

ARISTOI

Capital Management

Esseitä tekoälystä

Hyvä lukija,

kädessäsi on kokoelma tekoälyä ja sen kehitystä käsitteleviä kirjoituksia, jotka julkaisimme tutkimuksemme pohjalta Linkedin:issä kesästä 2025 kevääseen 2026. Kirjoitusten saavuttaman suosion myötä päätimme julkaista ne myös painetussa muodossa yleisölle, jota ne eivät ehkä muuten tavoita.

Kirjoitukset pohjautuvat alan parhaiden ja kiinnostavimpien asiantuntijoiden näkemyksiin. Usein sävyyn ovat vaikuttaneet tekstin ulkopuoliset lähteet, joihin ei erikseen viitata.

Aihepiirin erityinen vaikeus tulee sen teknisestä läpinäkymättömyydestä. Monet parhaista asiantuntijoista työskentelevät yrityksissä, jotka ovat riippuvaisia jatkuvasti keräämästään rahoituksesta, tai valmistautuvat pörssilistautumiseen. Tästä voi syntyä intressi liioitella kehitystä, minkä takia alan sanomisiin on syytä suhtautua terveellä kriittisyydellä.

Jokainen talouden ilmiö on erilainen, mutta niissä on usein myös jotain ennen koettua. Pyrkimyksenämme on lähestyä aihetta tietoisesti eri suunnista, ja käyttämällä useita historiallisia vertauskohtia tavoittaa siitä jotain *sub specie aeternitatis*.

Tekstit on julkaistu ajassa, niitä on hieman muokattu, ja alan kehityksen myötä ne luultavasti myös vanhenevat nopeasti.

Kirjoitukset sivuavat taloushistoriaa, kansantaloutta, yhteiskuntaa, politiikkaa ja humanismia. Taustalla kulkee kuitenkin pohjavire tekoälyn vaikutuksista sijoittamiseen, erityisesti Warren Buffett -tyylisen, pitkäjänteisen arvosijoittajan näkökulmasta.

Kiinnostavia lukuhetkiä,

Antti Bergholm

salkunhoitaja

Aristoi Capital Management Oy

Sisällysluettelo

I Miten sijoittaa tekoälyn aikakaudella 3

II ”Hellävarainen singulariteetti” 4

III Kuinka pitkälle kielimalleja voidaan vielä kehittää 6

IV Mihin kielimalleja on alettu käyttää 8

V Mullistaako tekoäly ensimmäisenä ohjelmistoalan .. 10

VI Sijoittajat alkavat pelätä tekoälyn vaikutuksia 12

VII Onko tekoäly jo parempi kuin McKinsey 14

VIII Onko tekoälystä lääkärin työssä hyötyä vai haittaa .. 16

IX Miten työn tuottavuutta on aiemmin parannettu ... 18

X Mullistaako tekoäly kansantalouksien kasvun 20

XI Kiihdyttääkö tekoäly tiedettä 22

XII Investoinnit datakeskuksiin ovat jo historiallisia 24

XIII Onko tekoäly aikamme rautatiekupla 26

XIV Sähköntarve vie datakeskukset pian avaruuteen 28

XV Johtaako huima kasvu myös huimiin voittoihin 30

Miten tästä eteenpäin? 32

I Miten sijoittaa tekoälyn aikakaudella

Yleisen tekoälyn (*Artificial General Intelligence*, AGI) luominen voi hyvin olla ihmiskunnan historian merkittävin tapahtuma, jonka vaikutuksilla edes mielikuvitus ei ole rajana.

Mutta *entä jos* sitä ei vielä tulekaan?

Entä jos viimeaikainen, generatiiviseen tekoälyyn ja erityisesti LLM-malleihin kohdistunut kehitys päätyykin vain yhdeksi lisäaskeleeksi 1800-luvulla Babbagen, Lovelacen ja Turingin ideoista käynnistyneessä jatkumossa, eikä viimeistä askelta päästäkään ottamaan – ainakaan vielä lähiaikoina?

Aristoilla emme itse työskentele suoraan teknologian parissa, emmekä siten väitä olevamme sen parhaita asiantuntijoita. Meillä ei ole näkymää tutkimuslaitosten tai yritysten sisällä tapahtuvaan uusimpaan kehitykseen. Tosin sama pätee valtaosaan ihmisistä: Niin ChatGPT:n suosio kuin myös DeepSeekin tehokkuus tulivat yllätyksinä jopa aiheen parissa työskenteleville. Ja uusia yllätyksiä on luvassa jatkossakin.

Sen sijaan tunnemme erittäin hyvin talouden ja teknologian historiaa, sekä tähän liittyvää sijoittajien psykologiaa. Tämä näkökulma hukkuu helposti vallitsevan innostuksen alle, ja saattaa johtaa jopa *täysin eri johtopäätöksiin* siitä, miten tavallisen osakesijoittajan kannattaa tilanteen edessä toimia.

Kiinnostuneille Max Rosenin (2022) artikkeli *"The brief history of artificial intelligence: the world has changed fast — what might be next?"*[1] toimii hyvänä johdantona aihepiiriin, vaikka tekoälyssä aika ennen ChatGPT:n julkaisua (30.11.2022) tuntuukin jo lähes esihistorialliselta!

Lisätietoa:

[1] Roser Max, (2022) "The brief history of artificial intelligence: the world has changed fast — what might be next?", Our World in Data, 6.12.2022. Luettavissa: https://ourworldindata.org/brief-history-of-ai

II ”Hellävarainen singulariteetti”

Tekoälyn lupauksesta on helppo innostua. Eikä parempaa paikkaa siihen tutustumiseksi ole kuin OpenAI:n toimitusjohtajan Sam Altmanin oma blogi. Siinä essee ”*The Gentle Singularity*”[2] on tyylipuhdas näyte teknologiaoptimismista ja positiivisesta visiosta, jonka rohkaisemme lukemaan kokonaisuudessaan.

Altmanin mukaan ihmiskunnan ”lentoonlähtö” kohti superälykästä tekoälyä on käynnistynyt: Vaikeimmat tieteelliset oivallukset on jo tehty, ja nyt kyse on enää lähinnä laskentatehosta, tämän vaatimista investoinneista, ja (lyhyestä) odotuksesta - ehkä vain vuoteen 2030.

Nykyisin käytössä oleva tekoäly on pääosin vielä kapeaa tekoälyä, joka on erikoistunut tiettyyn tehtävään, kuten puheentunnistukseen tai shakkiin. Jos/kun tekoäly pystyy suorittamaan käytännössä mitä tahansa älyllisiä tehtäviä ihmistä paremmin, voidaan puhua jo yleisestä tekoälystä (*Artificial General Intelligence*, AGI).

Erityisesti mikäli tekoäly kykenee aloittamaan itsensä kehittämisen (*Recursive Self-Improvement*, RSI) itse luomillaan algoritmeilla, tämä ei vain kiihdytä kehitystä entisestään, vaan myös vähentää ihmisen roolia. Tämä saattaa muuttaa AGI:n superälykkääksi tekoälyksi (*Artificial Super-intelligence*, ASI), jonka kyvyt eivät ylitä vain inhimillisiä rajojamme, vaan jopa käsityskykymme.

Ratkaiseva hetki kehityksessä on nk. teknologinen singulariteetti, eli hypoteettinen piste, jossa tekoäly ylittää ihmisen älykkyyden niin voimakkaasti ja nopeasti, että kehitys muuttuu arvaamattomaksi.

Altmanin visiossa huima taloudellinen arvonluonti on jo käynnistänyt vauhtipyörän, jossa entistä enemmän infrastruktuuria rakennetaan yhä tehokkaampien tekoälyjärjestelmien tueksi. Kehitys peilautuu myös fyysiseen maailmaan robottien rakentaessa lisää ja entistä parempia robotteja, ja

tavallaan jopa ”datakeskukset uusia datakeskuksia”. Lopulta älykkyyden kustannus voi lähestyä sähkön hintaa, ja olla jopa ”liian halpaa mitattavaksi”.

Altman nostaa silti esiin yhteiskunnalliset ja sosiaaliset haasteet, joita muutos väistämättä aiheuttaa. Ja vaikka yksittäisten ihmisten kyky tehdä asioita muuttuu radikaalisti, suuri osa arjesta voi pysyä pitkälti samanlaisena.

