

# MIKSI SPACEX-YHTIÖTÄ VIHATAAN?



Kun SpaceX-avaruusyhtiön uusi raketti Starship räjähti ensimmäisellä koelennollaan, yhtiön työntekijät hurrasivat innostuneesti. Mikä heitä oikein vaivasi? SpaceX:n yrityksen ja erehdyksen periaate on saanut monet vihan valtaan. Tunteita herättää myös sen perustaja, Elon Musk, joka on liittoutunut Donald Trumpin kanssa. Hän voi olla itse yhtiönsä suurin uhka.

**I**nsinöörimoguli **Elon Muskin** perustama SpaceX-yhtiö, eli Space Exploration Technologies Corporation, on nykyisin lähes monopoliasemassa läntisen maailman avaruustoiminnassa. Kilpailijoita on vain muutama, ne luottavat pitkälti institutionaalisiin tilauksiin (kuten puolustusvoimat) ja niiden hintataso on korkeampi.

Viime vuonna SpaceX teki maailman 224:stä avaruusrakettin laukaisusta 96 – siis lähes puolet. Lähimmäksi pääsee vain Kiina 49 laukaisullaan. Kolmantena viime vuonna ollut Venäjä on tänä vuonna avaruusrakettien laukaisujen määrässä entistäkin vähäpätöisempi.

SpaceX on noussut asemaansa hyvin nopeasti, vain kahdessa vuosikymmenessä. Ei

ihme, että avaruusajan alusta asti toimineet yhtiöt ovat kokeneet osansa tukalaksi: perinteiset tavat toimia, kehittää uusia laitteita ja tehdä bisnestä eivät enää toimi.

## STARSHIP VS. APOLLO-AJAN LYPSYLEHMÄ

Kärjekkäin esimerkki uuden ja vanhan maailman kohtaamisesta on kaksi uutta jättiläsrakettia.

Perinteinen ilmailu- ja avaruusyhtiö Boeing on tehnyt Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruuhallinnon Nasan tilauksesta uutta rakettia tulevia kuulentoja varten, mutta tämän SLS-nimisen ([Space Launch System](#)) raketin kehittäminen on myöhässä ja se on

---

SpcaeX:n Falcon 9 -kantoraketti nousee lentoon Floridasta.



---

## Alun perin Muskin tavoitteena ei ollut rakettiyhtiön perustaminen, vaan hän halusi ostaa raketteja venäläisiltä.

---

tullut maksamaan yli tuplasti sen mitä alun perin laskettiin.

Hanke alkoi virallisesti vuonna 2011 ja raketin oli tarkoitus lentää vuonna 2018. Ensilento oli vuonna 2022, mutta miehitettyjä kuulentoja varten raketia pitää vielä muuttaa. Hintalapussa lukee 10 miljardin dollarin sijaan nyt yli 26 miljardia dollaria – ja koko ajan ilmenevien lisätöiden ja myöhästymisien vuoksi hinta vielä nousee. Boeingille projekti on tuottoisa lypsylehmä, kun se voi laskuttaa lisää koko ajan.

SpaceX on samaan aikaan kehittänyt Starship-nimistä avaruusaluksen ja raketin yhdistelmää, joka on suurempi ja voimakkaampi kuin SLS sekä lisäksi kokonaan uudelleenkäytettävä. Kun yksi kertakäyttöisen SLS:n laukaisu maksaa noin 2,5 miljardia dollaria, vie Starship rahtinsa avaruuteen ja tulee alas uutta lentoa varten mahdollisesti vain noin miljoonalla dollarilla. Siis miljoonalla, ei miljardilla; hinnoissa on todella kolmen nollan kokoinen ero!

Myös Starship on hieman myöhässä SpaceX:n alkuperäisestä, hyvin kunnianhimoisesta aikataulusta. Elon Musk ilmoit-

ti näyttävästi vuonna 2012 tekeillä olevasta suuresta jättiraketista, joka tulisi käyttöön noin vuonna 2020. Viivästys ei kuitenkaan ole yllättävää, koska kyseessä on kokonaan uudenlainen raketti, ja sen lisäksi yhtiö on rakentanut Starshipin tekemistä, testaamista ja laukaisutoimintaa varten kokonaan uuden avaruuskeskuksen Teksasiin. SLS käyttää Floridassa sijaitsevan Kennedyn avaruuskeskuksen vanhaa infrastuktuuria, Apollo-avaruusaluksen aikaisia perusratkaisuita ja avaruussukkuloista periytyvää tekniikkaa.

