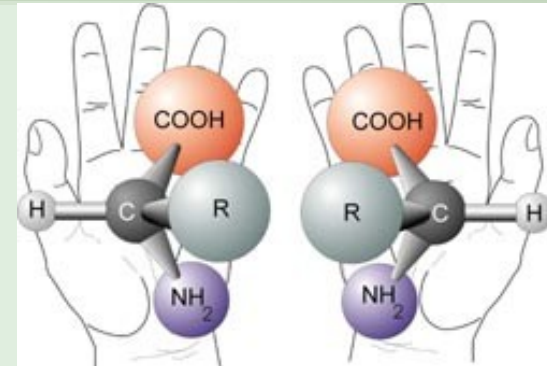


Joonis: kuus erinevat feromooni komponenti (päripinedes kahest biosünteesi rajast: atsetogeensest ja isoprenoidsest) moodustavad paari kaupa kombineerides liigispetsiifilise feromooni kompleksi viiele putukaliigile.



Sugufromoonide spetsiifilisus võib seisneda kiraalsuses (käelisuses)

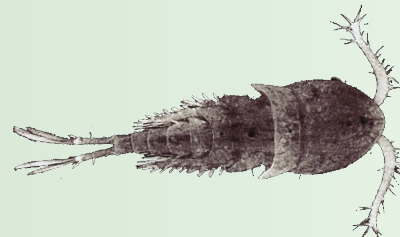
- Nt Männi-lehevaablattel on uurijad avastanud mitmeid stereoisomeere, mis kõik annavad tugevaid käitumist mõjutavaid signaale.
- Ühel juhul (*Neodiprion sertifer*) kandis struktuurne analoog-feromoon endas hoopis inhibeerivat signaali.



Suguferomoonid



- Isane merisutt suudab emase 65 meetri kauguselt allavoolu kohale meelitada:
 - sapihapped: *7a, 12a, 24-trihydroxy-5-acholan-3-one 24-sulfate*
- Kaladel erinevad stroidid, prostaglandiinid ja pregneenid, mida eritatakse vette kloaagi kaudu
- Pindkile külge nakkuvad gükoproteiinid jätavad emaste aerjalaliste “kiiluvette” jälje, mis kestab kuni 31 s.



Paaritumine on tõenäolisemalt kaitstud mitmete erinevate keemiliste lukumehhanismide poolt. Kui ligitõmbavat signaali ei ole, siis isane emasele ei järgne; kui järgmises etapis teisest lubavat vastust ei järgne, jääb ikkagi paaritumine katki. Lõpuks, isegi kui paaritumine toimub, järgneb sellele rida keemiliselt vahendatud “läbirääkimisi” spermatoosidi ja munaraku vahel, mis määravad viljastumise edukuse.

ATTRACT WOMEN

BE MORE POPULAR WITH WOMEN THAN EVER BEFORE!

