

# Kortlegging av arvamassanum hjá silvurkykti kann avdúka spennandi eginleikar

Silvurkykt er eitt fyrndargamalt vongleyst skordýr. Tey trívast best, har ið tað er slavið og heitt. Tískil eru silvurkykt nógv útbreidd í teimum vátligu pørtunum av tropisku og tempereraðu sonunum. Skulu tey yvirliva í køldum ella turrum økjum, eru tey noydd at finna sær skjól. Tað finna tey í menniskjaskaptum bygningum – eitt nú eru baðirúm og frárensl frálíkir heimstaðir hjá silvurkyktum.



**Elisabet Thomsen**

B.Sc. mýlsk lívfrøði,  
Amplexa Genetics A/S  
og Náttúruvísindadeildin,  
Fróðskaparsetur Føroya  
Núverandi arbeiðsgevari:  
Fiskaaling  
elisabet@fiskaaling.fo

**Svein-Ole Mikalsen**

Dr. philos, professari í  
mýlskari lívfrøði,  
Náttúruvísindadeildin,  
Fróðskaparsetur Føroya  
SveinOM@setur.fo

**Hans Atli Dahl**

Ph.D, stjóri Amplexa  
Genetics A/S  
atli@amplexa.com

**Sunnvør K. í Kongsstovu**

ph.d.-lesandi,  
Amplexa Genetics A/S og  
Náttúruvísindadeildin,  
Fróðskaparsetur Føroya  
skik@amplexa.com

Mong eru sløgini av silvurkyktum. Vanligt silvurkykt (*Lepisma saccharina*) er eitt av silvurkyktasløgnum (mynd 1, 2 og 3), sum dámar væl at liva í húsum. Silvurkykt (áður silvurfiskur) hevur verið umrøtt í Frøði fyrr (nr. 1, 2007), har Dorete Bloch segði frá um lívfrøðina hjá silvurkykti.

Av tí at silvurkykt leingi hava verið "húsdjór" hjá menniskjum, hava fólk varnast etivanarnar hjá teimum. Nógv pappír og bøkur eru endað sum silvurkyktaføði gjøgnum tíðina. Lím, stívilisrík klæðir og stívilisrík evnir undir tapeti kunnu tey eisini eta.

Tí hugsa nógv um silvurkykt sum eina húsarhaldsplágu. Men í grundini er hetta nakað, sum ger silvurkykt áhugaverd at kanna, tí tey kunnu liva av tilfari, sum fá onnur kunnu gagnnýta. Silvurkykt kann m.a. hava eitt ensým, sum niðurbrýtur sellulosu og onnur evni, sum annars eru ring at niðurbróta. Um ílegan, sum kotar fyri hesum ensýminum, verður funnin, ber til at framleiða ensýmíð og nýta tað til at gera fóður ella brennievni úr t.d. gomlum bókum og øðrum, sum silvurkykt kann eta.

Tað, at silvurkykt hevur yvirlivað fleiri hópoyðingar, ger tað eisini áhugavert, tí hesin lítli skapningur goymir sannlíkt arvaligar eginleikar, sum hava gjørt hann serliga mótstøðuforan, og tað er í sjálvum sær undranarvert.

Tað var við hesum í huga, at Amplexa Genetics og Fróðskaparsetur Føroya í felag skipaðu fyri einari bachelorverkætlan, har farið varð undir at avlesa

arvamassan hjá vanligum silvurkykti á granskingarsetrinum iNOVA í fyrru helvt av 2017. Fyri at granska í ílegum hjá einum skapningi, má arvamassin fyrst kortleggjast, og eingin hevur áður almannakunngjørt kortlegging av arvamassanum hjá silvurkykti.

## Hvussu ein arvamassi verður avlisin

Tá ið tosað verður um arvamassa, verður meint við alt DNA'ið, sum ein skapningur hevur. Hjá menniskjum er arvamassin býttur sundur í 23 kromosom-pør. Eingin almannakunngerð er um, hvussu nógv kromosom eitt silvurkykt hevur ella hvussu arvamassin sær út yvirhøvuð.