Lokakuun 2024 loppuun mennessä Starship on tehnyt viisi koelentoa, jotka sujuivat yhä paremmin ja paremmin. Viidennellä lennollaan raketin ensimmäinen vaihe palasi jo takaisin laukaisupaikalleen, suuressa tornissa olevat metalliset tukivarret nappasivat raketista kiinni ja laskivat sen laukaisualustalle. Se oli suuri saavutus ja kuvat laskeutumisesta olivat kuin suoraan tieteiselokuvista.

### MARS MARSII!

Jotta SpaceX:n toimia voi ymmärtää, kannattaa katsoa historiaan.



**Starship valmisteltavana koelentoon SpaceX:n Teksasiin rakentamassa Starbase-laukaisukeskuksessa. Työt jatkuvat keskuksessä lähes yötä päivää, joten viime vuonna otettu kuva on jo hieman vanhentunut: nyt laukaisualustoja on jo kaksi.**

Alun perin Muskin tavoitteena ei ollut rakettiyhtiön perustaminen, vaan hän halusi ostaa raketteja venäläisiltä. Venäläiset lähes nauroivat nuorelle nousukkaalle, joka kertoi tarvitsevansa raketteja perustaakseen siirtokunnan Marsiin.

Muskin päähänpinttymä on ollut ja on edelleen se, että ihmiskunnasta pitää saada ”multiplanetaarinen”. Jos maapallolle tapahtuu jotain dramaattista ja täällä asuvat ihmiset tuhoutuvat, se on ihmissuvun loppu. Mikäli sen sijaan ihmisiä asuu myös muualla aurinkokunnassa, voimme selviytyä sukupuutolta.

Kaunis ajatus, mutta toteutus on hankalaa. Koska Maan ohella Mars on aurinkokuntamme planeetoista oikeastaan ainoa, missä on mahdollista elää, on punainen planeetta ollut Muskin päämääränä. Ja voidakseen lähettää sinne ensin rahtia ja sitten ihmisiä, hän tarvitsi raketteja. Paljon ja suuria.

Venäläiset antoivat Muskille reippaasti ylihintaisen tarjouksen, joten hän päätti perustaa itse rakettiyhtiön. Muskin mukaan itse tekemällä saisi raketteja edullisemmin ja lisäksi voisi kehittää juuri sopivia sellaisia.

Musk perusti SpaceX:n vuonna 2002 ja palkkasi muutamia ennakkoluulottomia

avaruusinsinöörejä suunnittelemaan rakettia vaatimattomassa teollisuushallissa.

**Eric Berger** kuvaa kirjassaan *Liftoff* hyvin yhtiön alkuvaiheita, pitkiä päiviä, ja sitä, miten uusia työntekijöitä palkattiin tuttavien ja tuttavien tuttavien kautta. Ja myös sitä, kuinka Musk rekrytoidessaan pyrki varmistumaan siitä, että henkilö oli sopiva.

Musk ei nimittäin halunnut insinöörien toimivan perinteiseen tapaan, vaan katsovan asiaa laajemmin kuin vain oman vastualueensa näkökulmasta. Työtä tehtiin myös halvalla ja yksinkertaisissa oloissa, joten isompien avaruusyhtiöiden tarjoamia mahdollisuuksia toivoville näytettiin heti ovea.

Kirjassa myös kerrotaan Muskin peruseriaatteista rakettia tehdessä. Vaikka kyse oli aluksi vain pienestä raketista, kaikkia osia suunniteltaessa piti ottaa huomioon teollinen sarjatuotanto ja yksinkertaisuus. Kaikki mahdollinen haluttiin myös tehdä itse sen sijaan, että töitä tai järjestelmiä olisi tilattu alihankkijoilta.

Perinteisesti avaruuslalla oli (ja on edelleen) tapana tehdä satelliitteja ja raketin osia lähes käsityönä yksittäiskappalein. Alihankintaketjut ovat pitkiä, kun liiketaloudellisista ja poliittisista syistä osia rakennetaan eri puolilla maailmaa.

Tekemällä itse SpaceX pystyi kehittämään tekniikkaansa nopeasti: omassa pajassa pystyttiin tekemään uusia, parempia osia omalla, joustavalla aikataululla – usein ylitöinä öi-

sin. Jos tehdessä keksittiin, miten osan voisi tehdä paremmin, niin tehtiin. Perinteisessä kuviossa kehitysidea ei välttämättä olisi päätyntä alihankkijalta tilaajalle. Ja jos olisi päätyntäkin, suunnitteluun, uuteen tilaukseen ja uuden osan tekemiseen olisi mennyt helposti kuukausikaupalla aikaa.