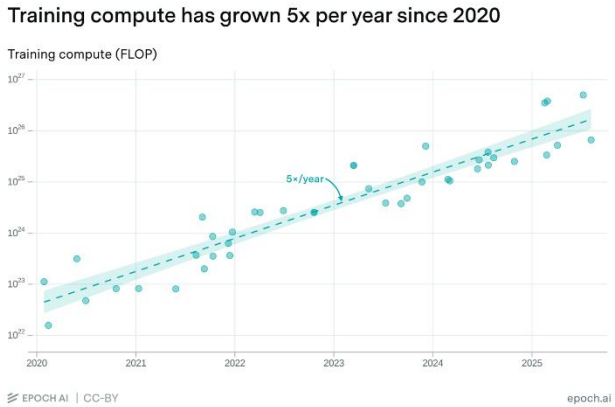
Kirjoitus kannattaa ottaa vakavasti, sillä Sam Altman on OpenAI:ssä tekoälyn parhaiten informoituja henkilöitä koko maailmassa. Toisaalta Altman on myös amerikkalaisen tekoälyn lipunkantaja, jolla on vahva intressi ohjata lisää resursseja oman työnsä pariin. Teknokraateilla on myös sokeat pisteensä, jotka muut ihmiset saattavat huomata heitä paremmin.

Altman lienee suurten linjojen osalta jopa todennäköisesti aivan oikeassa. Sen sijaan reitti perille ei koskaan ole mutkaton tai välttämättä niin nopea kuin toivoisi, ja matkalla saattaa ilmaantua arvaamattomia haasteita suunnista, joita on vaikea ennalta hahmottaa.

Lisätietoa:

Altman Sam, (2025) “The Gentle Singularity”, Sam Altman, 11.6.2025. Luettavissa: https://blog.samaltman.com/the-gentle-singularity

III Kuinka pitkälle kielimalleja voidaan vielä kehittää



Kuva 1: Tutkimuslaitos Epoch AI:n kuvaaja tekoälymallien koulutukseen käytettyjen laskutoimitusten määrästä ajan yli

Suuret kielimallit (LLM) ovat neuroverkkoja, jotka on koulutettu ennustamaan seuraavaa merkkijonoa (*token*) mahdollisimman hyvin, ja lisäämään päälle hieman satunnaisuutta. Tästä johtuen ne vastaavat eri kerroilla hieman eri tavoin ja ”hallusinoivat”. Ne eivät varsinaisesti ”tiedä” mitään.

Mallit painottavat eri sanoja kontekstin mukaan. Tämä koulutetaan niille kertomalla ja summaamalla valtavia numeromatriiseja tiettyjen parametrien mukaisesti, vertaamalla saatuja tuloksia haluttuun vastaukseen, muuttamalla parametrejä hieman, ja toistamalla tämä lukemattomia kertoa.

Laskuoperaatioita kutsutaan liukulukulaskennaksi (”*floating point operation*”, FLOP). Lopuksi vastauksia parannetaan vielä hienosäädöllä ja ihmispalautteella, kunnes mallin "painot" lukitaan. Tämän jälkeen malli on valmis, eikä se enää opi. Nykyisiä kielimalleja on parannettu lisäämällä

- Dataa: Kirjoja, papereita, ja Internetin tekstit
- Parametrejä: GPT-3:n 175 miljardista GPT-5:n arvioituun 5–10 biljoonaan

- Laskentaa: Nopeammat GPUt, suuremmat palvelinklusterit, uudet algoritmit

Ilya Sutskever on kutsunut Internetin dataa tekoälymallien ”fossiiliseksi polttoaineeksi”, joka on nyt käytetty loppuun. Malleja voidaan kouluttaa vielä lisää niiden itsensä luomalla synteettisellä datalla, mihin lukeutuu myös tekoälyjen kaiken aikaa Internetiin tuottama uusi sisältö. Tämä on kuitenkin pikemminkin vain aukkoja täyttävää näennäistietoa.

Painopiste onkin nyt siirtynyt mallien koulutuksen jälkeiseen vaiheeseen, jossa laskentatehoa kohdistetaan päättelyvaiheeseen (*inference*), sallien mallien tuottaa useita vaihtoehtoisia vastauksia, joista se sitten valitsee parhaan.

Anthropicin toimitusjohtaja Dario Amodei sanoi syyskuussa 2025, ettei vielä näe vielä kehityksen hidastumista, mutta myönsi, että näin voi silti käydä jo parinkin vuoden sisällä.

Epoch AI:n mukaan mallien kouluttamiseen käytetty laskentateho on vuosittain n. 5-kertaistunut, ja vaikka laitteisto onkin jatkuvasti parantunut, myös käytetty rahamäärä on 2,4-kertaistunut vuosittain. Yhtiöt eivät paljasta malliensa koulutuskustannuksia, mutta siinä missä Claude Sonnet 3.5 maksoi kymmeniä miljoonia dollareita, GPT-4 lähes sata miljoonaa, GPT-5-mallin kouluttamisen on arvioitu maksaneen jo karkeasti 1-2 miljardia dollaria.

OpenAI:n kulut 2024 olivat yli 8 miljardia ja 2025 jo 20 miljardia. Vaikka malleja olisi yhtä aikaa kehitteillä useita, ja käyttökin maksaa, suuri osa rahasta lienee mennyt mallien tutkimiseen ja koulutukseen. Ellei trendi murru, viekö ”GPT-8”:n kouluttaminen 2028 jo 150 miljardia dollaria, vai hiipuuko LLM-mallien kehitys jo tätä ennen?

Lisätietoa:

“Investigating the trajectory of AI for the benefit of society” Epoch AI 2025. Luettavissa: https://epoch.ai/

IV Mihin kielimalleja on alettu käyttää

Kielimallien ensimmäinen hittituote, ChatGPT, nousi huimaan suosioon heti julkaisuhetkellään. Syksyyn 2025 mennessä sillä oli maailmanlaajuisesti arviolta 800 M kuukausittaista käyttäjää. Googlen Geminillä käyttäjiä on 400 M, Microsoftin CoPilotilla arviolta vain 100 M, Claudella ja Grokilla kummallakin ehkä 30 M. Metan erillinen LLaMa-app on vasta julkaisuvaiheessa.

Käyttäjien määrässä ChatGPT saattaakin johtaa Geminiä ja CoPilotia jopa 10x! Sen jatkunut ylivoima on OpenAI:hin sijoittaneelle Microsoftille jopa hieman kiusallista.

Mitä käyttöä kielimalleille on sitten löydetty? OpenAI:n (NBER *working paper 34255*) mukaan ChatGPT:n käytöstä jopa 73 % tapahtuu vapaa-ajalla, ja ennen kaikkea käytännön neuvoihin sekä tiedon etsintään, mutta myös kirjoittamiseen. Vapaa-ajan käyttö on kasvanut työkäyttöä *nopeammin*. Työkäyttöä on vain 27 %, joskin se korostui selvästi koulutetun käyttäjäkunnan (eli tietotyön) parissa. Ensisijainen (40 %) käyttökohde oli kirjoittaminen (ml käännökset), sitten käytännön neuvot, tiedonhaku, seuraten monet muut. Ohjelmointiin ChatGPT:n käytöstä kohdistui 4 % (ks alla).

Myös MIT:n NANDAn tutkijaryhmä julkaisi kesällä "State of AI in Business 2025"-tutkimuksen, jossa he arvioivat tekoälymallien käyttöönottoa yrityksissä. Tutkimus piti sisällään yritysten 300 eri tekoälyhanketta, joten sen tuloksia ei pidä liioitella, vaan ne ovat lähinnä suuntaa antavia.

Tutkituista yrityksistä 40 % oli ostanut ChatGPT:n tai CoPilotin kaltaisen LLMn, mutta työntekijöistä peräti 90 % käytti jotain vastaavaa työkalua työtehtäviensä hoitamiseen – usein yrityksen valitseman ohjelman sijaan - ja niin yritysjohdon kuin IT-osaston tietämättä!

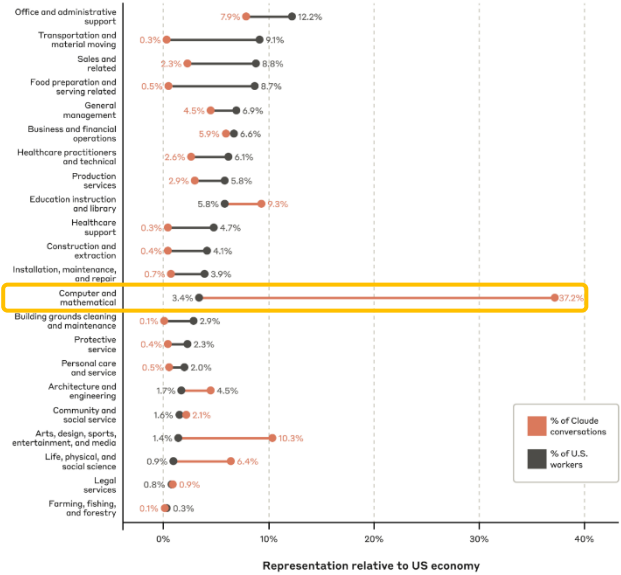
Työntekijät kokivat kielimallien parantavan ensisijaisesti heidän henkilökohtaista tuottavuuttaan. Sen sijaan asiak-

kaille näkyvä lopputuote ei tyypillisesti parantunut, kuten ei myöskään yritysten/osastojen taloudellinen kannattavuus. Suurin taloudellinen hyöty onkin toistaiseksi nähty lähinnä olemassa olevien back office -toimintojen ja ulkoistusjärjestelyjen automatisoinnista.

