

Viiruste ülekanne meemesilastelt looduslikele mesilastele

Marika Mänd



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti
tuleviku heaks

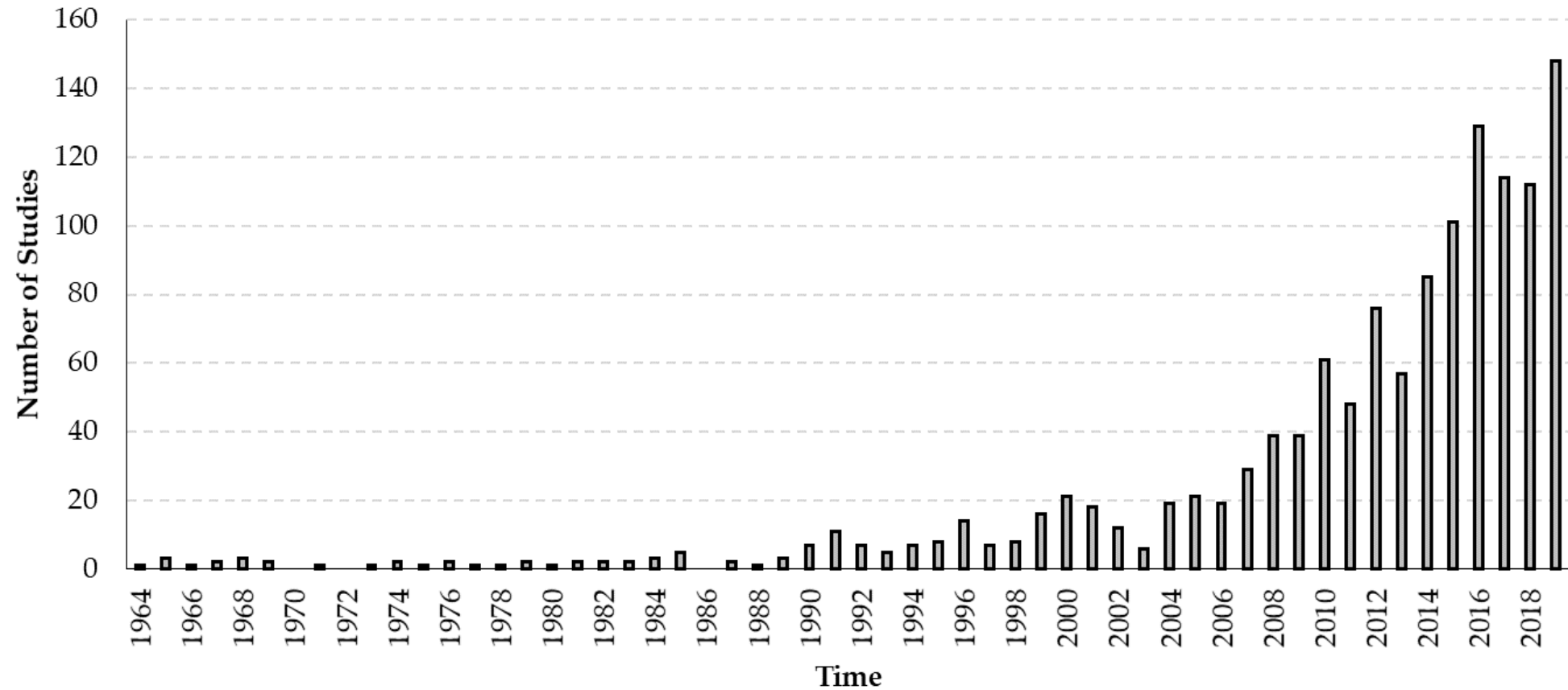
Ülevaade

- Miks on vaja rääkida mesilaste viirustest ja viirushaigustest?
- Mesilaste viirushaigused
- Viiruste levikuteed
- Mõjud mesilastele
- Viiruste ülekandumine
- Kuidas aidata mesilasi?

Miks me oleme hakanud rääkima mesilaste viirustest?

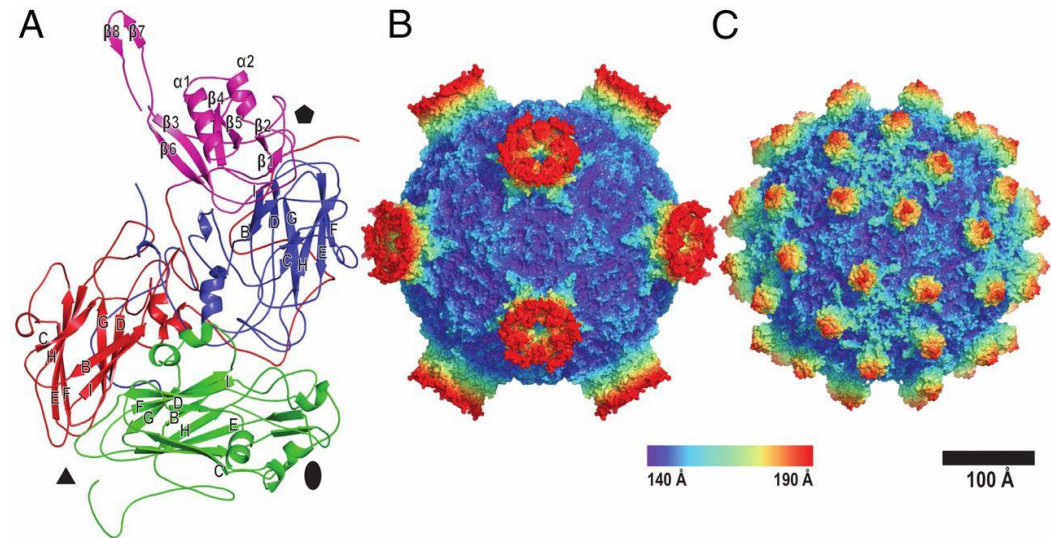
- Mesilaste majandamise intensiivistumine ja globaliseerumine on muutnud liikide geograafilist levikut
 - nakkushaigused on saenenud
 - tuntud haiguste kordumiste saenemine
 - antibiootikumiresistentsete patogeenide teke
- Viiruste kiire eksponentsiaalne paljunemine
 - kiire kohanemisvõime,
 - uute peremeeste leidmine
 - ulatuslike epideemiate tekitaja
- Uued keskkonnad viirushaiguste levikuks
 - globaalne kaubandus
 - perede tihedus suur
 - viiruste kiire muteerumine
 - peremeesorganismi ja patogeeni vahelist tasakaalu muutumine looduses
- Molekulaarbioloogia areng, uued meetodid
 - uute viiruste avastused
 - viiruste elutsükli keerukus
- .

Meemesilaste viirushaiguste uuringud



Mida me teame mesilaste viirustest?

- Viirused kujutavad endast üht või mitut DNA või RNA molekuli, mis on ümbritsetud valkudest kapsiidiga
- Nad erinevad "klassikalistest" elusorganismidest
- Elusorganismide siseparasiidid
- Nad sisenevad peremeesorganismi rakku, või sisestavad sinna oma nukleiinhappe.
- Viiruslik nukleiinhape (DNA) integreerub peremeesraku kromosoomi, või ka transleeritakse otse, mõnede RNA-viiruste RNA põhjal, valmistatakse rakus sellele vastav DNA, mis kromosoomi integreerub
- RNA-viirustele omane suur muutlikkus ja kiire evolutsioneerumine