Yhtiön ensimmäinen raketti oli Falcon 1, joka teki ensilentonsa 24. maaliskuuta 2006. Tuo lento tosin päättyi raketin tuhoon vain 25 sekuntia laukaisun jälkeen. Kaksi muutaakin lentoa epäonnistui, ennen kuin neljännellä yrittämällä syyskuussa 2008 Falcon 1 lopulta onnistui.

Tuolloin tosin Musk oli jo siirtänyt katseensa tulevaan. Suuremmassa Falcon 9:ssä oli yhdeksän Falcon 1:ssä ollutta Merlin-rakettimoottoria, mistä tulee nimi Falcon 9. Moottorit ovat raketin tärkeimmät osat, joten Falcon 1:n tehtävä oli jo täytetty. Se teki vielä yhden lennon, ennen kuin Falcon 9 tuli käyttöön kesäkuussa 2010.

### MITEN SATELLIITTI LAUKAISTAAN AVARUUTEEN?

Falcon 9 on hyvä esimerkki nykyaikaisesta kantoraketista. Sen tehtävä kaikessa yksinkertaisuudessaan on nostaa hyötykuorma – satelliitti, avaruusalus, luotain tai mitä nyt halutaankin laukaista – ilmakehän ulkopuolelle ja kiihdyttää se kiertoratanopeuteen eli vähintään 28 800 kilometrin tuntinopeuteen.

## Kaupallinen yhtiö voi ”räjäyttellä rakettejaan” ilman paheksuntaa – etenkin, kun viulut maksaa joku raharikas.

Jotta tämä onnistuisi, pitää raketti tehdä osista, joita pudotetaan pois sitä mukaa kun matka etenee. Näitä osia kutsutaan vaiheiksi.

Suurin vaiheista on ensimmäinen vaihe, raketin alaosa, joka nostaa raketin korkealle ilmakehässä ja kiihdyttää suureen nopeuteen. Falcon 9:n tapauksessa tyypillisesti ensimmäinen vaihe irtoaa ja toisen vaiheen rakettimoottori syttyy 70–80 kilometrin korkeudessa ja 8000–10 000 kilometrin tuntinopeudessa. Aikaa laukaisusta on tuolloin kulunut hieman yli kaksi minuuttia.

Toinen vaihe jatkaa eteenpäin. Se työntää hyötykuorman avaruuteen ja vauhdittaa sen lopulliseen nopeuteen. Joissain raketeissa vaiheita on enemmänkin, mutta periaate on sama: ylimääräinen massa pudotetaan pois heti, kun sitä ei tarvita.

Normaalisti vaiheet ovat kertakäyttöisiä, eli ne hylätään käytön jälkeen. Ne joko putoavat mereen (Kiinassa ja Venäjällä myös maalle, jopa asutuille alueille) tai tuhoutuvat osuessaan ilmakehään korkeammalta palatessaan.

Elon Muskin ajatuksena ensimmäisestä Falconista alkaen oli tehdä raketit uudelleenkäytettäviksi. Tosin käytännön syistä päähuomio kiinnitettiin aluksi vain ensimmäiseen vaiheeseen, koska se on raketin kallein osa. Se on tukevatekoinen ja siinä on rakettimoottorit.

SpaceX:n alun perin utopistiselta tuntunut ajatus ensimmäisten vaiheiden uudelleenkäytöstä on osoittautunut toimivaksi. Falcon 9:n laukaisut ovat onnistuneet yli vuosikymmenen aikana erittäin hyvin, vain pari epäonnistumista on ollut. Sen sijaan ensimmäisten vaiheiden laskeutumiset epäonnistuivat hyvinkin näyttävästi parin vuoden ajan, kunnes ensimmäinen laskeutuminen kiinteälle maalle onnistui joulukuussa 2015 ja meren pinnalla olevan jalkapallokentän kokoisen lavetin päälle huhtikuussa 2016.