Sen sijaan yritysten erikoistuneemmat tekoälyhankkeet ovat pärjänneet huonosti: Näistä vain 5 % tuotti selvää hyötyä 6 kk seurannan aikana, ja monet on lopetettu vähin äänin. Suurimmaksi kompastuskiveksi on koettu työkalujen jämähtäminen yleiselle tasolle: Ne eivät opi palautteesta, sopeudu käyttäjän kontekstiin tai työnkulkuun, eivätkä parane ajan yli, toisin kuin ihmiset. Tämän uskotaan (tai toivotaan) jatkossa muuttuvan.

Eri toimialoja vertailtaessa silti ohjelmistoala ja koodaaminen (ohjelmointi) vaikuttavat muodostuvan yhdeksi tekoälymallien mullistavimmista käyttökohteista, ja perehdymmekin siihen seuraavaksi.

V Mullistaako tekoäly ensimmäisenä ohjelmistoalan



Kuva 2: Osuus Yhdysvaltojen työvoimasta eri tehtävissä (musta) ja osuus Anthropicin Claude LLM-mallin keskusteluista (ruskea). Ohjelmointikäyttö korostuu huimasti muihin talouden osa-alueisiin verrattuna. (Handa et al. 2025), Anthropicin data.

LLMien voi odottaa toimivan parhaiten strukturoiduissa, kieleen perustuvissa ja paljon toistoa sisältävissä aihepiireissä. Onkin luonnollista, että niillä on vallankumouksellista työkäyttöä ohjelmistoalalla – joka pohjautuu (ohjelmointi)kielille. Työtä on toki aikaisemmin auttanut työkalut tai yhteisöt, kuten *Visual Studio Code* tai *Stack Overflow*. 2021 alkaen näiden rinnalle ja ohitse nousivat tekoälytyökalut *GitHub Copilot*, *ChatGPT* ja *Cursor Composer*.

Siinä missä OpenAI:n ChatGPT on löytänyt laajaa ja monipuolista käyttöä, erityisesti Anthropicin mallit vaikuttavat saaneen innostuneen vastaanoton nimenomaan ohjelmoijien parissa. Jopa 1/3 käytöstä suuntautuu ohjelmointiin.

Mallien kehitys tässä käytössä on ollut erittäin ripeää: Kykyä ratkaista tosielämän ohjelmointivirheitä voidaan arvioida mm. SWE-benchillä, jossa virheitä ratkaisuineen on ladattu GitHubista. Mallien suorituskyky on noussut viimeisen 18 kk aikana eri testeissä vaivaisesta 3 %:ista peräti 65–70 %:iin.

Kaikesta tuotetusta koodista AI:lla tuotetun osuus on noussut nollasta vuonna 2021 eri arvioissa nyt jopa 30–60 %:iin, ja sen uskotaan kasvavan edelleen. Mallien tuottavuus on luonnollisesti aivan toista luokkaa kuin ihmisten, ja nyt lopputuote, jonka tekemisessä meni ennen päiviä tai viikkoja, voi syntyä tunneissa tai jopa minuuteissa. Mallit helpottavat myös mm. debuggaamista ja dokumentaatiota.

Nopeus ei silti ole kaikki kaikessa, ja ohjelmoinnissa on kyse muustakin kuin vain koodirivien tuottamisesta: Joissain kokeissa kielimallien nopeasti tuottaman roskakoodin läpikäymiseen on mennyt enemmän aikaa kuin jos kokenut ohjelmoija olisi laatinut koodin itse. Jatkossa tuotetun koodin ylläpito tulee olemaan oma haasteensa.

Ohjelmoijien työ onkin murroksessa, jossa ihmisen rooli – ehkä vielä – siirtyy kohti arkkitehtuuria, suunnittelua, tietoturvallisuutta ja ylläpidettävyyttä. Sen sijaan juniorien, freelancereiden ja graafikoiden kysyntä on vähentynyt.

Jatkossa aiempaa suurempi määrä ihmisiä pystyy jopa ”vibekoodaamaan” ohjelmistoja luonnollisella kielellä. Harrastemielessä tuotetun softan, applikaatioiden tai verkkosivujen määrä voi moninkertaistua. Kaupallistenkin tuotteiden osalta alalle tulon kynnys laskee, kilpailu kiristyy, eikä nykyisten yritysten kaavailema ansaintamalli enää ehkä toimikaan.

Lisätietoa:

“ChatGPT Wows Office Workers. That’s a Problem for Microsoft” Bloomberg, 24.6.2025. Luettavissa: https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-06-24/chatgpt-vs-copilot-inside-the-openai-and-microsoft-rivalry

VI Sijoittajat alkavat pelätä tekoälyn vaikutuksia



HubSpot Inc	$245.16	-$519.76	↓67.95%
Atlassian Corp	$105.00	-$206.40	↓66.28%
Trade Desk Inc	$27.18	-$90.76	↓76.95%
Docusign Inc	$46.07	-$50.43	↓52.26%
Gitlab Inc	$32.84	-$37.88	↓53.56%

Kuva 3: Eräiden SaaS-yhtiöiden pörssikurssien kehitys 2025 – 2026 helmikuulle

Sijoittajat alkavat nyt jo pelätä tekoälyä, tai ainakin sen vaikutuksia. Teknologisia edistysaskelia on läpi historian tervehditty suurella innostuksella, joka myös tekoälyn tapauksessa on ehtinyt yltyä jopa suoranaiseksi maniaksi. Nyt alkuhuuma on kuitenkin alkanut muuttua myös peloksi.

Keskustelu tekoälyn haitoista on keskittynyt lähinnä makrotalouteen, kuten työttömyyteen ja verotukseen. Vähemmän huomiota on kohdistettu yksittäisiin yrityksiin – ainakin ennen tätä. Tekoäly ei tuota pelkästään uutta vaurautta, vaan teknologisella kehityksellä on aina myös häviäjänsä. Ja tekoälyn tapauksessa häviäjiä voi olla tavallistakin enemmän.

Anthropicin Clauden uusien ominaisuuksien myötä sijoittajat ovat nyt alkaneet pelätä mahdollisuutta, jossa tekoälyn avulla voidaan tuottaa uusia ohjelmistoja paljon nopeammin ja matalammin kustannuksin. Tämä voi tarjota kilpailevia ratkaisuja erityisesti SaaS (*Software-as-a-Service*) -yhtiöille, hidastaen kasvua, vaikeuttaen hinnoittelua, ja pahimmillaan

romuttaen koko suunnitellun liiketoimintamallin. Tämä on näkynyt kymmenien osakkeiden hintojen romahduksena.

Pudotus, joka alkoi ohjelmistopuolella, on viime päivinä edennyt myös analytiikkapalveluihin, sekä yleisesti kalliisiin teknologiaosakkeisiin. Sijoittajat vauhkoilevat nyt eri suuntiin markkinapäivä kerrallaan: Lukuisat halvemmat (”arvo-”) osakkeet, ja toimialat, joihin tekoälymurroksen ei uskota kohdistuvan, ovat pitäneet hintansa tai jopa nousseet.

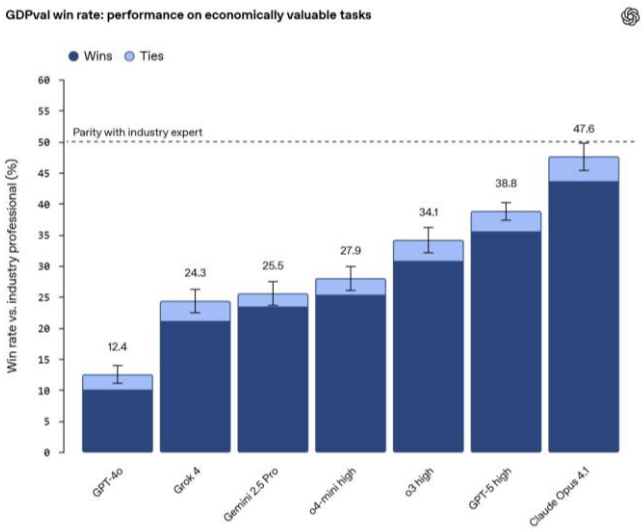
SaaS-yritykset olivat kuplavuonna 2021 ja uudestaan vielä niinkin hiljattain kuin 2024(!) sijoittajien suosikkeja, ja yhtiöiden osakekurssit nousivat taivaisiin. Samat yhtiöt olivat himoittuja sijoituskohteita myös pääomasijoittajille. Nyt *vain reilu vuosi myöhemmin* tunnelma on vaihtunut, eikä näillä yhtiöillä uskota olevan enää mitään tulevaisuutta.