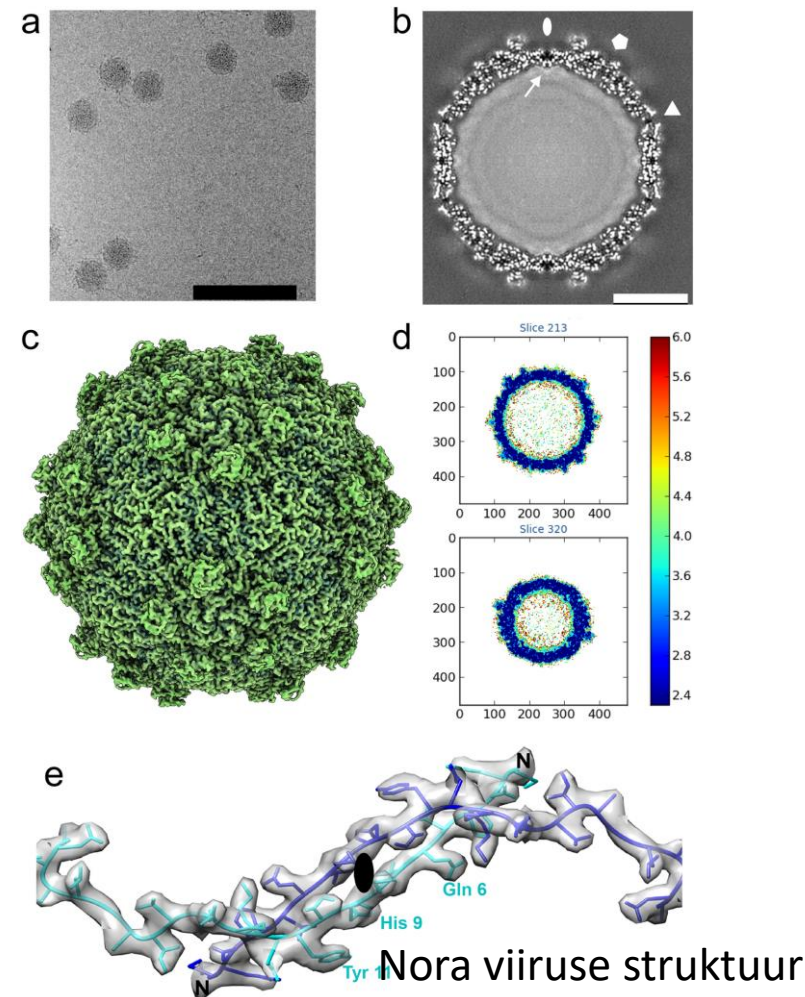


- Mesilased võivad nakatuda paljude viirustega
- 1913.a. kirjeldati esimest viiruhaigust kotthauet
- Praegu teatakse 22 mesilastel esinevat viirust
- Viimasel ajal on neid oluliselt veel lisandunud

Family	Virus	Target stage/caste of bees
Dicistroviridae	Acute bee paralysis virus (ABPV)	Brood, workers, drones
	Israeli acute bee paralysis virus/Kashmir bee virus (IAPV/KBV)	Eggs, larvae, pupae, workers, drones, queens
	Apis dicistrovirus (ADV)	Workers, drones
	Aphid lethal paralysis virus (ALPV)	Workers, drones
	Big Sioux River Virus (BSRV)	Workers, drones
	Black queen cell virus (BQCV)	Larvae, pupae, workers, drones, queens
Unclassified	Chronic bee paralysis virus (CBPV)	Workers, drones, queens
Iflaviridae	Deformed wing virus (DWW) (A,B and C)	Eggs, larvae, pupae, workers, drones, queens
	Sacbrood virus (SBV)	Brood, workers, drones
	Slow bee paralysis virus (SBPV)	Larvae, workers, drones
Unclassified	Lake Sinai virus (LSV)	Workers, drones
Tymoviridae	Bee macula-like virus (BeeMLV)	Pupae, workers
	Bee macula-like virus-2 (BeeMLV-2)	Pupae, workers
	Varroa tymo-like virus (VTLV)	Workers, drones
Unclassified	Cloudy wing virus (CWV)	Workers, drones
Nodaviridae	Apis noda-like virus	Workers, drones
Noraviridae	Apis nora virus (ANV)	Workers
Rhabdoviridae	Apis rhabdovirus -1/ Bee rhabdovirus-1 (ARV1/ BRV-1)	Workers, drones
	Apis rhabdovirus -2 (ARV-2)	Workers, drones
Bunyaviridae	Apis bunya virus-1 (ABV-1)	Workers, drones
	Apis bunya virus-2 (ABV-2)	
Flaviviridae	Apis flavivirus (AFV)	Workers, drones
Picorna-like	Berkeley bee picorna -like virus (BBPV)	Workers, drones
Secoviridae	Tobacco ring spot Virus (TRSV)	Workers, drones
Secoviridae	Seco-like virus	Workers
Iflaviridae	Moku virus	Workers
Orthomyxoviridae	Varroa Oorthomyxovirus-1 (VOV-1)	Workers
Partitiviridae	Partiti-like virus	Workers
Unclassified	Bee Y virus	Workers, drones
Unclassified	Bee X virus	Workers, drones
Unclassified	Egypt bee virus	Workers, drones
Unclassified	Arkansas Bee virus (ABV)	Workers, drones
Iridoviridae	Apis iridovirus (AIV)	Workers, drones
Unclassified	Apis mellifera filamentous virus (AmMFV)	Workers, drones
Circoviridae	Circo-1	Workers
	Circo-2	

Hiljuti avastatud mesilaste viirused

- Enamikku neist on iseloomustatud ainult taksonoomiliselt genoomsed ja fülogeneetilised järjestused
- Bioloogiliste omadusi ei tunta – kas meemesilane on tõeline peremees või mitte
 - Moku viirus
 - Apis Nora viirus (ANV),
 - Apis bunya viirus-1,2 (ABV-1, ABV-2),
 - Apis dicistrovirus (ADV)
 - Apis flavivirus (AFV) AmFV
 - Apis rhabdovirus-1,2 (ARV-1,-2)/Bee rhabdoviirus-1,2 (BRV-1,-2)
- Mis ohtu need uued viirused mesilastele kujutavad?

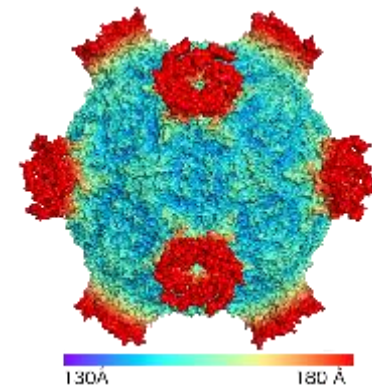


Mesilaste viirushaigused

- Suurem osa teadmisi mesilaste patogeenide ja viiruste kohta pärineb meemesilase uuringutest
- Mesilastes püsivad viirused sageli varjatult
- Levik toimub isendilt isendile haigusnähte põhjustamata
- Viiruste oluliseks edasikandjaks ja levitajaks meemesilastel on ektoparasiitllest *Varroa destructor*
- Praeguseks teadaolevad mesilaste viirused on levinud üle maailma (Beaurepaire jt 2020).



Meemesilane Varroa lestadega



Deformeerunud tiiva viirus

Mesilaste levinumad viirushaigused

Kotthaue (SVB)

- RNA viirus
- Väga levinud
- Nakatab avashauet, paljuneb noort mesilaste toitepiimanäärmetes, levitatakse vakladele, viirus paljuneb kudedes, vagel sureb
- Nakatunud noorte mesilaste käitumine muutub, nad lõpetavad õietolmu söömise, toitepiimanäärmed taandarenevad



G. Topolska photo

Kroonilise paralüüsi viirus e. musttõbi (CBPV)

- Maailmas väga levinud
- Hukkuda võivad terved pered
 - 1. sümptom
 - Mesilaste tiivad värisevad, on kaotanud lennuvõime
 - Tagakehad pundunud
 - 2. sümptom
 - kaotavad karvad, muutuvad tumedaks
 - Käitumine agressiivne
- Nakatumine toidu ja hemolümfi kaudu
- Märgetud on seost mesilasperede tihedusega
- Kahjustub närvisüsteem, paljuneb närvikanglionides
- Sipelgad võivad olla potentsiaalsed sekundaarsed peremehed



Topolska photo

Musta emakupu viirus (BQCV)

- Nakatab täiskasvanud mesilasi
- Sümptomid emavaklade juures, kuid ka töomesilaste vakladel
- Eelnukud muutuvad kahvatukollaseks ja hiljem tumenevad
- Osa töölishaudmest ei hukku, kuid eluiga lühem
- Pered nõrgenevad ja hukuvad
- Viiruse levikuteed peres pole selged
- Oletatakse seost nosematoosi esinemisega