Í DNA'num sita fyra sløg av basum, sum eru evnafrøðiligir byggisteinar. Hesir basar verða nevndir adenine (A), thymine (T), cytosine (C) og guanine (G) (mynd 4). Tað fyrsta, sum verður gjørt, tá ið ein arvamassi skal kortleggjast, er, at raðfylgjan av hesum basunum verður avlisin í øllum arvamassanum. Hetta verður kallað sekvensering.

Meningin av sekvenseringsmaskinum hevur staðið í blóma tey seinastu árinum, og tí eru komin nógv sløg av sekvenseringsmaskinum, sum nýta ymiskar hættir til at avlesa DNA'ið.

Til sekvenseringina av arvamassanum hjá silvurkykti vórðu tvær ymiskar sekvenseringsmaskinur nýttar (mynd 5 og 6). Tann fyrra eitur NextSeq 500 og er frá fyrítøkuni Illumina, sum hevur klárað seg sera væl og nærum verið einaráðandi á marknaðinum tey seinastu árinum.



**Mynd 5.** Her síggjast báðar sekvenseringsmaskinurnar, sum skuldu nýtast til at avlesa silvurkyktaarvamassan. MinION er nógv minni enn aðrar sekvenseringsmaskinur – eitt nú NextSeq 500, sum hon her stendur omaná.

Henda maskinan kann bert avlesa smáar stubbar av DNA – upp til 150 basur á rað. Men hon kann kortini avlesa umleið 400 milliúnir smáar DNA stubbar í senn. Tað ger, at hon skjótt fær avlisið sera nógv DNA. Eftir tveimum døgum kann hon avlesa upp til 120 milliardir basur.

Seinna sekvenseringsmaskinan eitur MinION og er frá fyrítøkuni Oxford Nanopore Technologies. Hetta er ein nýggj sekvenseringsmaskina, sum nógv eru hugtikin av, tí hon er á stödd við eina farteleson og kann setast til eina teldu við einum USB-stikki. Hon er somuleiðis før fyri at avlesa nógv longri stubbar av DNA. Metið er 882.000 basur á rað.

Út frá einari koyring avlesur hon í mesta lagi 15,7 milliardir basur, sum tó er umleið átta ferðir minni enn tað, sum NextSeq avlesur. NextSeq gevur sostatt nógv meira úttak. Tó kunnu longu raðfylgjurnar, sum MinION avlesur, vera sera hentar til arbeiðið, sum kemur eftir sekvenseringina.

### Stuttu raðfylgjurnar savnaðar

Eftir sekvenseringina verður farið til teldurnar at arbeiða. Hetta verður kallað tann bioinformatiski

parturin. Nú er raðfylgjan av basunum í arvamassanum avlisin, tó ikki í eini áhaldandi raðfylgju, men í fleiri hundrad milliúnsmærri raðfylgjum. Stóra arbeiðið er nú at seta allar hesar smáu raðfylgjurnar saman, ástøðiliga sæð inntil har er ein áhaldandi raðfylgja fyri hvørt kromosom (mynd 7).

Um allar raðfylgjurnar skuldu verið settar saman við hond, hevði tað tikið eitt heilt mannalív. Forrit gera tí samansavningina. Nógv forrit eru at velja ímillum, og um tvey ymisk forrit verða nýtt til at samansavna somu raðfylgjur, er ikki vist, at tey geva sama úrslit. Tí kann tað vera ein fyrimunur at royna fleiri forrit og samanbera úrslitini.

Tey ymisku forritini mugu eisini hava ávísar longdir av raðfylgjum. Tí er tað umráðandi, at ein ætlan er gjørd um, hvørji forrit skulu nýtast, áðrenn valt verður, hvørjum maskinum sekvenserast skal við.

### Samansavning av silvurkyktaarvamassanum

Tann ætlaða mannagongdin fyri at savna saman silvurkyktaarvamassan er henda: Fyrst verða tær stuttu raðfylgjurnar frá NextSeq savnaðar saman til samanhangiandi raðfylgjur, sum verða nevndar contigs.