Vuodesta 2017 alkaen ensimmäisten vaiheiden laskeutumiset ovat muodostuneet rutiiniksi. 371:stä laskeutumisesta yrittäneestä lennosta 359 on onnistunut, ja kunnostettu-





KUVAN LÄHDE: SPACEX

**SpaceX testasi ensin Starship-avauusalusta yksinään, ilman suurta ja raskasta ensimmäistä vaihetta. Kuvassa Starship no. 8:n lento päättyy näyttävään räjähdykseen joulukuussa 2020. Kaksi seuraavaakin koelentoa sujuivat hyvin, mutta lopuivat huonosti, ennen kuin Starship SN11 onnistui myös laskeutumaan hyvin.**

ja ensimmäisiä vaiheita käyttäneitä lentoja on jo 335. Monet asiakkaat haluavatkin nyt täysin uuden raketin sijaan ”sisäänajetun” raketinvaiheen.

Falcon 9 -raketteja laukaistaan kolmelta laukaisualustalta Floridassa ja Kaliforniassa. Parhaimmillaan niitä suhahtelee taivaalle kolmekin viikossa, ja osa ensimmäisistä vaiheista on lentänyt jo yli 20 kertaa.

Ei ihme, että SpaceX on kaapannut etenkin läntiset markkinat lähes kokonaan itselleen.

### UNELMIA JA INTOHIMOA

Läntisessä maailmassa SpaceX:llä on vain kaksi suoraa kilpailijaa: ULA (United Launch Alliance, Boeingin ja Lockheed-Martinin avaruusosastojen perustama yhteisyritys) ja eurooppalainen Arianespace (taustallaan Euroopan avaruusjärjestö, Ranskan avaruushallinto CNES ja Airbus).

Kumpikin on vastannut Falcon 9:n aloittamaan kilpailuun omilla raketeillaan, jotka ovat kuin muistoja menneestä. ULA:n Vulcan

teki ensilentonsa tammikuussa ja Ariane 6 nyt kesällä. Kumpikin raketeista on kerta-käyttöisiä, joskin suunnitelmia uudelleen-käytettävyydestä on.

Netissä kiertää eurooppalaisittain varsin nolo [video](#) vuodelta 2013. Siinä eurooppalaisen rakettipalvelutuottaja Arianespacen Aasian-toimiston johtaja **Richard Bowles** lyttää varsin suoraan SpaceX:n Falcon 9 -raketin uudelleenkäytettävyyden.

”He myyvät meille unelmia”, sanoi Bowles ja totesi, että sen mitä SpaceX pystyy tekemään, pystyy Arianespace myös tekemään. Varmaankin pystyisi, mutta tuolloin kehitteillä olleesta Ariane 6 -raketista ei tullut uudelleenkäytettävää.

Arianespacen sekä Bowlesin puolustukseksi todettakoon, että oikeastaan kaikki ”perinteiset” avaruustoimijat pitivät SpaceX:n laskelmia unelmana. Vaikka teknisesti raketinvaiheen saisi palaamaan, ei siitä pitänyt vanhojen käsitysten mukaan tulla koskaan taloudellisesti kannattavaa.

ULA:n toimitusjohtaja **Tony Bruno** asteli nyt lokakuussa 2024 pidetyssä Kansainvälisen astronauttisen unionin vuosikokouksessa yleisön eteen ja puolusteli taas kerran yhtiönsä varsin konservatiivista linjaa Vulcanin tekemisessä. Vaikka hän ei maininnut SpaceX:n nimeä, hän heitteli useita (katkeria) piikkejä sen suuntaan.

Bruno aloitti esityksensä insinöörien perusopinnoissa olevalla järjestelmätekni-

kan tuotekehitysprosessin kuvauksella. Siinä suunnitellaan, kehitetään, testataan ja ylläpidetään järjestelmiä, jotka koostuvat useista komponenteista ja alijärjestelmistä. Eri vaiheet toteutetaan erillisinä, niillä on omat tiiminsä, ja jokaisen vaiheen sisällä on vielä oma hierarkiansa. Se on ULA:n tapa toimia.

SpaceX ei noudata tätä, vaan siellä katse on kokonaisvaltaisempi. Insinöörit ottavat huomioon muitakin kehitysprosessin osa-alueita kuin vain oman vastuualueensa.

Jos esimerkiksi tietty insinööriryhmä saa tehtäväkseen kehittää laitteen, jonka massa saa olla 20 kiloa, he voivat tehdä siitä painavammankin, mikäli he kehittävät laitteensa sellaiseksi, että sen avulla voidaan säästää massaa muualta.