A. Gajda photo

Varroalestaga seotud viirusnakkused

Deformeerunud tiiva viirus (DWV)

- Kõige laiema levimusega
- Nakkus kandub täiskasvanud mesilaselt haudmele vaklade toitmisel – põhjustab latentset efekti
- Tugevalt varroalestast nakatunud peres kannavad lestad viiruse mesilastelt haudmele
- Ilmuvad kängunud tiibade ja kehadega isendid, kes surevad peagi
- Talvituma jäävatel mesilastel ei tohi olla ägedaid viirusinfektsioone



Deformeerunud tiibadega meemesilane (DWV)

Mesilaste akuutne paralüüsi viirus (ABPV)

- Esimene viirus, mille puhul tuvastati seos varroalestast tabandunud perede hukuga
- Kahjustab täiskasvanuid mesilasi ja hauet
- Levib toidu kaudu?
- Eksisteerib latentse infektsioonina paljudes peredes, aga võib muutuda ägedaks ja tappa nakatunud mesilased väga kiiresti
- Kahjutu kui peres pole varroalesta

Kašmiri mesilasviirus (KBV)

israeli akuutne halvatusviirus (IAPV)

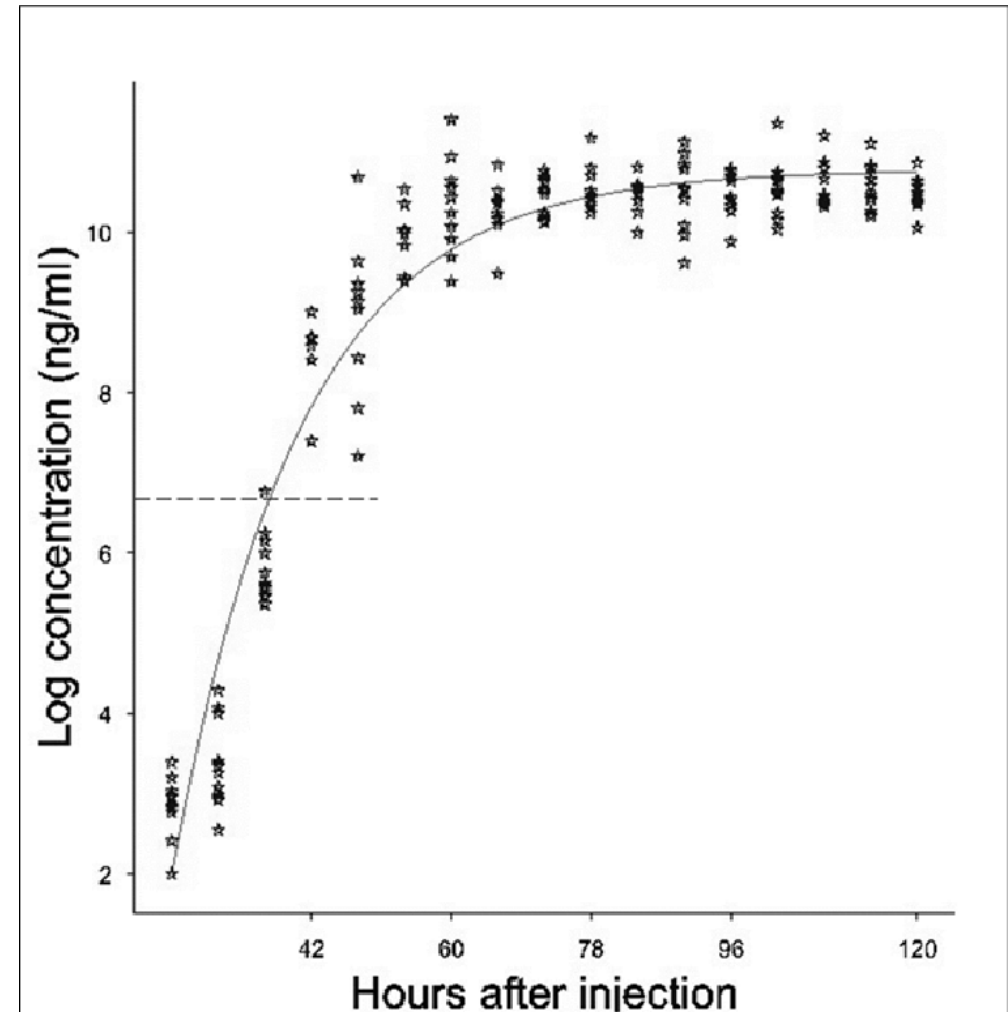
- IAPV eraldati esmakordselt Iisraelis idameemesilaselt *Apis cerana*
- Paljunevad hemolüümi sattumisel
- Mõlemad viirused on sarnased eelneva ABPV-ga, kuid ägedama kuluga
- Ägeda nakkuse korral ohtlik
- Levikut soodustab varroalest
- Mesilaspere ellujäämine on kliinilise pildi ilmnemisel küsitav



Iisraeli akuutne halvatusviirus

Aeglase paralüüsi viirus (SBPV)

- Avastatud 1974. aastal Inglismaal
- Viirus põhjustab täiskasvanud mesilaste **kahe eesmise jalapaari halvatus**, tappes lõpuks oma peremehed
- Nakatab meemesilasi, kimalasi ja siidiusse
- I flaviridae viirustega nakatumine on üks peamisi mesilasperede surma põhjuseid



Viiruste levikuteed



Varroa destructor

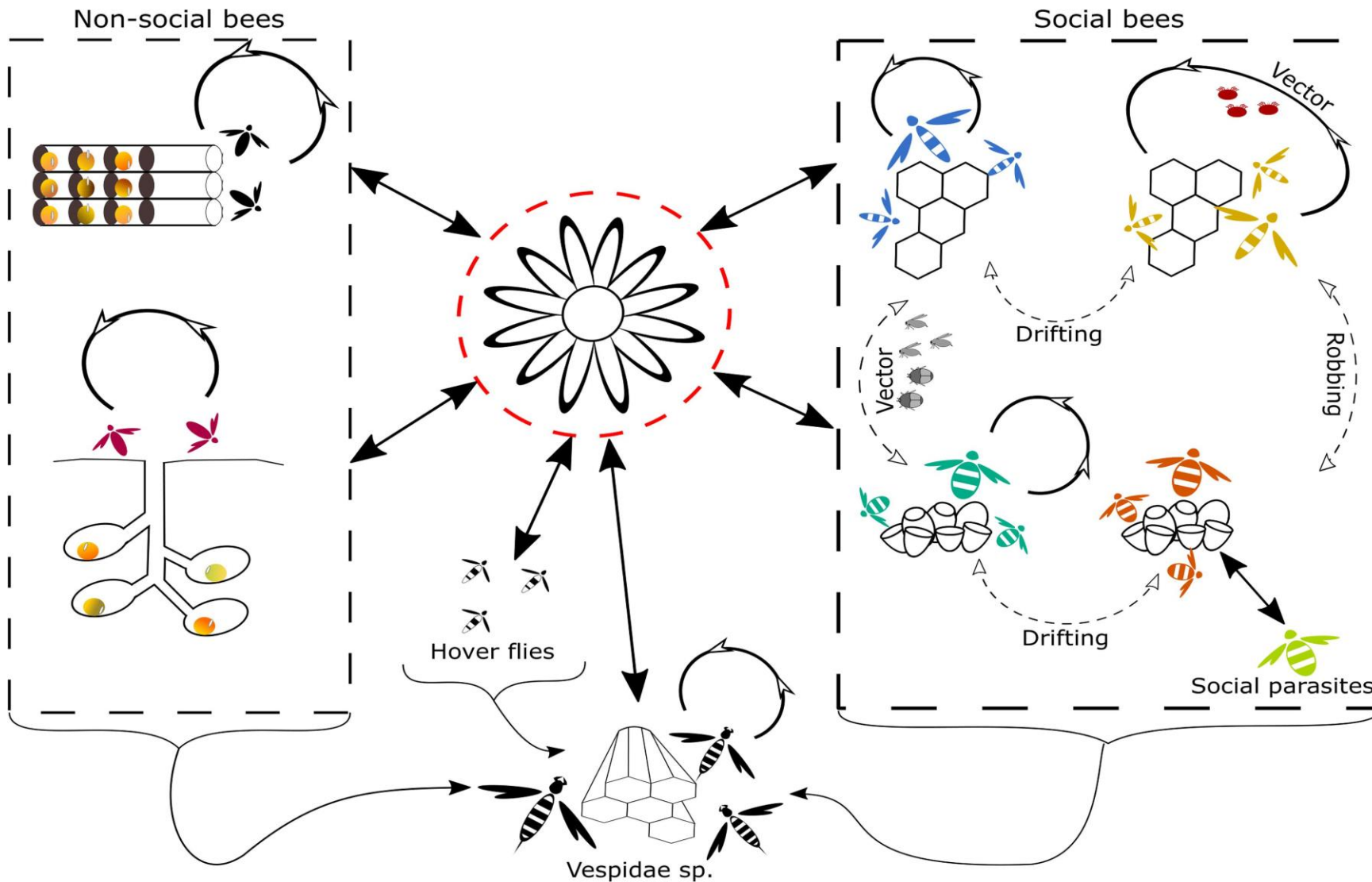
Viirus	Suu- kaudne levik	Välja- heidete kaudu	Kehaline kokku- puude	Suguline levik	Vektor
DWV	+	+	-	+	<i>Varroa destructor (Vd)</i> <i>Tropilaelaps mercedesae (Tm)</i>
ABPV	+	+	Tõenäoline	Tõenäoline	<i>Vd</i> ja <i>Tm</i> tõenäolised
IAPV	+	+	+	Tõenäoline	<i>Vd</i>
KBV	+	+	Tõenäoline	-	<i>Vd</i>
SBPV	+	?	?	?	<i>Vd</i>