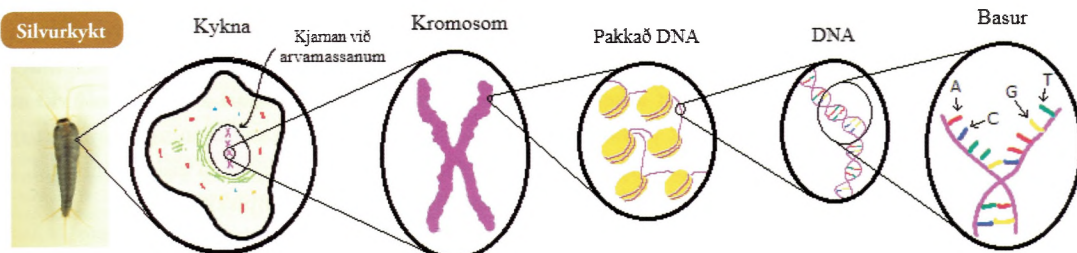
**Mynd 6.** MinION er ein nýggj sekvenserings-maskina, sum er á stödd við eina farteleson og kann koplast til eina teldu við einum USB-stikki. Ætlanin var at nýta hana at avlesa silvurkyktaarvamassan, men tíverri gekk ikki sum ætlað.

Myndir: Høvundar



**Mynd 1.** Vanligt silvurkykt (*Lepisma saccharina*) sæddur omanífrá. Hann hevur hampuliga stuttar halar og ein smalkandi kropsform. Silvurkykt hevur ongar veingir, men seks bein, sum øll skordýr hava.

Mynd: Høvundar



**Mynd 4.** Arvamassin er alt samlaða DNA'ð, sum liggur vart inni í kjarnanum á kyknunum hjá einum skapningi. Tá ið arvamassin skal kortleggast, skal raðfylgjan á basunum, sum sita í DNA'num, avlesast.

Mynd: Høvundar



**Mynd 2.** Her sæst eitt spákandi silvurkykt (vanligt silvurkykt). Tann svartri prikkurin á síðuni á høvduinum er samansetta eygað á silvurkyktinum, sum sæst betur á mynd 3.

Mynd: Høvundar



**Mynd 3.** Tá ið hugt verður nærri at silvurkykti sæst, at hann hevur fleiri hár og samansett eyga. Yvirsíðan er dekkjað av silvurskínandi roðslu (vanligt silvurkykt).

Mynd: Høvundar

Síðan verða tær longu raðfylgjurnar frá MinION nýttar til at seta contigsini saman. Tað er nevniliga soleiðis, at summir partar av arvamassanum kunnu vera ringir at savna saman, um bert stuttar raðfylgjur eru tøkar, og hetta kundu MinION raðfylgjurnar hjálpa uppá.

Hetta var í øllum førum ætlanin. Men tá ið reinsaða silvurkykta-DNA'ið varð løtt á MinION maskinuna, komu nærum ongar avlesingar fram á telduni. Hetta var sera harmiligt, men ein veruleiki innan gransking – alt gongur ikki altíð sum ætlað!

MinION er ein nýggj sekvenseringsmaskina og er tí enn undir menning. Tað vísti seg, at júst tá keypt varð inn til silvurkyktasekvenserina, hevði fyrítøkan gjørt broytingar í evnunum, sum verða nýtt til at sekvensera við, og hesar broytingar høvdu neiliga ávirkan á maskinuna. Tí vóru bert tær stuttu silvurkyktaraðfylgjurnar frá NextSeq tøkar, og tað var ikki nóg mikið til at gera eina góða samansavning av arvamassanum. Tó kundu ymiskar metingar gerast út frá stuttu raðfylgjunum. Um tað í framtíðini verður møguligt at avlesa meira silvurkykta-DNA við t.d. MinION, ber til at gera samansavningina lidna.