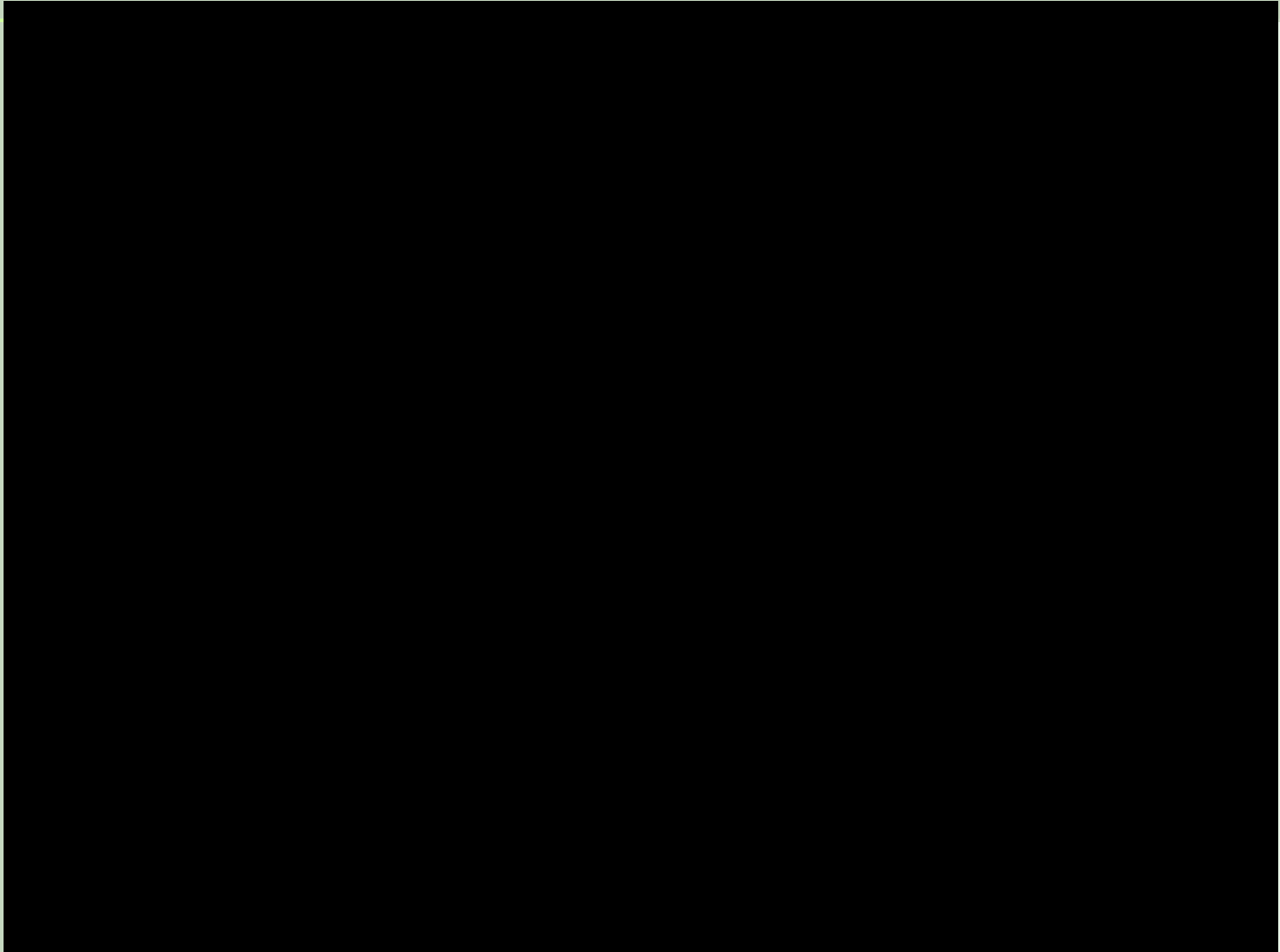
HUMAN PHEROMONES GUARANTEED TO WORK!



pherlure.com

FIND OUT MORE

Alarm-feromoon (video)



Alarm-feromoon



- Liigi (liigirühma) spetsiifiline
- Liikumisaktiivsuse suurenemine, ka rünnak
- Kalad, kiletiivalised, imetajad (nt skunk)
 - Kaladel teada alarmaine reservuaarid, kuid aine tuvastamata
 - Mesilastel koosneb 40 koostisosast (nt atsetaadid). Vabastatakse nõelamise käigus tööliste poolt, et hoiatada kaaslasi. Järgneb kaitsereaktsioon.

Homing-effekt, kodu-markerid



- Pinnale kinnituvad feromoonid, pikaajalised, sotsiaalsel loomadel
- Lõhilaste *homing*:
 - pH, sapi markerid, tanniinid, toitainete dünaamika
- Latikas, särg jt Karpkalalised – *homing* efekt Emajões
- Raja märgised sipelgatel, teekond toiduni, aromaatsed molekulid.
- Sapi happed koduterritooriumi tähistamiseks:
 - Korallriffide kalad
 - võldas *Cottus cobio*



“Surma lõhn”