Sen sijaan että sijoittajat olisivat aidosti nähneet pitkälle tulevaan, aiempi into syntyi mitä luultavimmin yritysten nähtävästä kasvusta, ja tämän heijastumisesta nouseviin osakekursseihin. Tämä sai monet luulemaan sijoittamisen olevan helpompaa kuin se onkaan. Sama ilmiö on nähty historiassa toistuvasti kausina, jolloin osakekurssit ovat nousseet pitkään ja voimakkaasti.

Warren Buffett näki tarpeelliseksi korjata käsitystä vuosikertomuksessaan 2023: ”*Within capitalism, some businesses will flourish for a very long time while others will prove to be sinkholes. It's harder than you would think to predict which will be the winners and losers. And those who tell you they know the answer are usually either self-delusional or snake-oil salesmen.*”

Ohjelmistoyhtiöiden tulevaisuus on nyt arvoitus, johon kenelläkään ei tunnu olevan vastausta. Osa yhtiöistä voi lopulta pärjätä edelleen ihan hyvin, ja nykyinen pelko osoittautua turhaksi. Mutta sijoittajille oman tietämättömyytensä tunnustaminen on usein viisauden alku.

VII Onko tekoäly jo parempi kuin McKinsey



Kuva 4: Eri mallien pärjääminen ihmisasiantuntijaa vastaan GDPval-testissä ajan yli (OpenAI)

Miten tekoälyn tuottama hyöty muuttuu, kun siirrytään suljetuista ongelmista - joissa on yksi oikea vastaus, kuten usein matematiikassa – kohti avoimempia ongelmia, joissa hyvää vastausta on vaikeampi arvioida?

Tähän tarkoitukseen perinteisten benchmarkien rinnalle on luotu asiantuntijatyötä jäljitteleviä monialatestejä. Esimerkiksi OpenAI:n "GDPval" sisältää yli 1300 ammatillista tehtävää, kuten oikeudellisen muistion, teknisen piirustuksen tai hoitosuunnitelma laatimisen. Tehtävänannossa ei käytetä pelkkää tekstipromptia, vaan myös dokumentteja, kalvoja, taulukoita ja multimediaa, ja vastauksia arvioivat sokkona ihmisasiantuntijat.

Uusimmissa testeissä Claude Opus 4.1 on 43,6 % tapauksista parempi kuin ihminen, mutta 52,5 % tapauksista ihminen vei voiton. GPT-5 oli hieman huonompi (35,5 % vs. 61,2

%). Tuloksissa näkyy myös mallien selvä kehittyminen ajan yli, ja Anthropic on raportoinut uudelta Sonnet 4.5-malliltaan jälleen tätä parempia tuloksia.

Konsulttiyhtiö Mercer on kehittänyt oman mittarinsa, "*AI Productivity Indexin*" (APEX), joka arvioi mallien suorituskykyä investointipankeissa, liikkeenjohdon konsultoinnissa, juridiikassa ja lääketieteessä. Sen tuloksina

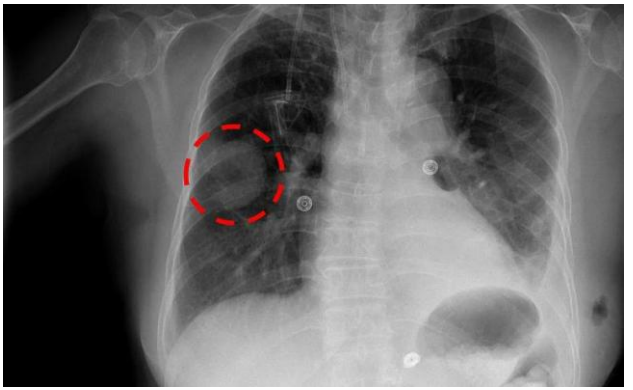
- Parhaat mallit (GPT-5) onnistuivat vain noin 60 % tehtävistä riittävän hyvin
- Erot kärkimallien välillä – mukaan lukien open source -malli Qwen – olivat pienet
- Tehokkaammat asetukset (“ajattelumoodi”) eivät aina parantaneet tulosta

Tässä tutkijat myös muistuttavat, että tosielämässä työn arvo syntyy usein monen "portin" kautta: Laaduton jälki ei pääse jatkoon, ja täten selvästi alle 100 % oikein oleva työ voi olla käytännössä arvotonta.

Carnegie Mellon (CMU)-yliopiston tutkijat veivät asian vielä pidemmälle: He rakensivat tekoälyagenttien yhtiön, jossa mallit suorittivat toisiaan seuraavia tehtäviä. Tällöin parhaatkin mallit pystyivät viemään tehtävät loppuun autonomisesti vain noin 30 % tapauksista. (Joskin mukana ei ollut aivan uusimpia malleja, kuten GPT-5 tai Claude Sonnet 4).

Näyttääkin siltä, että vaikka tekoäly pystyy jo nyt ratkaisemaan monia irtonaisia asiantuntijaongelmia murto-osassa aiemmasta ajasta ja kustannuksesta, vielä toistaiseksi mallit tarvitsevat osaavan ihmiskäyttäjän - ja runsaasti valvontaa.

VIII Onko tekoälystä lääkärin työssä hyötyä vai haittaa



Kuva 5: Tekoälyn käyttöä kuvantamisessa

Tekoälyn on ennakoitu mullistavan lääketieteen osa-alueista ensimmäisenä radiologian – eli etenkin röntgen-, magneetti- ja tietokonetomografiakuvantamisen tulkinnan – jonka jo valmiiksi täysin digitoituna aihealueena pitäisi tarjota parhaat edellytykset tekoälyn käytölle.

Geoffrey Hinton, yksi syväoppimisen ”kummisedistä” ja 2024 fysiikan Nobel-palkinnon voittaja, sanoi 2016 konferenssissa syväoppimisen soveltuvan radiologiaan jopa niin hyvin, ettei uusia radiologeja enää kannattaisi kouluttaa. Nyt vajaa kymmenen vuotta myöhemmin radiologeja on enemmän kuin koskaan historiassa ja heistä on jopa pulaa!

Kyseessä on elävä esimerkki Kahnemanin, Tverskyn ja Lovallon suunnitteluharhasta (”*planning fallacy*”), jossa arvio jonkin asian saavuttamiseen vaadittavasta ajasta on ylioptimistinen, eikä onnistu näkemään matkalle osuvia esteitä, viipeitä, kustannuksia tai riskejä.

Huolimatta merkittävistä mahdollisuuksista, tekoälyn käyttöönotto radiologiassa on edelleen rajallista, ja keskittyy usein vain tiettyihin käyttötarkoituksiin, kuten rinta-, neuro- ja tuki- ja liikuntaelimistön kuvantamiseen. Tekoäly

onkin kypsynyt työkaluksi, joka lähinnä täydentää radiologien asiantuntemusta sen sijaan, että korvaisi sen.

Harvard raportoi (Yu et al., 2024, Nature Medicine) vielä äskettain olevan epäselvää, parantaako tekoäly lopulta radiologien työtä, vai peräti haittaako se sitä. Toisin kuin voisi olettaa, edes heikoimmat radiologit eivät aina hyötyneet eniten tekoälyn käytöstä, vaan sen vaikutusta työhön oli vaikea ennustaa. Tällöin sairaalan johdossa jää epäselväksi, kenen tekoälyä kannattaa edes antaa käyttää.

Niin ikään keväällä (Lawrence et al., 2025, Lancet) julkaistussa laajassa tutkimuksessa tekoälyn todettiin voivan parantaa diagnostista tarkkuutta ja vähentää kuvien tulkintaan kuluvaa aikaa, mutta sen käyttöönottoon vaikuttaviksi tekijöiksi tunnistettiin mm. korkeat tekniset vaatimukset, ohjeistuksen puute, heikko läpinäkyvyys, sekä asiantuntijoiden huono sitoutuminen. Huolina olivat väärät positiiviset, työnkulku ja kustannustehokkuus.