Yañez, 2020, Front. Microbiol.

Viiruste horisontaalne ja vertikaalne levik

	Horizontal					Vertical
	Oral*	Fecal	Body Contact	Venereal	Vector-mediated	Queen to eggs
IAPV	+	+	+	Ve.S.	+ (Vd)	+
ABPV	+	+	BC.S	Ve.S.	Vd.S., Tm.S.	+
KBV	+	+	BC.S	-	+ (Vd)	+
BQCV	+	+	?	Ve.S.	-	+
DWV	+	+	-	+	+ (Vd, Tm, At.S.)	+
SBV	+	-	-	Ve.S.	-	+
SBPV	+	?	?	?	+ (Vd)	?
CWV	O.S.	?	?	?	-	?
CBPV	+	+	+	-	Vd.S	+
LSV	+	?	?	-	Vd.S.	+
BeeMLV	?	?	?	?	Vd.S.	?
AmFV	+	?	?	Ve.S.	-	+
ALPV	?	?	?	?	?	+
ARV-1/BRV-1	?	?	?	?	Vd.S.	?
ARV-2/BRV-2	?	?	?	?	Vd.S.	?
ABV-1	?	?	?	?	?	?
ABV-2	?	?	?	?	?	?
ArkBV	?	?	?	?	?	?
BerkBPV	?	?	?	?	?	?
BSRV	?	?	?	-	?	?
C/TSBV	+	?	?	?	?	?
BVX	+	?	?	?	?	?
BVY	+	?	?	?	?	?
VTLV	?	?	?	?	Vd.S.	?
AIV	?	?	?	?	?	?
MV	?	?	?	?	?	?
VDV-2	?	?	?	?	?	?
VDV-3	?	?	?	?	?	?
VOV-1	?	?	?	?	?	?
AFV	?	?	?	?	?	?
ANV	?	?	?	?	?	?
ADV	?	?	?	?	?	?

ABPV, Acute bee paralysis virus; ABV-1, Apis bunyavirus-1; ABV-2, Apis bunyavirus-2; AmFV, Apis mellifera filamentous virus; ADV, Apis dicistrovirus; ANV, Apis iridescent virus (Bailey et al., 1979); ArkBV and BerkBPV, Arkansas bee virus and Berkeley bee virus (Bailey and Woods, 1974); AFV, Apis mellifera flavivirus; ANV, Apis Nora virus; ARV-1/BRV-1, Apis/Bee rhabdovirus-1; ARV-2/BRV-2, Apis/Bee rhabdovirus-2; BeeMLV, Bee Macula-like virus; BVX and BVY, Bee virus X and Y (Bailey et al., 1983a); BSRV, Big Sioux river virus (Runckel et al., 2011); BQCV, Black queen cell virus; IAPV, Israeli acute paralysis virus; C/TSBV, Chinese/Thai sacbrood virus; CWV, Cloudy wing virus; CBPV, Chronic bee paralysis virus; DWV, Deformed wing virus; KBV, Kashmir bee virus; LSV, Lake Sinai virus; MV, Moku virus; SBV, Sacbrood virus; SBPV, Slow bee paralysis virus; VDV-2 and VDV-3, Varroa destructor virus-2 and -3 (Levin et al., 2016); VOV-1, Varroa orthomyxovirus-1 (Levin et al., 2019); VTLV, Varroa Tymo-like virus (de Miranda et al., 2015). *, including trophallaxis, gut content and contaminated food; +, transmission confirmed; -, non-demonstrated transmission; ?, unknown; O.S., suggested oral transmission by presence in sealed brood; BC.S, suggested transmission by body contact; Ve.S., suggested venereal transmission by presence in semen and/or spermatheca; Vd, transmission confirmed by Varroa destructor; Vd.S., suggested vector-mediated



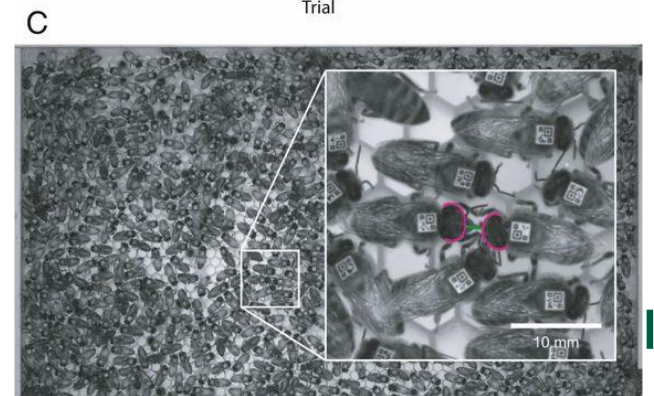
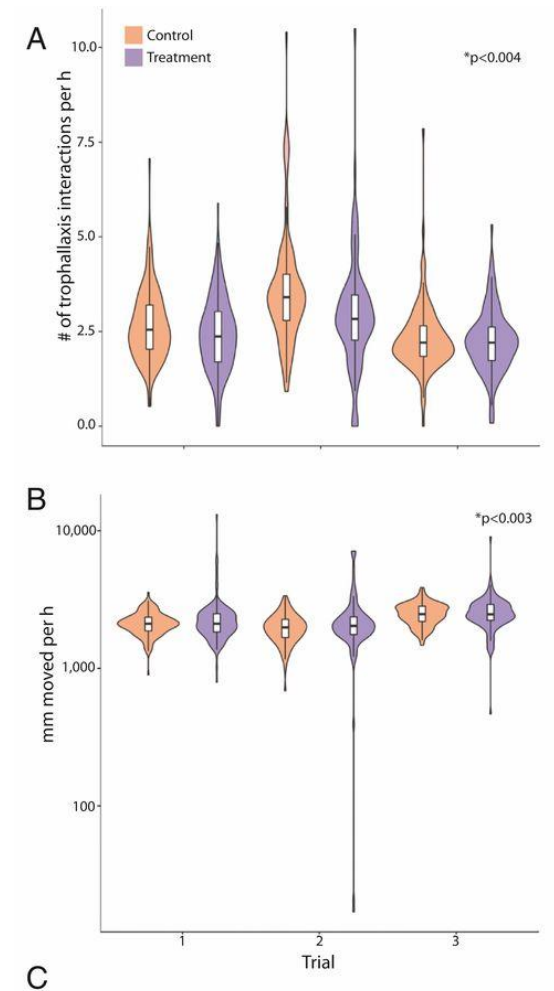
Viiruste levik
kiletiivaliste
putukatel
liigisiseselt ja
liikide vahel

Mõju mesilaste käitumisele

- IAPV-ga nakatatud mesilastel oli oluliselt vähem trofallaksilist kui kontrollmesilastel
- Viirusnakkus vähendab mesilaste sotsiaalset suhtlust, kuid mitte üldist liikumist automaatselt jälgitavates peredes.