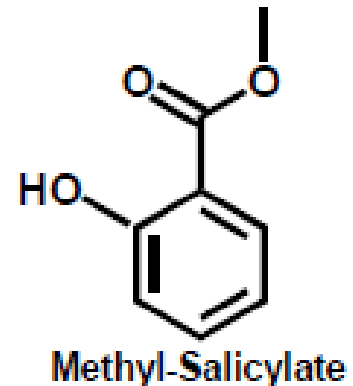
- Kaaslase surma keemiline tajumine võib viia ökosüsteemis kaskaadsete tulemusteni
 - Angerjate suremine Võrtsjärves
- Meretaimed vastavad ründajatele keemilise kaitsega
- Merekarbid katkestavad vee filtreerimise-pumpamise, kui kiskja ülesvoolu samast liigist toitub
- Termiididel rasvhapped ja nende derivaadid. Surnud kaaslane viiakse kolooniast välja. Kui elus tööline on kaetud “surnu lõhnaga”, siis käitutakse temaga nagu surnuga.

Anti-aphrodisiac

- Keemiline lõhnamürgis, mida kasutatakse nt isaste putukate poolt. Kopulatsiooni käigus märgistatakse sellega emane, et teisi isaseid eemale peletada
 - Vähendab sperma-konkurentsi
 - Sästab tulevase ema energiat (munemine jm)

