Ankkuri hukkuvalle miehelle – kaikki ei kuulu konttiin

10.12.2025

Monella toimialalla eletään konttiratkaisujen ja modulaarisuuden kulta-aikaa. Lähes mikä tahansa teknologia luvataan skaalautuvan, kunhan se pakataan standardikokoiseen merikonttiin ja niitä pinotaan riviin riittävästi. Myyntikalvoilla maailma näyttää ihanan selkeältä: lisätään vain yksi palikka, ja kapasiteetti kasvaa siististi portaissa.

Ongelma on siinä, että fysiikka ja tasekirja ovat huonoja neuvottelukumppaneita markkinointiosastolle. Kaikki teknologia ei käyttäydy niin kuin PowerPointissa toivotaan. Jos järjestelmä ei noudata tiettyjä skaalautumisen luonnonlakeja, modulaarinen konttirakenne on usein vain kallis pakkausratkaisu, joka peittää ongelmat sen sijaan, että ratkaisisi niitä.

Kaksi tapaa skaalata – ja kolmas, joka on itsepetosta

Teknologia skaalautuu karkeasti kahdella perustavalla tavalla. On kriittistä ymmärtää, kumman kanssa ollaan tekemisissä.

> **1. Tiivistyvä suorite (Action per footprint)**. Tämä on tuttua omalta tontiltani akuista, mutta sekä aurinkopaneeleista ja mikropiireistä. Sama fyysinen kuori, oli se sitten piirilevy tai merikontti, tuottaa sukupolvi sukupolvelta enemmän tehoa tai kapasiteettia. Materiaalit ja valmistusmenetelmät kehittyvät, ja yhden moduulin sisään mahtuu koko ajan enemmän transistoreja tai kilowattitunteja. Tässä maailmassa kontti on nerokas: ulkokuori pysyy vakiona, mutta sisältö paranee.

2. Volyymietu (Economies of Scale). Prosessiteollisuudessa ja isoissa lämpövoimaloissa fysiikka määrää tahdin: tilavuus kasvaa kolmannessa potenssissa, kun pinta-ala kasvaa toisessa. Suomeksi sanottuna: mitä isompi pönttö, sitä pienemmät suhteelliset lämpöhäviöt ja halvemmat materiaalikustannukset per tuotettu megawatti.

Vielä raadollisemmin skaalaetu näkyy termodynamiikassa. Suuri mittakaava mahdollistaa korkeammat prosessiarvot, jotka ovat pikkulaitoksille sula mahdottomuus. Jättilaitoksessa voidaan ajaa ylikriittistä höyryä (yli 600 °C ja 300 bar), jolloin Carnot'n lain mukainen teoreettinen maksimihyötysuhde nousee merkittävästi. Pienessä "konttivoimalassa" joudutaan tyytymään matalampiin arvoihin, koska paksuseinäiset, erikoismetalliset painelaitteet tekisivät pikkuyksiköstä tolkuttoman kalliin.

Lisäksi turbiinitekniikassa fysiikka suosii järeää kalustoa: suurissa turbiineissa siipien kärkien ohi vuotava höyry on promilleluokkaa kokonaisvirtaamasta. Mikroturbiineissa nämä suhteelliset häviöt kertaantuvat, ja merkittävä osa energiasta karkaa harakoille. Tällöin on taloudellista itsemurhaa yrittää pilkkoa prosessia pieniin kontteihin, kun yksi iso laitos ajaisi asian paremmalla hyötysuhteella ja korkeammilla prosessiarvoilla.

Sitten on se **kolmas tapa,** jota näkee nykyään liikaa: järjestelmä yritetään väkisin survoa moduuleihin, vaikka se ei kuulu kumpaankaan yllä mainittuun kategoriaan. Ulospäin ratkaisu näyttää modernilta "plug & play" -ihmeeltä, mutta pellin alla fysiikka ja kustannusrakenne huutavat apua.

Milloin kontti on ratkaisu – ja milloin ongelma?

Modulaarisuus toimii loistavasti, kun se tukee teknologian luontaista logiikkaa. Akkujärjestelmissä (BESS) tämä toimii, koska kennojen energiatiheys kasvaa jatkuvasti. Yksi kontti tänään on tehokkaampi ja energiatieämpi kuin kaksi vuotta sitten.

Haaste alkaa, kun teknologia ei tosiasiassa hyödy tiivistyvästä suoritteesta riittävästi, eikä sitä voi kasvattaa rajattomasti. Silti halutaan näyttää modulaariselta, koska se on sijoittajien silmissä seksikästä.

Käytännössä kontti tuo tällöin mukanaan **BOP-taakan** (Balance of Plant). Jokainen erillinen kontti tarvitsee omat LVI-ratkaisunsa, paloturvallisuutensa, sähkönsyöttönsä ja automaationsa.

Klassinen varoittava esimerkki on vety. On totta, että itse elektrolyysikennojen kehitys menee eteenpäin: virrantiheyksiä (A/cm2) kasvattamalla saamme itse kennopakasta (stack) pienemmän ja tehokkaamman. Mutta tässä sorrutaan osasuurennokseen: itse kenno on usein vain pieni osa koko investoinnista ja tilantarpeesta.