A)(B) Liigutud vahemaa (mm/ha) IAPV-ga nakatatud mesilased katsid oluliselt suuremaid vahemaid kui kontrollgrupi mesilased

B)(C) Lähivõtte kahest mesilasest, kes tuvastati automaatselt trofallaksit sooritamas.



Kuidas keskkonnatingimused mõjutavad peremees patogeeni süsteemi

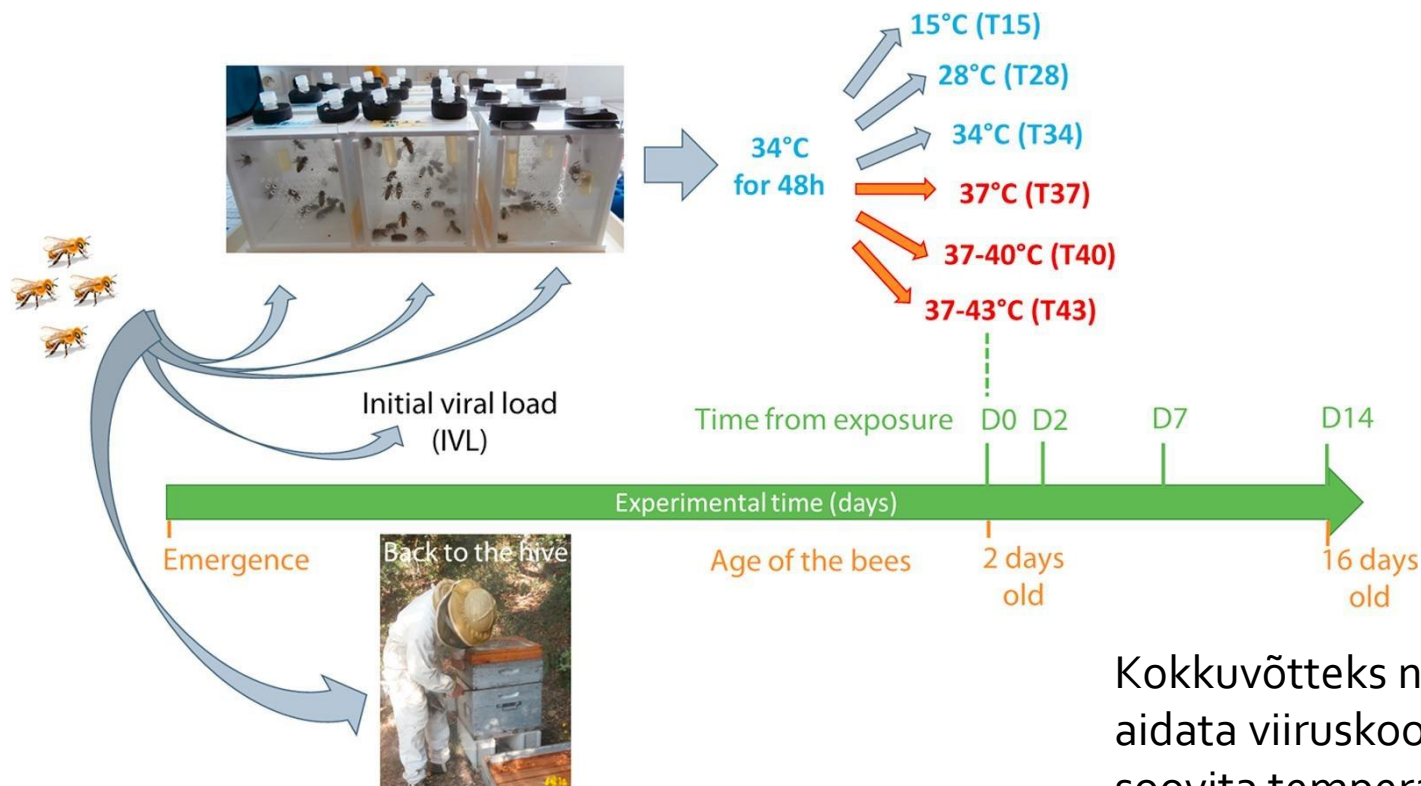
Putukad kõigusoojaste loomadena sõltuvad keskkonna temperatuuridest, mis võivad mõjutada ka nende seoseid patogeenidega.

Seetõttu on peremees-patogeeni süsteemi keskkonnamuutustest tingitud muutuste paremaks mõistmiseks ülioluline.

Uuriti mesilase / DWV suhtele muutumist madalatel või kõrgetel temperatuuridel. Samas määrati mõju viiruse tiitritele ja mesilaste ellujäämisele.

Looduslikult DWV-ga nakatunud mesilasi kasvatati in vitro erinevatel temperatuuridel vahemikus 15 °C kuni 37 °C. Lisaks viidi mõned 37 °C juures kasvatatud mesilased iga päev läbi ägeda kuumtöötamise (40 ja 43 °C).

Temperatuuri mõju DWV arengule



- Kõrge temperatuur ($\geq 37^{\circ}\text{C}$) vähendab DWV koormust ja mesilaste ellujäämist.
- Madal temperatuur (15°C) ei mõjuta viiruskoormust, kuid vähendab mesilaste ellujäämist.

Kokkuvõtteks näitavad tulemused, et temperatuur võib kaasa aidata viiruskoormuse hooajalistele erinevustele, kuid ei soovita temperatuuri kasutada viiruste kõrvaldamise vahendina, isegi kui kõrge temperatuur piirab viiruse paljunemist.

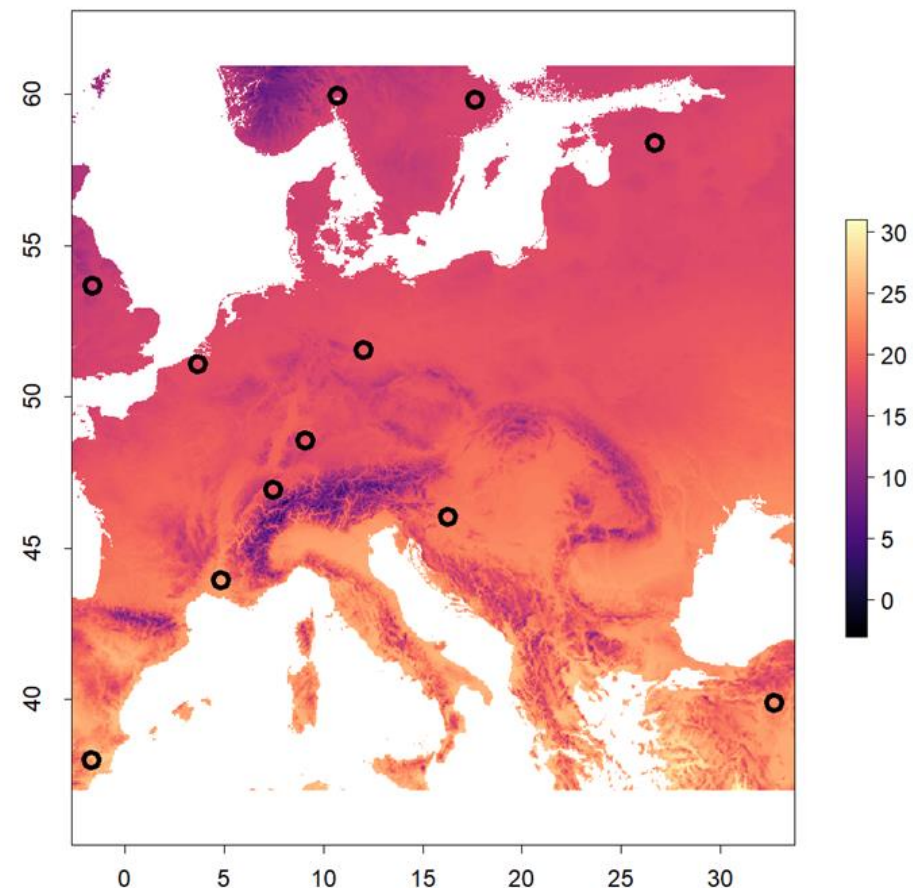
Viiruste ülekanne meemesikaste ja looduslike mesilaste vahel