## Silvurkykt hevur nógv størri arvamassa enn væntað

Av tí at arvamassin hjá silvurkykti var ókendur, vórðu forrit nýtt til at meta um støddina á arvamassanum. Royndin vísti, at arvamassin var umleið 2,5 milliardir basur. Hetta var nógv størri enn væntað, og silvurkyktaarvamassin er sostatt nærum líka stórur sum menniskjaarvamassin, sum er umleið 3 milliardir basur.

Enn er óvist, hví arvamassin hjá silvurkykti er so stórur. Ofta eru arvamassar hjá skordýrum nógv minni. Eitt nú er arvamassin hjá nógv granskaðu bananfluguni bert 144 milliónir basur. Dømi eru kortini um skordýr, sum hava stórar arvamassar, og tá ið hugt varð at granskingum av skordýrum, sum eru nær skyld við silvurkykt, høvdu tey arvamassar, sum vóru umleið líka stórir sum silvurkyktaarvamassin varð mettur at vera.

## Nýtt silvurkyktaslag staðfest í Føroyum

Langt áðrenn farið verður í starvsstovuna at reinsa DNA og sekvensera, mugu nøkur silvurkykt fangast. Hetta kann eisini vera eitt drúgt arbeiði. Tað er umráðandi, at tú tryggjar tær, at tú hevur fangað vanlig silvurkykt og ikki onnur sløg av silvurkyktum.

Fyrr varð hildið, at vanligt silvurkykt var einasta slag av silvurkykti í Føroyum. Men tá ið farið varð undir at greina fangaðu silvurkyktini, mátti ásannast, at har vóru tvey sløg av silvurkyktum! Umfram vanligt silvurkykt, sum eitur *Lepisma saccharina* á latíni, var eitt nýtt slag til staðar, sum á latíni eitur *Ctenolepisma longicaudata*, og sum á føroyskum hevur fingið navnið “bustsilvurkykt”. Sløginu eru rættiliga lík, men *Ctenolepisma longicaudata* er nakað størri og lodnari enn vanligt silvurkykt (mynd 8).

## Hvat kann kortlegging av silvurkyktaarvamassanum brúkast til?

Sum áður nevnt fer tað at verða møguligt at granska í ílegunum hjá silvurkykti, tá ið arvamassin er kortlagdur. Hetta fer eisini at styrkja ílegugransking av skordýrum sum heild. M.a. kann nevnt, at antimikrobiel peptidur, sum eru ein partur av immunverjuni, vera granskað hjá skordýrum.

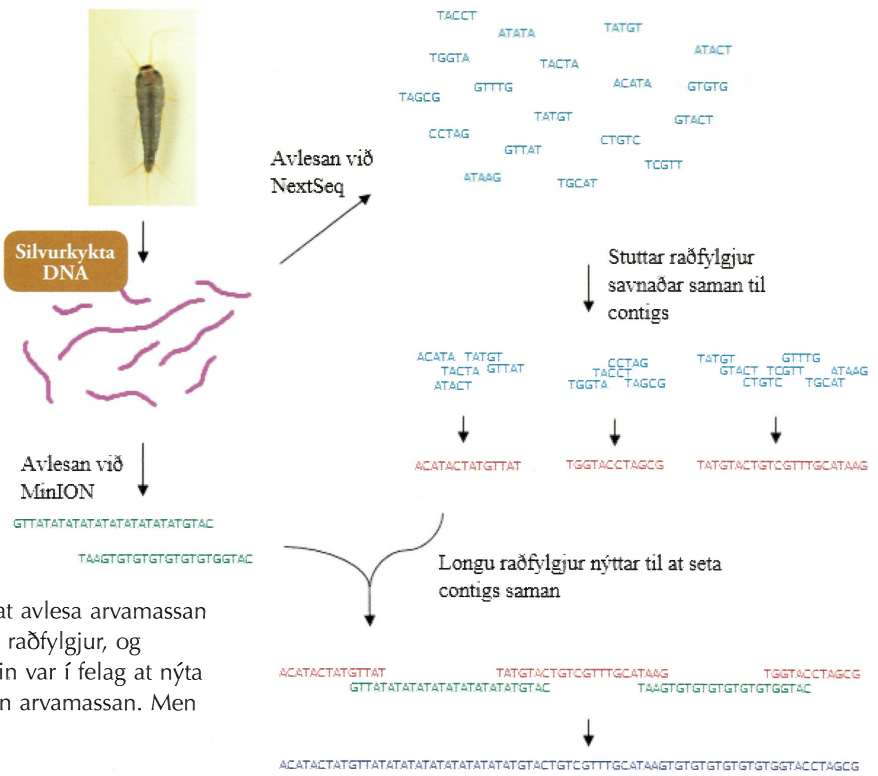
Granskar hava varnast, at hesi møguliga kunnu nýtast til ymisk heilivágsfrøðilig endamál, m.a. at lekja krabbamein og kanska eisini kunnu brúkast sum eitt alternativ fyri antibiotika, tí nógvar bakteriar eru blivnar mótstøðuførar fyri tí.