Vedyn tuotanto on kemianteollisuutta: se vaatii kaasun puhdistusta, kuivausta, jäähdytystä ja kompressointia. Nämä apulaitteet noudattavat prosessiteollisuuden lakeja, ne eivät skaalaudu lineaarisesti, vaan iso on aina tehokkaampi. Vaikka itse "sydän" pienenisi, ympäröivä "keuhkot" pysyvät massiivisena. Jos survomme tämän kemiantehtaan väkisin 40 jalan konttiin, luodaan vaan ahdas huoltopainajainen.

Lisäksi vety on herkkää tavaraa: jokainen kontti on oma ATEX-tilansa, joka vaatii raskaat turvajärjestelyt, ilmanvaihdot ja varoetäisyydet. Sadan kontin “vetyfarmissa” meillä on sata potentiaalista vuotopistettä ja sata huollettavaa kompressoria yhden keskitetyn, optimoidun laitoksen sijaan.

Yhden ison, hyvin suunnitellun laitoksen sijaan meillä on yhtäkkiä valtava määrä vikapisteitä. Kokonaisuus on kalliimpi, monimutkaisempi ja vikaherkempi.

Tätä voisi kutsua **PowerPoint-arkkitehtuuriksi:** järjestelmä suunnitellaan sen mukaan, miltä se näyttää diashow’ssa (“katsokaa, näitä voi lisätä kuin legoja!”), eikä sen mukaan, miten se toimii verkossa, prosessissa tai Suomen talvessa. Lopputuloksena ei ole siisti legorivi, vaan putkistospagetti, joka maksaa enemmän kuin yksi kunnollinen prosessihalli.

Mitä tämä tarkoittaa SEAMKin näkökulmasta?

Meillä Seinäjoen ammattikorkeakoulun TKI-ympäristössä toimitaan juuri siinä rajapinnassa, jossa insinöörin laskelmat kohtaavat talousjohtajan Excelin. Älykäs teollisuus, energiaratkaisut ja automaatio eivät ole irrallisia buzzwordeja, vaan työkaluja, joiden on maksettava itsensä takaisin.

Yritysten ja opiskelijoiden kannalta olennainen kysymys ei ole se, mahtuuko ratkaisu konttiin. Kyllähän sinne mahtuu, vaikka sirkusnorsu, jos tarpeeksi pilkkoo. Oleellisempaa on kysyä oikeat kysymykset:

- Mikä on oikea teknistaloudellinen yksikkökoko?
- Miten järjestelmää ohjataan kokonaisuutena?
- Tuoko modulointi aitoa säästöä vai piilokuluja?

Sama armoton logiikka pätee nouseviin trendeihin, kuten **Manufacturing on Demand** ja **Customizable Manufacturing**. Ajatus siitä, että konttiin pakattu “yleistehdas” voisi tuottaa kustannustehokkaasti mitä vain, missä vain, on usein vaarallinen harha.

Joustavuus maksaa aina. Jos tuotantosolu on suunniteltu tekemään “kaikkea mahdollista räätälöidysti”, se ei yleensä tee mitään yhtä tehokkaasti kuin optimoitu linja. On eri asia tulostaa varaosa 3D-tulostimella kriisioloissa kuin yrittää korvata massatuotannon logiikkaa siirrettävillä nyrkkipajoilla. Jos moduulin sisäinen suorituskyky ei kehity, se ei ole teknologisen evoluution askel, vaan pysyvä metallilaatikko, jonka ympärille kaikki muu joudutaan taivuttamaan.

Jos järjestelmä ei kasva niin suureksi, että mittakaavaedut toteutuvat, pienet yksiköt voivat olla täysin järkeviä. Mutta silloinkaan niitä ei tarvitse pakottaa samaan metallikuoreen vain siksi, että se näyttää hyvältä esitteessä.

Loppupäätelmä: oikea koko on tärkeämpi kuin oikea muoti

Modulaarisuus ei ole itsessään hyvä tai paha. Se on työkalu. Oikein käytettynä se on ketteryyttä, väärin käytettynä se on ankkuri, joka vetää investoinnin kannattavuuden pohjaan.

Siksi ensimmäinen kysymys ei pitäisi olla “kuinka monta konttia tilataan”, vaan “mihin fysiikan luokkaan tämä teknologia kuuluu”. Jos vastaus ei ole tiivistyvä suorite eikä skaalaetuja hyödyntävä jättiläinen, on syytä laittaa jäitä hattuun.

SEAMKin rooli on auttaa yrityksiä ja tulevia insinöörejä tunnistamaan tämä ero. Kestävä ja skaalautuva teknologia syntyy harvoin pöhinästä. Se syntyy siitä, että fysiikka, talous ja käytettävyys saadaan samalle viivalle, vaikka se tarkoittaisikin, että ratkaisu ei mahdu standardikonttiin.

Modulaarisuus ei ole itsessään hyvä tai paha. Se on työkalu. Oikein käytettynä se on ketteryyttä, väärin käytettynä se on ankkuri, joka vetää investoinnin kannattavuuden pohjaan.

Juho Heiska
TkT, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SEAMK

Kirjoittaja on väitellyt akkututkimuksen alalta ja kerännyt jo paljon kokemusta kestävään siirtymään liittyen erityisesti energiatekniikan näkökulmasta. Tällä hetkellä hän toimii SEAMKissa digitaalisuus ja älykkäät

teknologiat -tiimissä tutkimus- ja kehittämispäällikkönä.