- Uurida viiruste ülekandumist meemesilaselt looduslikele mesilastele Euroopa erinevates piirkondades
- Selgitada temperatuuri ja sademete mõju viiruste ülekandele

Analüüsiti

- 12 mesilaskoosluse virosfääri
- 1227 mesilasproovi
 - 495 meemesilast
 - 476 kimalast
 - 256 erakmesilast

Soojema kuu keskmine temperatuur



Katses käsitletud mesilaste viirused

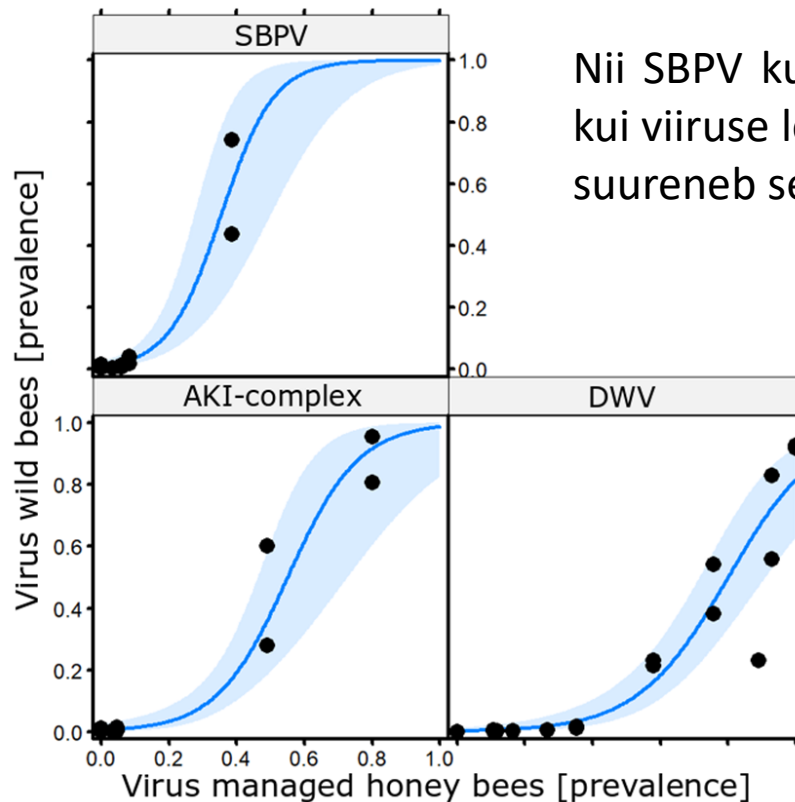
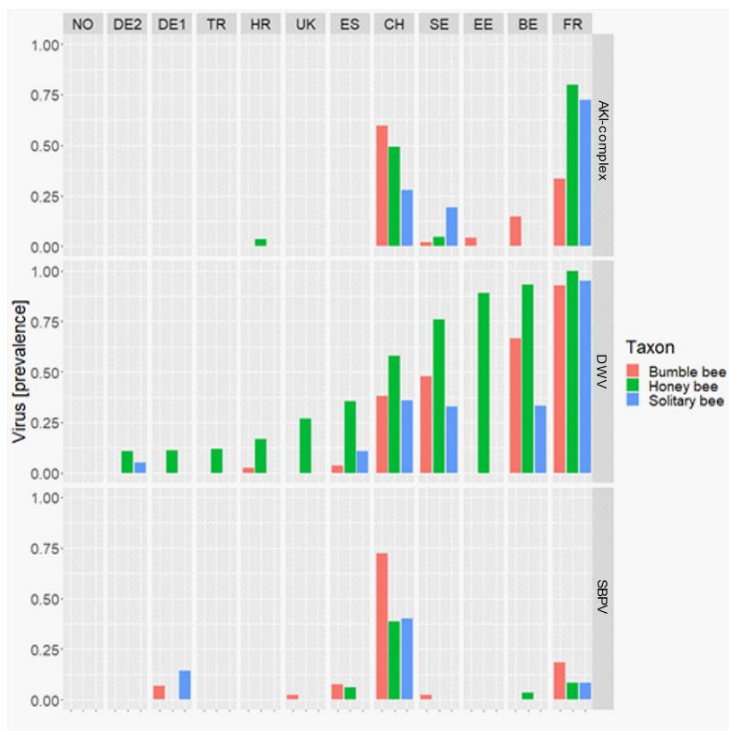
- Deformeerunud tiiva viirus (DWV)
- Aeglase paralüüsi viirus (SBPV)
- AKI-viiruse kompleks:
 - Mesilaste akuutse paralüüsi viirus (ABPV)
 - Kašmiri mesilasviirus (KBV)
 - Iisraeli akuutse paralüüsi viirus (IAPV)



Deformeerunud tiibadega meemesilane (DWV)

Liikide vaheline viiruste ülekanne

- Kõige levinum viirus nii kogu Euroopas kui ka kolmes mesilasrühmas oli DWV.
- Kõigi uuritud viiruste levimus oli geograafiliselt väga varieeruv.
- Leiti tugev seos looduslike mesilaste ja meemesilaste viiruse levimuse vahel laiemas geograafilisele skaalas



Nii SBPV kui ka AKI-kompleksi puhul viiruse kui viiruse levimus meemesilastel kasvab, siis suureneb see ka looduslike mesilaste seas.

DWV puhul näeme sarnast seost, kuid ainult siis, kui viiruse levimus mesilastel tõuseb üle 50%.