Hieman aiempi (Chat ja Siegel, 2019, Br J Radiol) arvio tuntuukin edelleen pitävän paikkansa: Tekoälyn käyttöönottoa radiologiassa haittaavat monimutkaiset teknologiset, sääntelyyn liittyvät ja oikeudelliset esteet, jotka voivat estää radiologien korvaamisen näillä algoritmeilla ainakin seuraavien kahden vuosikymmenen ajan – ja mahdollisesti vielä pidempäänkin.

Joitain yllättäviä käyttökohteita voi aina löytyä, mutta ellei tekoäly pysty mullistamaan edes radiologiaa, koko terveydenhuollon laajuista vallankumousta ei liene näköpiirissä.

Lisätietoa:

Pesheva Ekaterina, (2024) "Does AI Help or Hurt Human Radiologists' Performance? It Depends on the Doctor", Harward Medical School, 19.3.2024. Luettavissa: https://hms.harvard.edu/news/does-ai-help-or-hurt-human-radiologists-performance-depends-doctor

IX Miten työn tuottavuutta on aiemmin parannettu



Kuva 6: Arkistokaapin yleistyminen ja konttoristien uusi ammattikunta

Tekoälyn tuottavuusvaikutuksia arvioitaessa helposti unohtuu, että työnteko on aiemminkin hyötynyt teknologisista harppauksista, joihin ovat lukeutuneet mm. kirjoituskone, sähkövalo, puhelin… ja arkistokaappi.

Arkistokaappi?

Kyllä vain. Aina 1800-luvun puoliväliin yritysten tai virastojen kaikki paperit, kuten kirjeenvaihto, tilaukset tai sopimukset, oli tapana kasata pinoihin tai sitoa suuriin kopio- tai arkistokirjoihin kronologisessa järjestyksessä. Tietyn kirjeen löytämiseksi piti ensin miettiä mihin se oli talletettu, muistaa koska se oli saapunut, ja käydä läpi kokonaisia niteitä. Tiedon löytyminen oli usein kiinni hyvämuistisesta sihteeristä.

Remington-kirjoituskoneen (jossa QWERTY-näppäimistö) lanseeraus 1874 kärjisti ongelmaa moninkertaistamalla tuotetun paperin määrän. Tällöin yhdysvaltalaiselle Nathaniel Rosenaulle tuli idea kaapista, jossa paperit järjestettiinkin pystyasennossa riipputaskuihin ja ulosvedettäviin laatikoihin. Hän esitteli idean 1892 Library Bureau -yhtiölle, joka kil-

pailijoineen alkoi valmistaa ja myydä näitä "konttorikoneita" ympäri maailmaa.

Siinä missä dokumenttien etsiminen vei ennen minuutteja tai tunteja, nyt jokainen aihepiiri, asiakas tai projekti sai oman kansionsa, ja kortistot auttoivat löytämään sen jopa sekunneissa. Kirjojen sivut muuttuivat informaatioksi, jota saattoi hakea, selata ja siirtää paikasta toiseen. Tämän konkretisoi mainoslause ”*information at your fingertips*”.

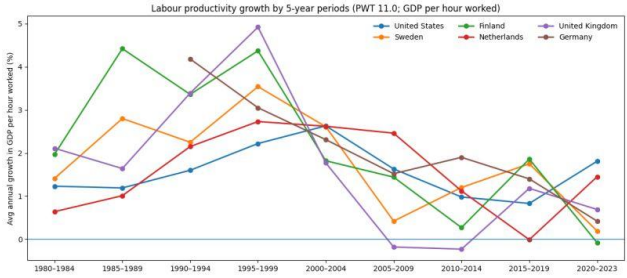
1920-luvulle tultaessa arkistokaappeja löytyi kaikkialta: yrityksistä, kouluista, sairaaloista ja virastoista. Kun konttorityössä oli aiemmin alle 1 % työvoimasta, arkistokaappi muutti myös työnjakoa luomalla kokonaisen (nais-)konttoristien ammattikunnan, ja mahdollisti organisaatioiden kasvamisen täysin uuteen mittaluokkaan. Max Weberille arkistokaappi oli kiinteä osa byrokratiaa ja kapitalismia.

Siirtymää sidotuista kirjoista systemaattisiin arkistointijärjestelmiin pidetäänkin yhtenä tiedolla johtamisen suurista virstanpylväistä.

Kun tietokoneet saapuivat, samat oivallukset siirrettiin sähköisille näytöille: Tiedostot, kansiot, välilehdet ja hierarkiat olivat suoraa jatkumoa arkistokaapin logiikalle. Jopa kuvakkeet muistuttavat edelleen fyysisiä esikuviaan! Internetin myötä tiedon löytämiseksi verkosta pitikin jo keksiä hakukoneet. Nyt LLM-kielimallit hakevat ja käyttävät tätä samaa tietoa – mutta myös muokkaavat sitä uusiksi – lähes silmänräpäyksessä.

Lopulta arkistokaapit muodostuivat niin arkipäiväisiksi, ettei kukaan kiinnittänyt niihin enää huomiota. Tapa tehdä työtä oli muuttunut, ja sitä teki entistä useampi ihminen - nyt vain hieman tehokkaammin kuin aikaisemmin.

X Mullistaako tekoäly kansantalouksien kasvun



Kuva 7: Työn tuottavuuden kasvu valituissa länsimaissa eri 5-vuotisjaksoina 1980–2023; Yhdysvallat sinisellä, Suomi vihreällä

Anthropicin toimitusjohtaja Dario Amodei on ennustanut tekoälyn nostavan BKT-kasvun 5–10 % vuositasolle. OpenAI:n Sam Altman on puhunut uudesta ja vuosittain kasvavasta yltäkylläisyydestä. xAI:n Elon Musk on maalaillut tekoälyn luovan jopa niin paljon vaurautta, että työnteko muuttuu vapaaehtoiseksi. Onko näin?

Talouden tuottavuuden mittaaminen on hankalaa. Erityisesti BKT kuvaa vain markkinahinnoilla mitattavaa tuotosta, eikä rekisteröi kyvykkyyden tai laadun parantumista, ilmaisia digitaalisia palveluja, hoiva- tai kotityötä, vaihtotaloutta, luonnon tilan muutoksia, tai ihmisten hyvinvointia.

Tarkasteltaessa viime vuosikymmenien tietoteknisiä edistysaskelia ja niiden makrotaloudellisia vaikutuksia mittarit hädin tuskin värähtävät. Tämä sai amerikkalaisen ekonomistin Robert Solowin 1987 jopa toteamaan kuinka tietokoneaika näkyi kaikkialla muualla paitsi tuottavuustilastoissa.

Myöhemmin hän sai ehkä huomata, että sama tapahtui Internetin, sähköpostin ja selainten, kännyköiden, teollisuusrobottien, laajakaistan, digikameroiden, älypuhelimien, ja IoT:n kohdalla. Mikään näistä ei myöskään aiheuttanut näkyvää työttömyyttä.

Yhdysvalloissa, joka on päässyt ensimmäisten joukossa ottamaan käyttöön suuren osan em teknologioista, havaittiin pientä tuottavuuden parantumista vuosituhannen loppua kohden, mutta sekin rajoittui lähinnä vähittäis- ja tukkukaupan logistiikkaan. Osan maista kohdalla tehtyjen työtuntien muutos 1990-luvun lamassa ja sen jälkeen peittää alleen kaiken muun.

Mikään näistä teknologioista ei ole saanut aikaiseksi koko yrityssektorin kasvun nopeutumista, vaan saavutettu etu on tyypillisesti kilpailtu pois varsin nopeasti, ja hyöty valunut kuluttajille parempina, halvempina, ja volyymiltaan lukuisampina tuotteina ja palveluina.

Nyt tekoälyn esitetään koskevan kaikkea valkokaulustyötä ja lisäävän tuottavuutta niin paljon, ettei ihmisiä enää tarvita. On toki selvää, että kykymme hakea, käsitellä ja tuottaa monenlaista digitaalista aineistoa on kasvanut huimasti. Todellinen tuottavuusvaikutus riippuu kuitenkin siitä, kuinka autonomista ja virheetöntä tekoälyn toiminta on, kuinka nopeasti yritysten prosessit siihen mukautuvat, ja mihin uusi pullonkaula muodostuu. Se voi edelleen olla ihminen.

Digimaailman ulkopuolisessa reaalielämässä on edelleen lukuisia rajoitteita: Asiakkaita pitää tavata, puheluita soittaa, messuilla käydä, lakeja noudattaa, laatua ja virheitä havainnoida, asioihin voida luottaa, kaupoista vääntää ja vastuuta kantaa. Tekoälyagentit voivat automatisoida ja hoitaa tästä silpusta vain murto-osan.