Monet perinteiset insinöörit haluavat keskittyä omaan osaansa, eivätkä halua muiden sekaantuvan työhönsä. SpaceX on puolestaan palkannut pääasiassa henkilöitä, jotka haluavat toimia laaja-alaisemmin. Hierarkia on matala, uusia ajatuksia ja parannusideoita suorastaan lypsetään.

ULA:n toimitusjohtaja Bruno kertoi myös siitä, että raketin testaamista voidaan tehdä kahdella tavalla: ”Fail in Flight” tai ”Fail on Paper”, eli epäonnistu lennossa tai epäonnistu paperilla.

SpaceX ei tee epäonnistuneita koelentoja tarkoituksella, mutta heille testit ovat myös tapa saada nopeasti realistista tietoa siitä, miten raketti ja sen osat käyttäytyvät, missä

---

## Musk on ollut viime vuosina Donald Trumpin lisäksi läheisessä yhteydessä Venäjän presidentin Vladimir Putinin kanssa.

---

on niiden heikot kohdat ja millaisia ovat todelliset olosuhteet lennon aikana. Saatujen tietojen perusteella tehdään muutoksia, ja koitetaan uudelleen.

Perinteiset yhtiöt – kuten Brunon ULA – tekevät enemmän tarkkoja simulaatioita, analyysyjä ja laboratoriokokeita ja etenevät koelentoon vasta kun kaikki on moneen kertaan analysoitu. Tähän menee enemmän aikaa, ja panokset koelennon onnistumiseen ovat korkeammalla. Heille ensilennon epäonnistuminen on kauhistus, iteratiivista suunnittelumetodia käyttävälle SpaceX:lle vain askel eteenpäin.

Erilaisuuden taustalla on myös yhtiöiden olemus. ULA:n (kuten Arianespacenkin) pääasiakkaita ovat hallitukset ja puolustusviranomaiset, eli veronmaksajat, ja räjähtävää rakettia pidetään helposti verorahojen tuhlaamisena.

Kaupallinen yhtiö voi sen sijaan ”räjäyttelä rakettejaan” ilman paheksuntaa – etenkin, kun viulut maksaa Musk. Nyt SpaceX on tosin niin tuottava, että Muskin ei täydy kaivaa kuvettaan, vaan lähinnä ottaa rahaa vastaan.

### TAUSTALLA LUURAA ELON MUSK

SpaceX:n menestys on tullut pitkälti uusista ideoista, ennakkoluulottomuudesta, riskinottohalusta, kustannusten minimoimisesta ja innostuksesta – eli asioista, jotka ovat juuri päinvastaisia perinteisillä avaruusyhtiöillä. Perinteisten yhtiöiden liiketoimintamalli on ollut (hieman yleistäen) päivittää vanhaa tekniikkaa hieman ja saada siten helppoa rahaa institutionaalisilta asiakkailta.

Tämä selvä ero suhteessa perinteisiin toimijoihin on auttanut SpaceX:ää innovatiivisen ja innostuneen työvoiman rekrytoinnissa, mutta kaiken taustalla on Elon Musk hyvine ja huonoine puolineen.

Hänellä oli visio avaruusaluksen uudelleenkäytettävyydestä ja niiden tuotannosta sekä lennättämisestä teollisen tehokkaasti. Hänellä oli uusia, hullultakin kuulostavia ideoita, mutta hän myös onnistui keräämään ympärilleen sopivan joukon henkilöitä, jotka ovat auttaneet yhtiötä tekemään vallankumouksellisia tuotteita sekä kasvamaan ja kehittymään.



Nykyisin myös astronautit lentävät SpaceX:n kyydillä niin avaruusasemalle kuin yksittäisille lennoillekin. Kuvassa yhtiön ihmisten kuljettamiseen suunniteltu alus CrewDragon valmiina laukaisuun kohti avaruusasemaa.

Etenkin kannattaa nostaa esiin SpaceX:n operatiivinen johtaja **Gwynne Shotwell** ja vuoteen 2021 saakka tekniikan kehittämisestä vastaavana johtajana toiminut **Hans Königsmann**. Musk oli ja varmaankin on edelleen hyvä ideoimaan, mutta tarvitsee muita ideoiden toteuttamiseen.

Nasan ja Yhdysvaltain puolustushallinnon tilaukset ovat auttaneet SpaceX:ää valtavasti, ja on todennäköistä, että ilman tätä tukea yhtiötä ei olisi olemassa. Tilaukset on toki tehty vasta sen jälkeen, kun SpaceX oli jo osoitta-

nut pystyvänsä samaan (ja jopa parempaan) kuin perinteiset avaruusyhtiöt.