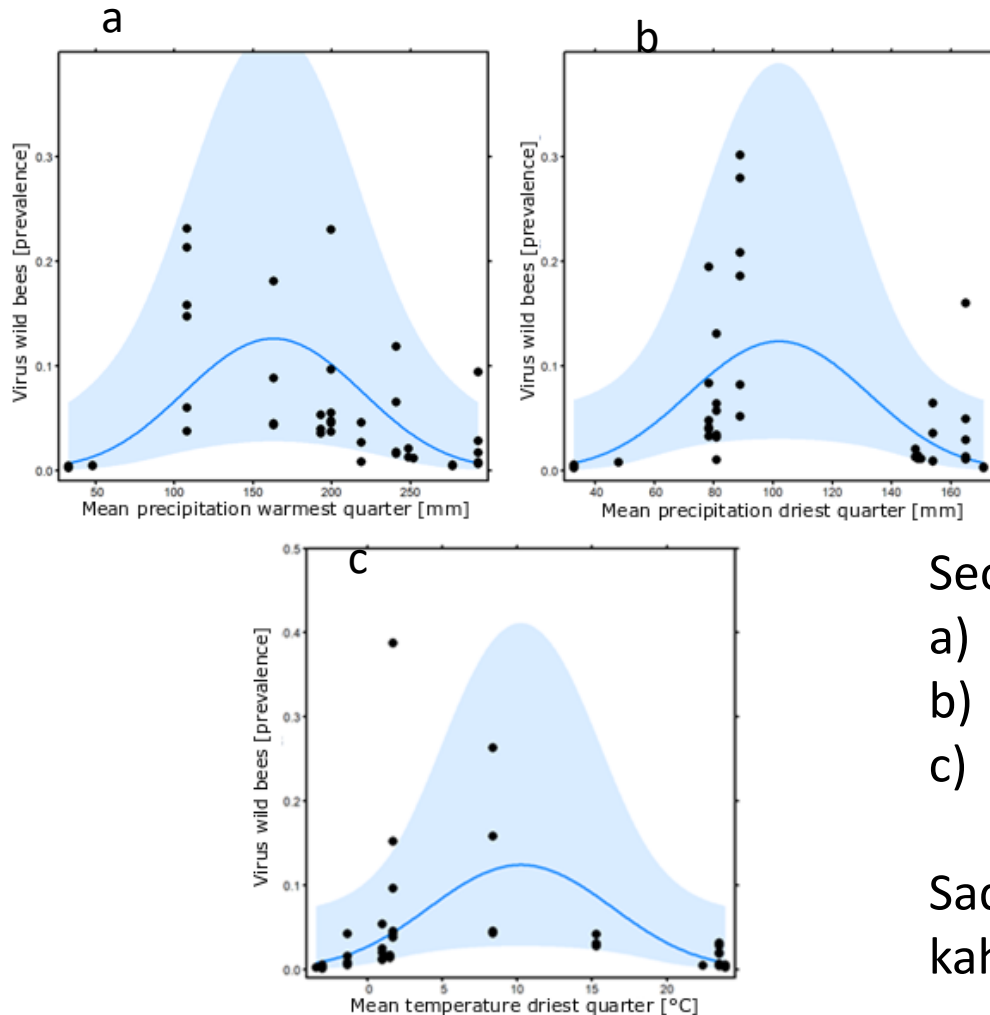
- Kõik uuritud viirused võivad nakatada nii looduslikke mesilasi kui ka meemesilasi
- Kuid erinevalt looduslikest mesilastest seisavad meemesilased silmitsi parasiitilesta *Varroa destructor* lisamõjuga.
- Lisaks viiruse levitamise võimele võib varroalest nõrgendada ka peresid, suurendades seeläbi viirusnakkuste mõju



Keskkonnast tulenevad mõjud

- Hoolimata viiruste leviku suurest erinevusest meemesilastel üle kogu Euroopa, ei leitud meemesilaste puhul mingit seost viiruse levimuse ja keskkonnatingimuste, temperatuuri ja sademete vahel
- Vastupidiselt enamikule looduslikele mesilasliikidele on meemesilased väga sotsiaalsed putukad, kes kontrollivad aktiivselt taru kliimat ja säilitavad suuri toiduvarusid.
- **Toiduvarude olemasolu** võib muuta meemesilastes viiruse dünaamika keskkonnatingimustest sõltumatuks
- **Mesilaste aktiivne majandamine kaasa aidata viiruste levimusele.**

Õhutemperatuur ja sademed



- Viiruste levimus looduslikes mesilastes oli seotud keskkonnatingimustega.
- Ebasobivad tingimused võivad põhjustada füsioloogilist ja toitumisalast stressi, mis võib põhjustada peremeespopulatsioonide arvu vähenemist

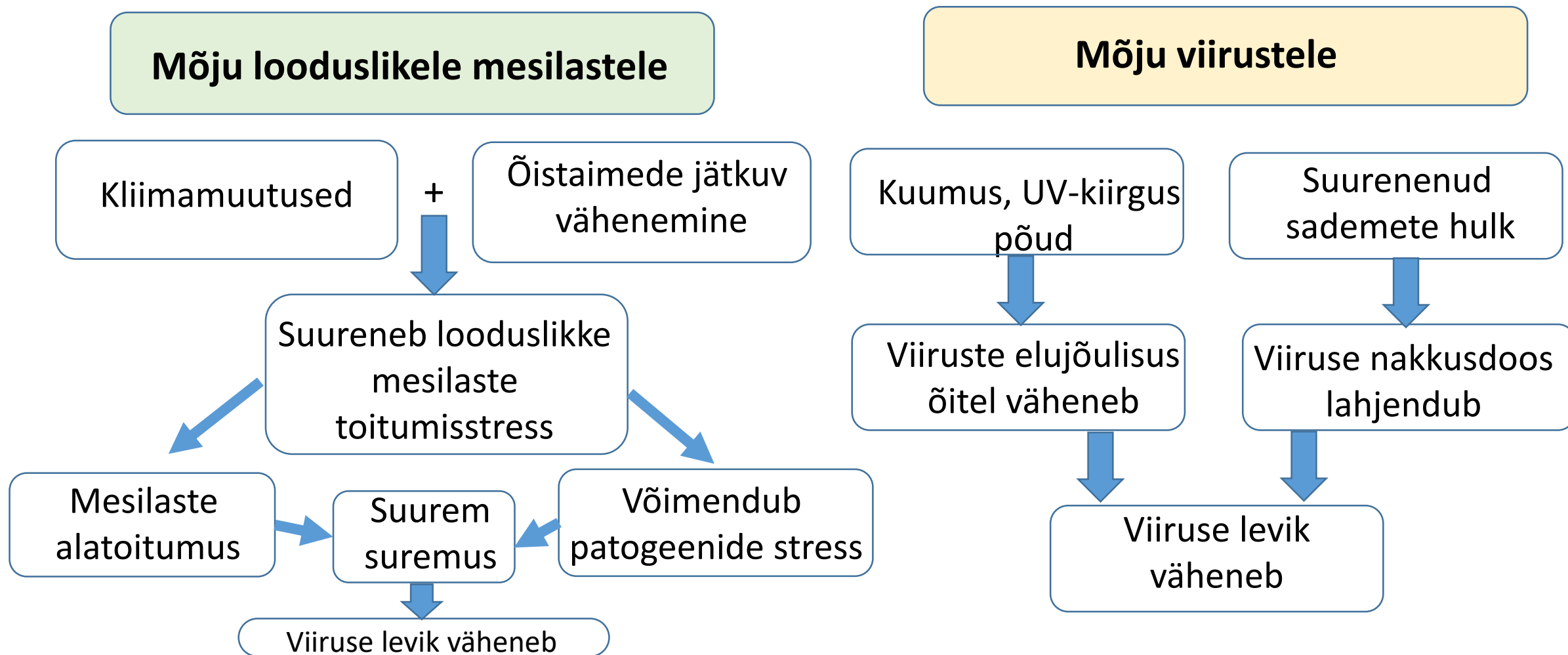
Seos viiruse esinemisel looduslikes mesilastes

- a) keskmise sademete hulk aasta kõige soojemal veerandil
- b) kuivema kvartali keskmise sademete hulga ja
- c) kõige kuivema kvartali keskmise temperatuuri vahel