Ellei tekoäly osoittaudu täysin ainutlaatuiseksi, historialliseksi poikkeukseksi, BKT:n kasvu tuskin kiihtyy tälläkään kertaa. Jos tekoäly johtaa suuriin irtisanomisiin, tuottavuusmittarit voivat nousta, mutta työttömyyden ja kilpailun myötä nimellinen BKT jopa kutistua(!), ennen kuin se palautuu kasvu-uralle sitä mukaa kun ihmiset keksivät itselleen uutta tekemistä.

XI Kiihdyttääkö tekoäly tiedettä



Kuva 8: Vastaako datakeskus pian todella “valtiollista neroja”?

Anthropicin Dario Amodein mukaan tekoäly voisi saavuttaa ”vuosisadan verran tieteellistä edistystä vain 5-10 vuodessa”. Googlen entinen toimitusjohtaja Eric Schmidt puhui samasta vain "muutamassa vuodessa". Demis Hassabis on arvellut tekoälyn voivan lopulta ”parantaa kaikki sairaudet”, ja Amodei sen voivan ”pitkällä aikavälillä kaksinkertaistaa ihmisen eliniän”. Datakeskusten on kuvailtu pian prosessoivan 50 miljoonan nobelistin tietomäärää yli-inhimillisellä nopeudella - kuin valtiollinen neroja!

Ensimmäisenä ilmeisenä läpimurtona Googlen proteiinirakenteita mallintavan AlphaFold-tekoälymallin kehittäjille (ml Hassabis) myönnettiin kemian Nobel-palkinto 2024.

Silti Naturessa hiljattain julkaistussa artikkelissa (Hao et al., 2026) arvioitiin tekoälytyökalujen vaikutusta tieteen tekemiseen. Työkaluja käyttäneet tutkijat tehtailivat jopa 3x papereita verrattuna niihin, jotka eivät niitä käyttäneet. Heidän julkaisujaan myös lainattiin enemmän, ja heidän urakehityksensä hieman nopeutui. Suuremmasta volyymistä huolimatta tutkittujen aihepiirien määrä kuitenkin *supistui* ja tutkijoiden välinen yhteistyö väheni. Johtopäätös oli, että työkalut vai-

kuttivat lähinnä automatisoivan nykyisiä tutkimusaiheita sen sijaan, että niillä löydettäisiin kokonaan uusia.

Jo pitkään LLM-malleihin kriittisesti suhtautunut Yann LeCun on esittänyt näiden olevan pohjimmiltaan ”toistamiskoneita”, eikä tieteen tekemisessä tärkeintä ole suurikaan tietomäärä, vaan taito esittää oikeita kysymyksiä. Kielimallit eivät ainakaan heti keksi parannusta syöpään, koska tätä ei ole koulutettu niille osana koulutusaineistoa.

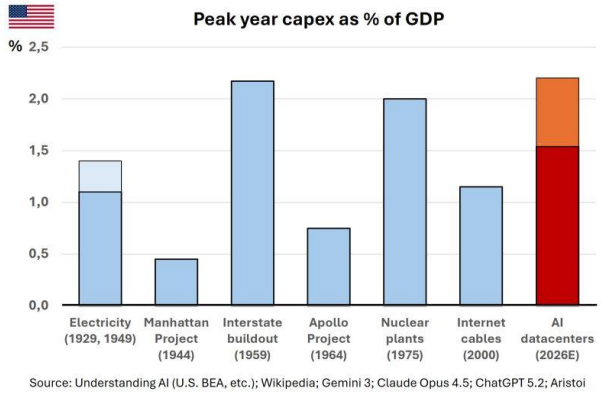
Tosielämän tieteellistä työtä imitoiva Scientific Discovery Evaluation (SDE) -benchmark (Song et al., 2025) on huomannut mallien kyvyissä vielä suuria puutteita, ja todennut niiden jäävän kiinni samoihin vaikeisiin kysymyksiin - luultavasti siksi, että ne on kaikki koulutettu samalla datalla.

Mitä tulee alan rutiinitehtäviin, The Columbia Journalism Review'n tiedetoimittaja arvioi kesällä 2025 viiden eri työkalun koostavan kirjallisuuskatsaukset täysin eri tieteellisistä papereista, olevan eri mieltä tieteellisestä konsensuksesta, ja vastaavan samaan kysymykseen eri tavoin eri päivinä!

Amodei on itsekin myöntänyt, että etenkin luonnontieteissä rajoitteena voi edelleen olla fyysinen maailma: Tekoälyn luomat hypoteesit pitää yhä testata käytännön kokeilla, joita varten pitää edelleen rakentaa laitteita, kerätä data mittauksilla, ja hankkeisiin löytää rahoitus. Tämän vauhtia on mahdotonta satakertaistaa. Kehitys voi siis paikka paikoin nopeutua, mutta jatkuvia läpimurtoja lienee silti turha odottaa.

Lupaukset tieteen vauhdittamisesta ovatkin luultavasti reilusti ylimitoitettuja, mutta ovat edesauttaneet keräämään tekoälyn vaatimat valtavat rahalliset panostukset. Eikä ihme: Sijoittajilta tuskin olisikaan irronnut tuhatta miljardia dollaria vain aiempaa parempien chatbottien kehittämiseen.

XII Investoinnit datakeskuksiin ovat jo historiallisia



Kuva 9: Eri historiallisten investointihankkeiden yksittäisen huippuvuoden rahankäyttö suhteutettuna Yhdysvaltojen BKT:een

Jokaisen olisi syytä ymmärtää, että nyt käynnissä oleva AI-datakeskusten rakennusbuumi on koko modernin ajan kiivain investointihanke, erityisesti käytettävien sirujen kalliista hinnasta johtuen.

Yhdysvaltalaiset teknologiayhtiöt ovat ilmoittaneet AI-investointiensa kasvavan tänä vuonna 700 miljardiin dollariin: Näistä Amazon käyttää 200, Alphabet n. 180 (osa Applelle), Meta 135, Microsoft n. 130 (puolet OpenAI:lle), Oracle 50, ja OpenAI Stargate-projektissaan jotain miljardeja päälle.

Datakeskusten on tarkoitus palvella koko läntistä maailmaa, mutta n. 70 % näistä päätynee fyysisesti Yhdysvaltoihin. Vuoden BKT:hen suhteutettuna taso on 1,5 - 2,2 %, joka ylittää jopa Eisenhowerin Interstate -moottoriteiden rakentamisen huippuvuoden 1959, tai öljykriisin jälkeisen vuoden 1975, jolloin Yhdysvalloissa oli kerralla rakenteilla jopa 100 uutta ydinvoimalaa.

Toisaalta suurimmat hankkeet veivät vuosia tai vuosikymmeniä: Edison aloitti sähköverkon rakentamisen jo 1882, panostus huipentui 1929 n. 1 % tasolle BKT:stä, ja koko maa

saatiin sähköjen piiriin vasta 1950-luvun puolivälissä. Silti koko 1960-luvun kestänyt Apollo-avaruusohjelma maksoi nykyrahassa vaivaiset 260 miljardia. Sama summa investoidaan nyt vain 5 kuukaudessa.

Tekoäly-yritysten johtajat uhoavat tahdin vain entisestään kiihtyvän, kun ”datakeskukset alkavat itse rakentaa datakeskuksia”. Historiallisessa tarkastelussa todennäköisempää kuitenkin on, ettei edes nykyinen tahti voi jatkua. Osa nyt ilmoitetuista suunnitelmista saatetaan vielä perua.

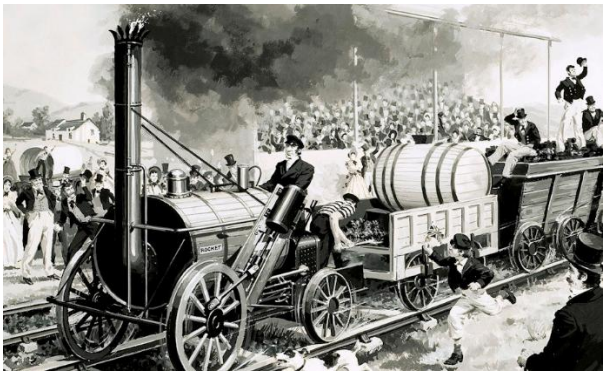
Vuoden 1929 pörssiromahdus pysäytti sähköverkon rakentamisen, jota todettiin olevan etenkin kaupunkialueilla massiivisesti yli tarpeen. Rakentamisen palautuminen vei 15 vuotta. Three Mile Islandin onnettomuus 1979 johti 67 jo rakenteilla olevan ydinvoimalan keskeyttämiseen. Uutta sähköntuotantoa ei tarvittu 25 vuoteen. Internet-kuidun vetäminen päätyi konkursseihin 2001, kun kaapeleista 95 % huomattiin olevan pimeänä. Kaapeleille käytön löytäminen *streaming*-videoista vei 10 vuotta.