Muskin nörttityylinen viestintä etenkin sosiaalisessa mediassa on ollut omiaan rakentamaan myös yhtiöstä kuvaa uuden ajan insinöörien paratiisina.

SpaceX on saanut myös valtavasti ilmaista mainosta tekemällä hullulta tuntuvia tempauksia, kuten lähettämällä punaisen Tesla Roadster -avoauton avaruuteen raketin koelennolla. Perinteinen avaruusyhtiö olisi laittanut auton sijaan kyytiin niin sanotun



massasimulaattorin, eli kasan rautaa, joka vastaa massaltaan tyypillistä satelliittia. Saman asian voi tehdä tylsästi tai hauskasti.

Innostuksella ja rajojen rikkomisella on ollut käänköpuolensa, sillä SpaceX:n työturvallisuus ei ole samalla tasolla perinteisten yhtiöiden kanssa. Esimerkiksi perheen perustamisen jälkeen yhtiön hektisessä ilmapiiirissä työuransa aloittaneet työntekijät kohtaavat erilaisen todellisuuden, kun tiukat aikataulut ja kunnianhimoiset tavoitteet taistelevat perhe-elämän odotusten kanssa.

Stressitaso yhtiössä on korkealla, mutta samalla sen työntekijät tietävät olevansa tekemässä tulevaisuutta, osana vallankumousta avaruustoiminnassa.

SpaceX on saavuttanut lähes monopoli- aseman niin rakettien kuin Starlink-tietoliikennesysteeminsä avulla. Se syystäkin saa aikaan vastustusta.

Kaiken jo nyt saavutetun jälkeen Elon Musk itse tosin voi olla yhtiönsä suurin uhka. Hän oli voimakkaasti mukana Yhdysvaltojen presidentiksi uudelleen valitun **Donald Trumpin** kampanjassa, ja Trump on ilmoittanut antavansa Muskin hoidettavaksi valtionhallinnon suoraviivaistamisen. Voi kysyä, miten Musk ennättää lisäksi hoitaa kaikkia yhtiöitään – tuo työ on selvästi syönyt hänen (mielen)terveyttään aikaisemminkin.

On myös vaikea ymmärtää miksi loogisuudestaan tunnettu Musk on lyöttäytynyt

yhteen tieteenkieltäjien ja salaliittoteoreetikkojen kanssa.

Jo ennen siirtymistään äärioikeiston puolelle, Musk on jakanut ihmisiä voimakkaasti ”Elonin fanipoikiin” ja SpaceX:n railakkaalta näyttävään tyyliin hänen vastustajiinsa.

Lokakuussa 2024 tulleiden tietojen mukaan hän on ollut lisäksi läheisessä yhteydessä Venäjän presidentin **Vladimir Putinin** kanssa. Koska SpaceX laukaisee paljon Yhdysvaltain ja muidenkin länsimaiden kansallisen turvallisuuden kannalta tärkeitä satelliitteja ja Starshipille kaavaillaan roolia kuulentojen lisäksi sotilaspuolella, voi tämä Muskin väitetty yhteys Venäjään haitata yhtiön kehitystä. Tai sitten Musk pitää sulkea yhtiön ulkopuolelle, millä varmasti olisi myös haitallinen vaikutus.

Ei olekaan yllättävää, että ULAn Tony Bruno alleviivaa yhtiönsä amerikkalaisuutta ja turvallisuutta – taas yksi konkreettinen ero SpaceX:n ja perinteisten toimijoiden välillä.

—

*Jari Mäkinen on avaruuteen ja avaruuslentoihin erikoistunut tiedetoimittaja.*

Jari Mäkinen puhuu artikkelin aiheesta

Tieteen päivillä Helsingissä 11.1.

## KIRJALLISUUS

Berger, Eric (2024): Reentry: SpaceX, Elon Musk, and the Reusable Rockets that Launched a Second Space Age. BenBella Books, Dallas.

Berger, Eric (2023): Liftoff: Elon Musk and the Desperate Early Days That Launched SpaceX. William Morrow Paperbacks / Harper Collins, New York.

Isaacson, Walter (2023): Elon Musk. Simon & Schuster, New York.

Steininger, Philippe (2024): Révolutions spatiales, de von Braun à Elon Musk. l'Archipel, Pariisi.