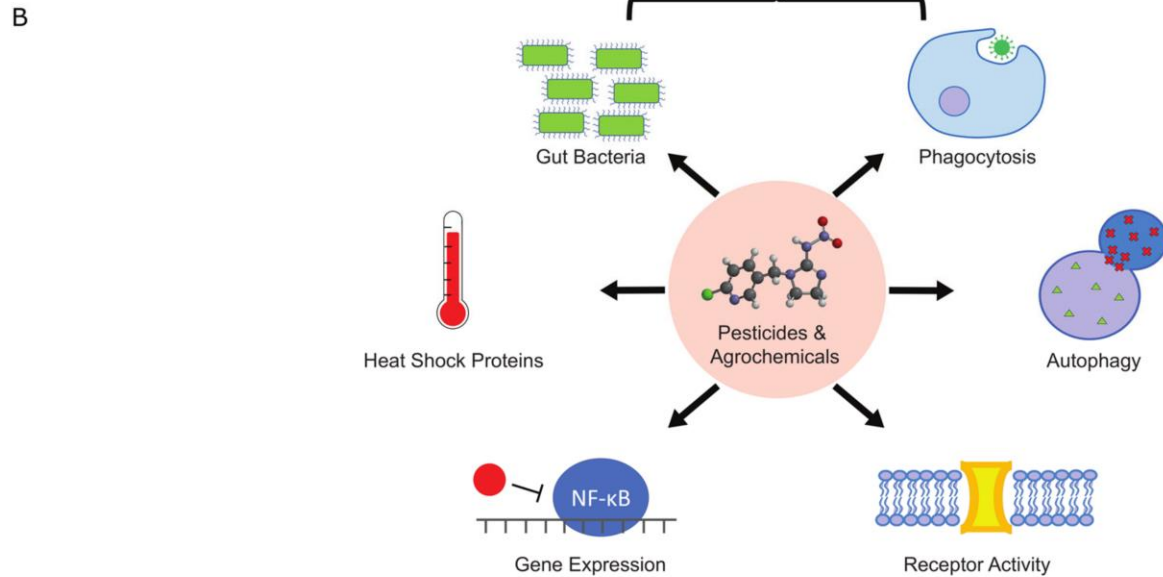
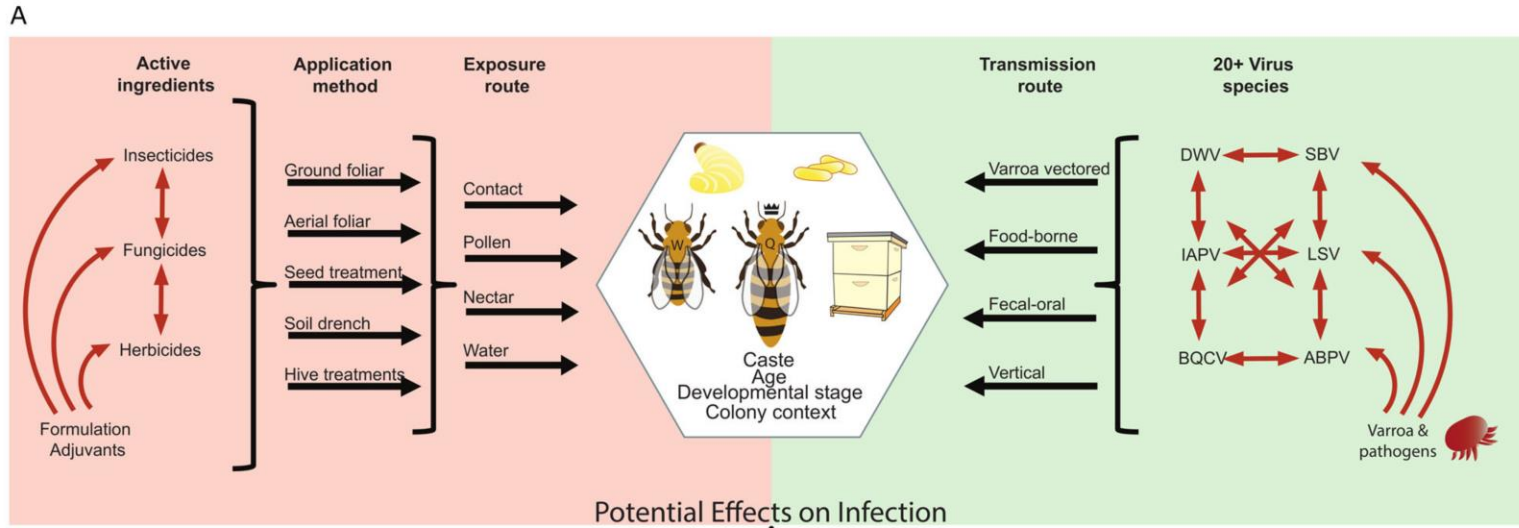
Sademete ja temperatuuri keskmised näitajad saadi enam kui kahe aastakümne aasta keskmisetest (1 km).

- Mesinike talvine teabepäev 2022

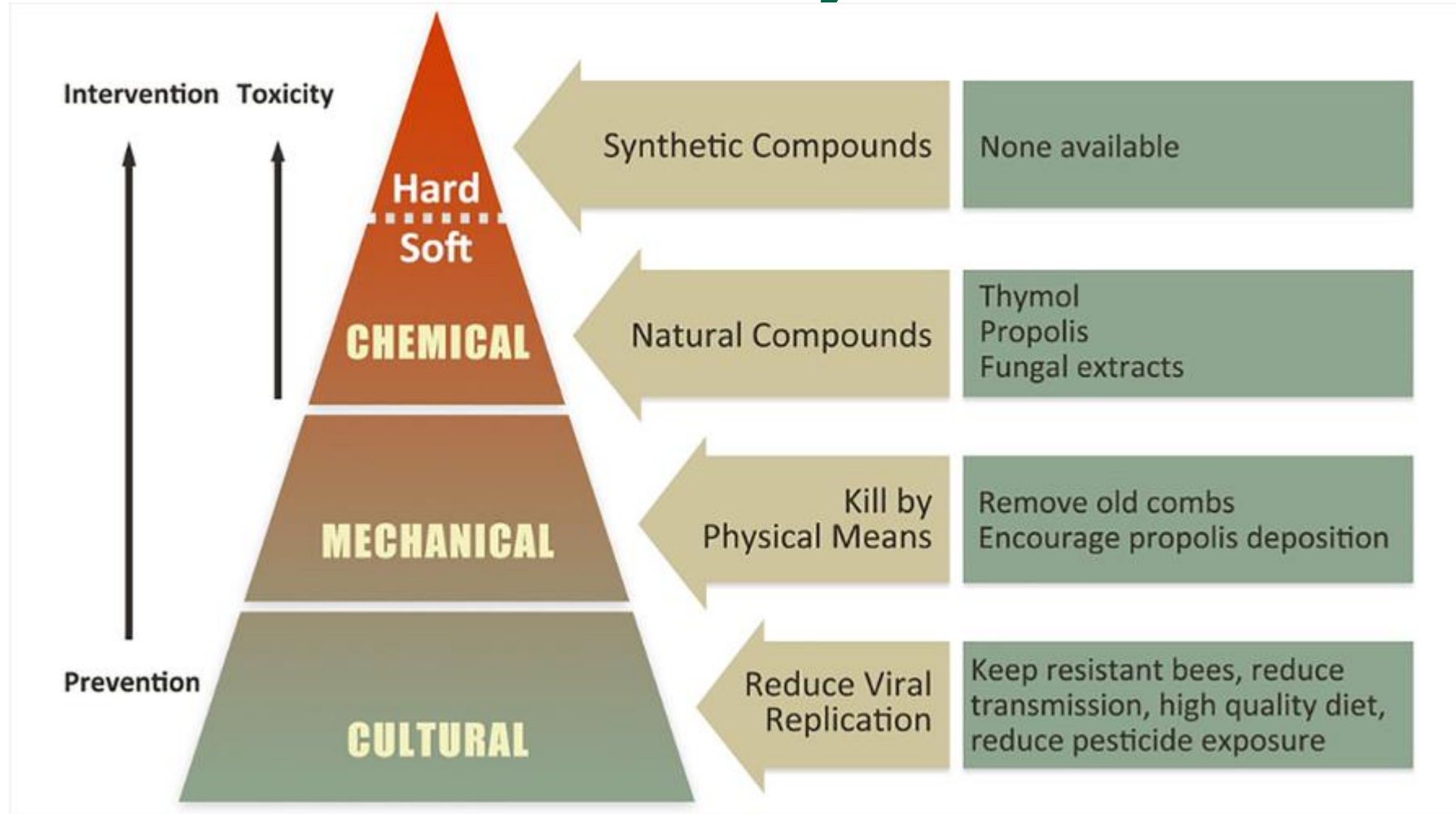
Äärmuslike temperatuuride ja liigniiskuse perioodide esinemiste mõju



Viirused, pestitsiidid ja mesilased



Viiruste tõrje



- <https://extension.psu.edu/viruses-in-honey-bees>

Kokkuvõte

- Viirused levivad looduslikelt mesilaste liikidelt meemesilastele ja vastupidi.
- Samas on erinevate viiruste puhul levimus erinev ning sõltub peremeesorganismi käitumuslikest ja füsioloogilistest eripäradest.
- Lisaks võivad keskkonnamuutused põhjustada muutusi ka viiruste levimuses, kuid nende suund ja ulatus ei ole selge.
- **Vältima peaks** meemesilaste perede muutumist viiruste paljunemisallikateks ja levitajateks looduslikele mesilastele

Täna tähelepanu eest!