Í 2014 gjørdu granskararnir Misof et al. eitt ættartræ av skordýrum fyri at síggja, hvørji sløg vóru tættast skyld og nær tey ymisku skordýrasløgini høvdu ment seg gjøgnum tíðina. Henda metingin vísti, at hópurin av silvurkyktum mentist fyri umleið 440-410 milliónum árum síðani, sum er lutfalsliga stutt eftir, at fyrstu djórini fluttu úr havinum upp á land (mynd 9).

Í lívfrøðini verður ofta tosað um tær fimm stóru hópoyðingarnar (mynd 9). Millum 50-96% av øllum sjódjórasløgum doyðu undir hvørjari av hesum hópoyðingum orsakað av skjótum umhvørvisbroytingum. Fýra av hesum hópoyðingum hendu, eftir at silvurkykt høvdu ment seg, og tískil mugu tey hava sera góð evni at yvirliva. Hvørji hesi evnini eru, kann ein kortlegging av silvurkyktaarvamassanum somuleiðis geva innlit í.

Tað eru nógv stig á vegnum at fáa ein arvamassa avlisan, samansavnaðan og greinaðan. Lítið hevur verið gjørt av tílíkum í Føroyum áður. Eitt endamál við verkætlanini er eisini at fáa royndir við tílíkum í Føroyum. Tá ið arvamassin hjá einum skapningi er kortlagdur, er nógv lættari at fara í holt við at avlesa arvamassan hjá næsta skapningi. Royndirnar frá hesari verkætlanini kunnu tí eisini nýtast t.d. í sambandi við fisk og menniskju.

Eitt, sum er serstakt við hesi granskning, er eisini, at tá ið farið verður inn á ókend øki, er ongantíð vist, hvat ið funnið verður. Eitt nú funnu granskarar, sum granskaðu í heitum keldum, knappliga eina bakteriu, sum hevði ensým, sum toldu ómetaliga høgan hita. Hetta ensýmið er í dag eitt aðalkrav innan nærum alt arbeiði við DNA, tí neyðugt er at nýta høgan hita, sum vanlig ensým ikki tola. Staðfestingin av bustsilvurkykti var heldur ikki eitt endamál við silvurkyktaverkætlanini, so vit kunnu ímynda okkum, hvussu nógv loyndarmál enn liggja og bíða eftir at verða avdúkað, um kortlegging av silvurkyktaarvamassanum verður gjørd liðug.