Datakeskusten elinikä riippuu monesta muuttujasta, mutta varmaa on, ettei se ole läheskään yhtä pitkä kuin betonilla, voimaloilla tai valokuiduilla. Joissain tapauksissa teknistaloudellinen käyttöikä saattaa rajoittua vain muutamaan vuoteen. Ellei kapasiteetille löydy tässä ajassa kannattavaa käyttöä, nykyisistä miljardeista jää muistoksi vain valtava kasa elektroniikkaromua halleissa jossain päin Teksasia.

Näin kapitalismi toimii. Interstate-teillä ajetaan sentään vielä tänäkin päivänä.

P.S. Sukellettaessa vielä pidemmälle historiaan rautateiden rakentamiseen käytettiin Yhdysvalloissa vielä pidempään vielä suurempi osa BKT:sta, mutta tämä onkin jo kokonaan oma tarinansa!

XIII Onko tekoäly aikamme rautatiekupla



Kuva 10: George Stephensonin "Rocket" 1829

Britannian 1840-luvun rautatiemaniaa pidetään usein historian ensimmäisenä teknologiakuplana. Siksi sitä houkuttaa verrata nykyiseen buumiin tekoälyinfrastruktuurissa.

Richard Trevithick kehitti ensimmäisen raiteilla kulkevan veturin jo 1804, mutta aluksi rautateitä käytettiin vain hiilen kuljettamiseen. Toiminta oli pienimuotoista, paikallista ja kallista. Läpimurto tapahtui vasta, kun George Stephensonin ”*Rocket*”-veturi osoittautui riittävän luotettavaksi Liverpool-Manchester –yhteyden avaamiseksi säännölliselle matkustajaliikenteelle 1830. Tämä lisäsi volyymeja ja kannattavuutta.

Juniin suhtauduttiin silti epäillen, ja niillä matkustamista pidettiin jopa terveysriskinä. Vasta kuningatar Victorian ensimatka 1842 toi rautateille koko kansan hyväksynnän.

1840-luvun alun taantuma laski korot ennätysalhaisiksi, jolloin pääomaa alkoi hakeutua valtionlainoista kohti tuottavampia rautatiehankkeita, kunnes innostus karkasi käsistä. Hankkeen saattoi perustaa vapaasti ilmoittamalla siitä parlamentille, ja 1843 hankkeita oli 63 kpl, 1844 jo 199 kpl ja 1845 jopa 562 kpl. Varhaisen vaiheen suunnitelmia oli peräti

1263 kpl, joista syntyvä rata olisi yltänyt viisi kertaa Ison-Britannian päästä päähän.

Hankkeita mainostettiin ja liioiteltiin häikäilemättömästi tätä tarkoitusta varten perustetuissa sanomalehdissä. Pääoma kerättiin anteina, joita sai merkitä maksamalla aluksi 10 % sitoumuksestaan, ja loput rakentamisen käynnistyttyä. Kaikilla rahaa ei edes ollut, mutta he uskoivat voivansa myydä osuutensa voitolla eteenpäin ennen pääomakutsua. Sijoittaminen lainarahalla yleistyi.

Vain parissa vuodessa vanhojen rautatieyhtiöiden osakekurssit nousivat 2x ja uusien 3x. Lontoon listattujen rautatieyhtiöiden määrä viisinkertaistui 259:ään, sektorin edustaessa valtaosaa koko pörssistä.

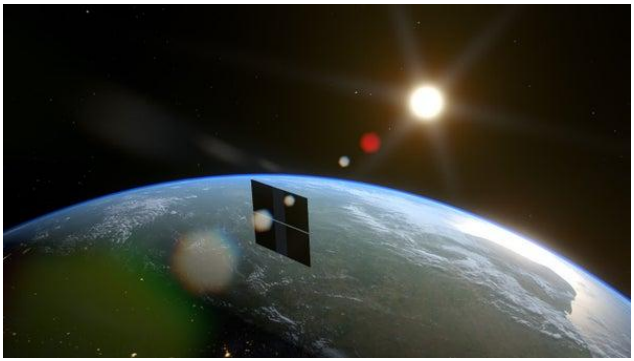
Monet hankkeista olivat heikosti perusteltuja, päällekkäisiä, eikä kaikille riittänyt maksavia asiakkaita. Leedsin ja Manchesterin välille rakennettiin kolme eri rataa. Kustannusarviot ylittyivät. Kun rakennushankkeet veivät jo 10-15 % Britannian vuosittaisesta BKT:sta, maasta loppui pääoma.

1845 rautatieosakkeiden kurssit alkoivat pudota. Luottamus ja helpot voitot katosivat. Monet sijoittajat olivat ”ylikomittoituneet”, ja pääomakutsujen saapuessa joutuivat pakkomyymään osakkeitaan. Myös pankit alkoivat rajoittaa lainoitustaan, ja jo vuoden kuluttua konkurssit ylsivät ennätyslukemiin. Valtio ja monet "privaattilainoittajat" ajautuivat rahoituskriisiin 1847, mihin vaikutti myös Irlannin nälänhätä.

1850 mennessä rautatieosakkeet olivat laskeneet huipultaan -65 %, ja alemmaksi kuin vuosikymmeneen. Uusista rautatieyhtiöistä poistui pörssistä ¾, ja satoja yhtiöitä kaatui. Kolmasosaa hyväksytyistä ratayhteyksistä ei koskaan rakennettu. Monet sijoittajat menettivät kaikki säästönsä.

Täysin hukkaan valtava kupla ei silti mennyt: Sen pohjalta Britanniaan syntyi laaja rautatieverkko, joka vauhditti maan kaupungistumista, teollistumista ja talouskasvua vuosikymmeniksi eteenpäin.

XIV Sähköntarve vie datakeskukset pian avaruuteen



Kuva 11: Tullaanko uudet datakeskukset jo lähitulevaisuudessa rakentamaan avaruuteen?

Tekoälyn - eli datakeskusten - sähköntarve kasvaa nyt *paljon* nopeammin kuin Kiinan ulkopuolinen sähköntuotanto.

Elon Musk arveli hiljattain, että vuoden 2026 loppua kohden tekoälysirujen tuotanto ylittää jo mahdollisuudet löytää datakeskuksille virtaa. Sirut alkavat kasaantua ja vanheta nopeasti. Nvidia ja monet hyperskaalaajat ovatkin vakavissaan valmistelemassa datakeskusten siirtämistä avaruuteen!

Voimaloiden rakentaminen maan pinnalle on yksinkertaisesti liian hidasta, ja lisäävät CO_2-päästöjä ilmakehään. Aurinkopaneeleita voidaan massatuottaa halvalla, mutta todellista skaalaamista maan päällä rajoittaa tilan puute ja sääntely.

Starcloud -yhtiö laukaisi marraskuussa 2025 pienoissatelliitin, jonka yksi Nvidian Hopper-siru onnistui kouluttamaan avaruudessa pienoiskielimallin, "nanoGPT:n". Google aikoo lähettää ensimmäiset koneensa avaruuteen 2027 – siis jo ensi vuonna! Myös voimakkaan tappiollinen xAI on jo valmiiksi yhdistetty pian listautuvan SpaceX:n tytäryhtiöksi.

Avaruuteen suuntaamisesta on muutama olennainen hyöty:

1. Avaruudessa ei ole ilmakehää, pilviä tai sadetta, ja oikein suunnatut paneelit ottavat vastaan koko aurinkovakion (5x teho maanpintaan) verrattuna
2. Maapallon aurinkosynkronisella kiertoradalla (SSO) paistaa aina, eikä päivä-yö-vaihtelun tasoittamiseen tarvita akkuja
3. Laskennan tuottama valtava hukkalämpö voidaan säteilyttää aurinkopaneelien toiselta puolelta kylmään avaruuteen, josta infrapunasäteilyä tulee vain vähän. Jäähdytykseen ei siis huku energiaa, eikä lämpeneminen pääse pilaamaan siruja.

Onneksi myös avaruuteen laukaistava massa voidaan rajata vain osaan maanpäällisestä: Avaruudessa aurinkopaneeleja ei tarvitse peittää lasilla, ja niille riittävät heppoisemmat puitteet. Datakeskusten laitteistosta valtaosa liittyy jäähdytykseen tai sähkönsyöttöön, kun itse sirut ovat kevyitä.