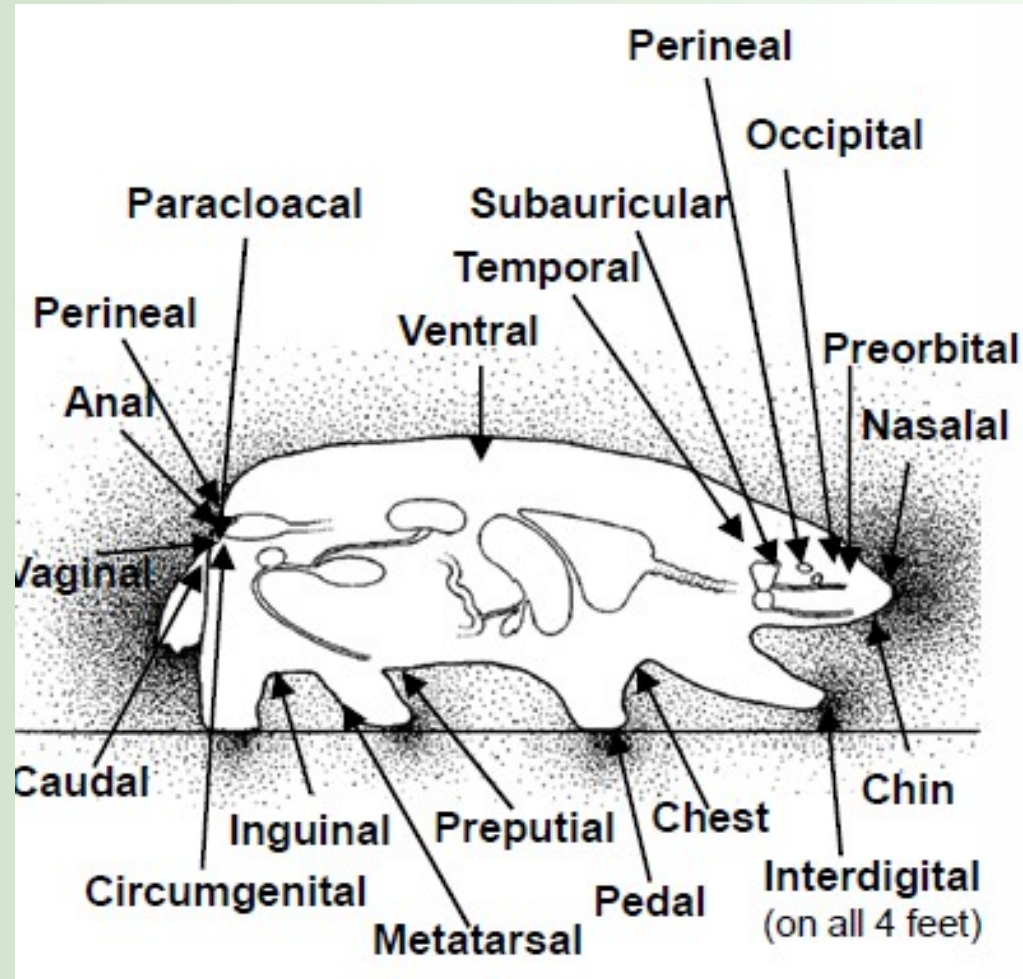


Pieris napi



Imetajate feromoonid

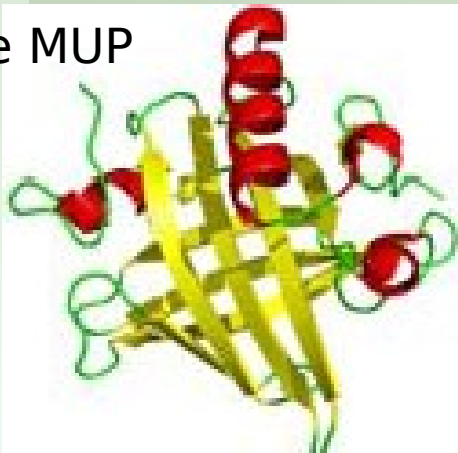
- Imetajate feromoonide sekretsioon:
 - uriin,
 - vaginaalnäärmete eritised,
 - ekskrementidid,
 - sülg,
 - piim
- Näärmed:



Mustsaba hirv (*Odocoileus columbianus*)

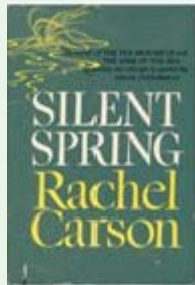
- Karja ja isendite ära tundmine:
 - Urinis paiknevad valgud (MUP – major urinary proteins)
 - Sünteesitakse maksas ja eritatakse uriini kaudu, edastab sotsiaalset infot, ka isendi geneetilist identiteeti

Hiire MUP



Praktilised kasutusala

- Seotud eeskätt põllumajanduse ja putukatõrjega
- Ka nt koerte-kasside paaritamine või *anti-aphrodisiac* kastreerimise alternatiivina
- Pestitsiidide kasutamine:
 - 1940-... kloor-orgaanika
 - 1950 esimesed toksilisuse nähud inimestel ja keskkonnas
 - 1962 Rachel Carson “Silent Spring”
 - 1960-1990 resistentsed putukad, kloor-orgaanika vähendamine
 - Tänapäev – keskkonnasõbralike putukatõrjevahendite otsingud



IPM

Intergated Pest Management

- Mikrobioloogilised pestitsiidid, looduslikud vaenlased, hormoonide kasutamine, looduslikud insektitsiidid, **semiokemikaalide kasutamine.**
- Semiokemikaale kasutatakse:
 - Kahjuritite monitooring
 - Mass-püük arvukuse vähendamiseks
 - Paaritumise takistamine
 - Lõksud (atraktant koos insektitsiidiga)
 - Meelitamine kultuurtaimedest eemale

Lõksude tüüpe



Delta trap
For monitoring moths



Diamond Trap
Diamond traps are used for monitoring moths in storage areas



Wing Trap
Wing traps are used for short-term monitoring of some moth species.



Funnel or Unitrap
These are preferred over other designs for long-term monitoring and mass trapping of moths in the field and in storage areas.



Cylinder Trap
These traps are designed for bark beetles



Boll Weevil Trap
These traps are specifically designed for monitoring and mass trapping cotton boll weevil



Vertical Yellow Sticky trap. Olive flies are monitored with combinations of traps both with and without pheromone lures.



Slug X Trap
For Slugs and Snails



Red Ball Trap
For apple maggot flies



Pitfall Trap
For walking insects

Potentsiaalseid kasutusvõimalusi...

- Kalatrepid (Sindi pais)
- Metsloomade lõksud (ilvese kaelustamise projekt Soomaal)
- Inimferomoonid?
 - Inimene vähe uuritud

Kasutatud materjale:
Anna Karin Borg Klarsson
Karlis Andersons