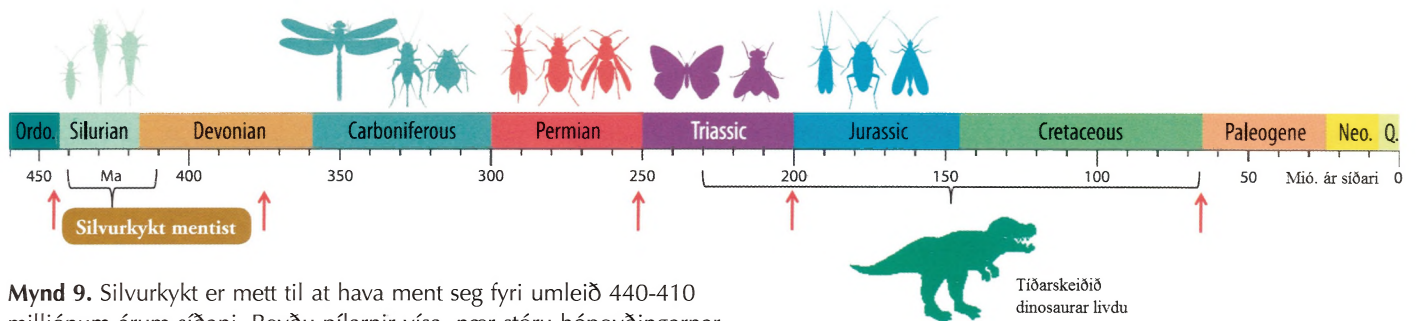
**Mynd 7.** Tvær sekvenseringsmaskinur vórðu nýttar til at avlesa arvamassan hjá silvurkykti: NextSeq, sum gevur sera nógvar stuttar raðfylgjur, og MinION, sum gevur fáar, men langar raðfylgjur. Ætlanin var í felag at nýta hesar stuttu og longu raðfylgjur til at savna saman allan arvamassan. Men tíverri eydnaðist sekvenseringin við MinION ikki.

Mynd: Høvdar



**Mynd 8.** Bustsilvurkykt (*Ctenolepisma longicaudata*) er eitt annað slag av silvurkykti, sum líkist nógv vanligum silvurkykti. Hetta slagðið varð staðfest fyrri fyrstu ferð í Føroyum, tá ið farast skuldi undir at avlesa arvamassan hjá vanligum silvurkykti.

Mynd: Høvdar



**Mynd 9.** Silvurkykt er mett til at hava ment seg fyrri umleið 440-410 milliónum árum síðani. Reyðu pílarin vísar, nær stóru hópoyðingarnar vóru. Fýra av hesum hava silvurkykt megnað at yvirliva.

Mynd: Frá Misof, B. et al. 2014. "Phylogenomics Resolves the Timing and Pattern of Insect Evolution." Science 346, 763. Endurprintað við loyvi frá AAAS. Tillagað av høvundunum.

**Keldur:**

Barletta, B. et al. (2005) 'Immunological characterization of a recombinant tropomyosin from a new indoor source, Lepisma saccharina', *Clinical & Experimental Allergy*, 35(4), pp. 483-489.  
 Bloch, D. (2007) 'Silvurfiskur - eitt elligamalt skordjór', *Frøði*, pp. 30-31.  
 Campbell, N. A., et al. (2015) 'Macroevolution' In *Biology A Global Approach*, Tenth Edition, Pearson, Editor: Wilbur, Beth et al., 591-99.  
 Lehman, I. R. (2003) 'Discovery of DNA Polymerase', *The Journal of Biological Chemistry*.  
 Misof, B. et al. (2014) 'Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution', *Science*, 346(6210), pp. 763-767.  
 Richards, S. and Murali, S. C. (2015) 'Best practices in insect genome sequencing: What works and what doesn't', *Current Opinion in Insect Science*, 7, pp. 1-7.  
 Sweetman, H. L. (1939) 'Responses of the silverfish, *Lepisma saccharina* L., to its physical environment', *Journal of Economic Entomology*, 32, pp. 698-300.  
 Tonk, M. and Vilcinskis, A. (2017) 'The Medical Potential of Antimicrobial Peptides from Insects', *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 17(5), pp. 554-575.  
 Tonk, M., Vilcinskis, A. and Rahnamaeian, M. (2016) 'Insect antimicrobial peptides: potential tools for the prevention of skin cancer', *Applied Microbiology and Biotechnology*, pp. 7397-7405.