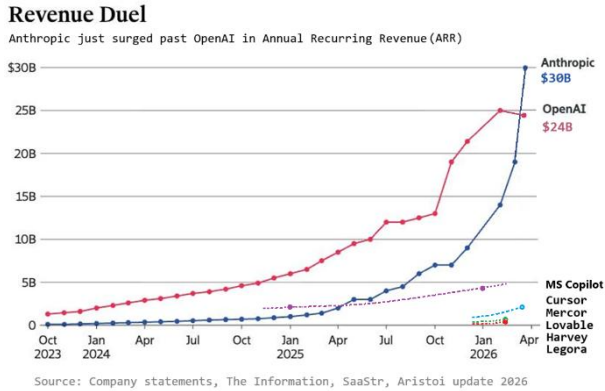
Ratkaisu on silti täysin riippuvainen käytännössä SpaceX:n tarpeeksi edullisesta laukaisun yksikkökustannuksesta.

Avaruudessa on kuitenkin aina haasteensa: Matalalla kiertoradalla vähäinenkin ilmakehä jarruttaa huimaa ratanopeutta etenevää rakennelmaa, ja radan ylläpitäminen vaatii paljon polttoainetta. Merkittävä haaste on myös avaruusromu, jonka määrä alemmilla kiertoradoilla on suurempi.

Korkeammalle pääsy taas nostaa laukaisukustannusta, ja lisää keskukseen osuvan hiukkassäteilyn määrää. Tämä tekee ajan myötä tuhojaan elektroniikalle, joka vaatii joka tapauksessa lisää säteilyvarmistusta, ja siten massaa. Optimaalinen korkeus tuntuu olevan ehkä jossain 600–650 km korkeudella. Mutta tällä korkeudella on jo satoja kaupallisia satelliitteja.

Jos tekoälyn kasvu jatkuu nykyisen lailla eksponentiaalisena, ja kaikki ampuvat datakeskuksensa samalle kiertoradalle, loppuu lopulta avaruudestakin tila.

XV Johtaako huima kasvu myös huimiin voittoihin



Kuva 12: Anthropicin, Open AI:n, Microsoft Copilotin ja eräiden muiden AI-yhtiöiden ARR-liikevaihtoarvioita

Tekoäly on omaksuttu maailmanlaajuisesti käyttöön ennätysmäisen nopeasti, ja tämä on alkanut näkyä myös alan yritysten ennätysmäisen nopeasti kasvavina liikevaihtoina.

Erityisesti jo varhaisessa vaiheessa yritysasiakkaisiin ja ohjelmointiin keskittynyt Anthropic on *10-kertaistamassa* liikevaihtonsa jo neljäntenä vuotena peräkkäin! Syynä on paras kohderyhmä (ohjelmoijat) ja niille paras tuote (Claude Code). Yli tuhat yritystä maksaa Antropicille Claudesta jo yli miljoona dollaria vuodessa.

2026 alun kiista Pentagonin kanssa sai monet asiakkaat vaihtamaan OpenAI:la Anthropicin asiakkaaksi, jonka arvioitu juokseva liikevaihto nousi nyt ensi kertaa OpenAI:n ohi.

OpenAI on keskittynyt maailmanvalloitukseen ja käyttäjämäärien kasvuun. ChatGPT:n 900 miljoonasta käyttäjästä maksavia asiakkaita on vain 50 miljoonaa (5 %), joista suuri osa suhteellisen matalaa hintaa maksavia kuluttaja-asiakkaita. Sen liikevaihto onkin ”vain” 3-4-kertaistunut vuosittain.

Microsoftin Copilotin piskuiset 15 miljoonaa maksavaa asiakasta (3 %) tuovat ~5 mrd liikevaihdon. Googlen, Metan ja xAI:n mallien sisäistä arvonlisää on vaikeampi arvioida.

Sovellusyhtiöt kuten Cursor, Lovable tai Legora maksavat mallien käytöstä näille malliyhtiöille, jotka vuorostaan maksavat datakeskusten käytöstä hyperskaalaajille. Arvoketjun sovellus- ja malliportaat tuottavat tällä hetkellä yhteensä n. ~70 mrd dollarin liikevaihdon ulkoisilta loppuasiakkailta.

Alan datakeskuksiin on tämän vuoden lopussa investoitu yli 1 000 mrd dollaria. Mikäli yhtiöt yltäisivät suurten ohjelmistoyhtiöiden *best-in-class* -kannattavuuteen, eli ~35 % nettovoittoon, edes 10 % oman pääoman tuotto edellyttäisi ~330 mrd liikevaihtoa, eli nykytason lähes viisinkertaistamista. Ohjelmistoalan maailmanlaajuinen liikevaihto (pl Kiina) on niin ikään n. 1 000 mrd dollaria, mitä vasten 330 mrd ei sinällään kuulosta mahdottomalta saavuttaa.

Hyperskaalaajia lukuun ottamatta yhtiöt ovat tappiollisia: OpenAI:n on arvioitu tekevän tänä vuonna -14 mrd tappiota, Anthropicin -10 mrd ja xAI:n -5 mrd. Malliyhtiöt ovat siirtymässä kiinteästä hinnasta käyttöpohjaiseen hinnoitteluun, mikä parantaa omaa kannattavuutta, mutta vyöryttää kulut asiakkaille. Vasta tällöin paljastuu, kuinka moni palvelusta oikeasti suostuu maksamaan ja kuinka paljon.

Alan kannattavuus pidemmän päälle onkin kovin epävarma.

Kilpailu on jatkunut kovana, ja parhaan mallin kruunu vaihtanut omistajaa vähän väliä. Myös kiinalaiset mallit Kimi K2, GLM-5 ja Qwen3 seuraavat vain kuukausia läntisten huippumallien perässä. Tämä voi tuoda painetta hinnoitteluun ja toisaalta pakottaa malliyhtiöt jatkamaan kalliita kehityspanostuksiaan hamaan tulevaisuuteen.

Reaalimaailmassa kasvun ja voittojen saavuttamisen esteinä ovat edelleen myös datakeskuskapasiteetti, sähkön saatavuus ja valtava rahoitustarve. Voikin olla, että tämänkin teknologiamurroksen suurimmiksi voittajiksi eivät päädy siihen sijoittaneet, vaan teknologian lukemattomat loppukäyttäjät.

Miten tästä eteenpäin?

Tekoälyn kehitys jatkuu nopeana, mutta yritykset ja ympäröivä yhteiskunta muuttuvat yleensä selvästi teknologiaa hitaammin. On houkuttelevaa ajatella "*tällä kertaa on toisin*", mutta historiassa tämä on useimmiten vain johtanut harhaan.

Eri alojen työntekijät ovat jo nyt laajasti omaksuneet tekoälyn uudeksi työkalukseen. Paikoittain sillä voitaneen saavuttaa suuriakin tehokkuusparannuksia. Jotkin tehtävät tai kokonaiset alat – kuten vaikkapa ohjelmointi, taloushallinto, lakitoimistot tai asiakaspalvelu – voivat kokea rajunkin rakennemuutoksen.

Silti huolet siitä, että tekoäly korvaisi suurissa määrin keskiluokkaisen valkokaulustyön, tuntuvat täysin ylimitoitetuilta.

Vallitsevasta innostuksesta huolimatta monella alalla muutos voi itse asiassa jäädä lopulta melko vähäiseksi: Useimmat yritykset ovat jatkossakin hyvin samannäköisiä kuin tänään, niiden taseet ja investointitarpeet ennallaan, ja voitot kasvaneet pitkälti aiemman trendin mukaisesti. Markkina-asemat voivat elää, mutta myös muista syistä kuin vain tekoälyn takia.

Käynnissä on luultavasti tavanomaista disruptiivisempi aikakausi, mutta on silti syytä muistaa, että tulevaisuuteen on *aina* ollut vaikeaa nähdä. Osakesijoittajan iänikuinen tehtävä onkin myös näiden riskien ja mahdollisuuksien arvioiminen mahdollisimman viisaalla tavalla – tai kuten John Maynard Keynes asian ilmaisi (1936): *"…Voittaa ne ajan ja tietämättömyyden pimeät voimat, jotka aina verhoavat tulevaisuuttamme."*

Aristoi Capital Management Oy on suomalainen sijoituspalveluyhtiö, joka palvelee pientä joukkoa varakkaita yksityishenkilöitä ja yhteisöasiakkaita. Sijoitamme ensisijaisesti kansainvälisesti listattuihin osakkeisiin soveltamalla historian parhailta sijoittajilta opittuja järkeviä ja aikaa kestäneitä periaatteita.

Lue yrityksestämme sivuiltamme
www.aristoi.fi

Voit lähestyä meitä sähköpostitse
investors@aristoi.fi