



Andmebaasid

Erki Eessaar



Andmed

- ◆ Andmed on **märkide hulga**d, mis on mingis *keskkonnas* salvestatud.
- ◆ Andmed võivad olla näiteks:
 - märgid *savitahvlil*,
 - numbrid või tekst *paberil*,
 - bitid ja baidid *arvuti mälus*,
 - kujutised *filmilindil*,
 - meeldejäetud faktid inimese ajus, mis on talletatud närvirakkude vaheliste seoste muutustena.

Andmekandjate näiteid



Alternatiiviks regulaarne andmete ülekanne uue tehnoloogiaga kandjatele.

Digitaalsete andmete pikaajaline säilitamine

- ◆ Digitaalsete andmete tulevikus (nt 100 või 1000 aasta pärast) kasutamiseks tuleb lisaks andmekandjatele säilitada juhised nende lugemiseks vajalike masinate ja tarkvara ehitamiseks.
 - Gosh, P., 2015. Google's Vint Cerf warns of 'digital Dark Age'. BBC, 13.02.2015 [WWW]
<https://www.bbc.com/news/science-environment-31450389>

Informatsioon

- ◆ Informatsioon on andmetöötluste tulemus, mida saaja suudab tõlgendada ja mõista ning mis aitab tal midagi:

- järeldada,
- soovitada,
- otsustada,
- kinnitada,
- kokku võtta.

Our World in Data

<https://ourworldindata.org/> ja

Population Pyramid

<https://www.populationpyramid.net/>

Visualiseeritakse andmeid maailma rahvastiku ja elustandardi hetkeseisu ja muutuste kohta.

Informatsioon (2)

◆ Informatsioon võib olla

- aruanne,
- analüüs,
- andmed, mida on korrastatud
 - andmetabeli read ja veerud on mingi reegli järgi sorteeritud, et andmetes peituvaid seoseid oleks visuaalselt (paremini) näha
- sõnaline vastus,
- joonis, ...

<https://www.statista.com/chartoftheday/>
Visuaalsed kokkuvõtted (aruanded) väga paljude erinevate andmehulkade põhjal.



Hägune piir andmete ja informatsiooni vahel

- ◆ Samas kasutavad mitmed autorid termineid *andmed* ja *informatsioon* sünonüümidenä.
 - Andmetöötlus võib koosneda mitmest sammust.
 - Ühe andmetöötlusoperatsiooni tulemusena leitud informatsioon võib olla teise operatsiooni lähteandmeteks.

Andmebaas

- ◆ Andmebaas on organiseeritud andmekogum, mis esitab väiteid mingi käsitusala kohta ja on salvestatud mingis keskkonnas.
- ◆ Andmebaas peab võimaldama vastata päringutele praegu ja tulevikus.
- ◆ Vajalike andmete leidmiseks peavad need olema korrastatud mingi struktuuri järgi.

Andmebaas **ei pea** olema
loodud arvutisüsteemi
kasutades

Andmete talletamise ajalugu



Pügalapulk – vanimad võivad
olla üle 40 000 aasta vanad.



Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu 2008. aastal



Tänapäeval
digitaliseeritud:
<https://www.ester.ee/>

Andmete talletamise ajalugu (2)



- ◆ Inkad kasutasid arvepidamiseks ja andmevahetuseks *khipusid* e rääkivaid sõlmi.
- ◆ Koosnevad nööridest, milles on sõlmed.
- ◆ Sõlmede abil esitatakse arve.

ERRi telemaja pommivarjend 2024. aastal



Tänapäeval palju
sellest
digitaliseeritud:
<https://arhiiv.err.ee/>

Andmed IT-süsteemides

- ◆ Arvutisüsteemi mõttes on andmed osa tarkvarast.
- ◆ Arvutisüsteemi osad.
 - Riistvara.
 - *Käegakatsutav* osa süsteemist – nt arvuti kast.
 - Tarkvara.
 - *Mitte käegakatsutav* osa süsteemist.
 - Programmid e käskude jadad andmete töötlemiseks.
 - Andmed e materjalid, millega programmid töötavad.

Andmed IT-süsteemides (2)



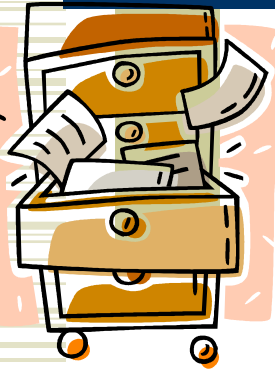
- ♦ Andmed peavad olema õigel ajal, õigel kujul, õigetele soovijatele kättesaadavad.
- ♦ Andmeid võib hoida spetsiaalse tarkvara – **andmebaasisüsteemi** – abil loodud andmebaasis.

Andmebaasisüsteem (*Database Management System, DBMS*)



<https://db-engines.com/en/ranking>

- ◆ Tarkvara, mis:
 - võimaldab andmebaase luua ja hallata ja
 - on nagu *müür*, mille sees on andmebaasid (nagu aiad) ja värav/väravavaht, läbi mille peab toimuma igasugune nende andmebaaside kasutus.



Andmebaasisüsteemide eelne ajastu

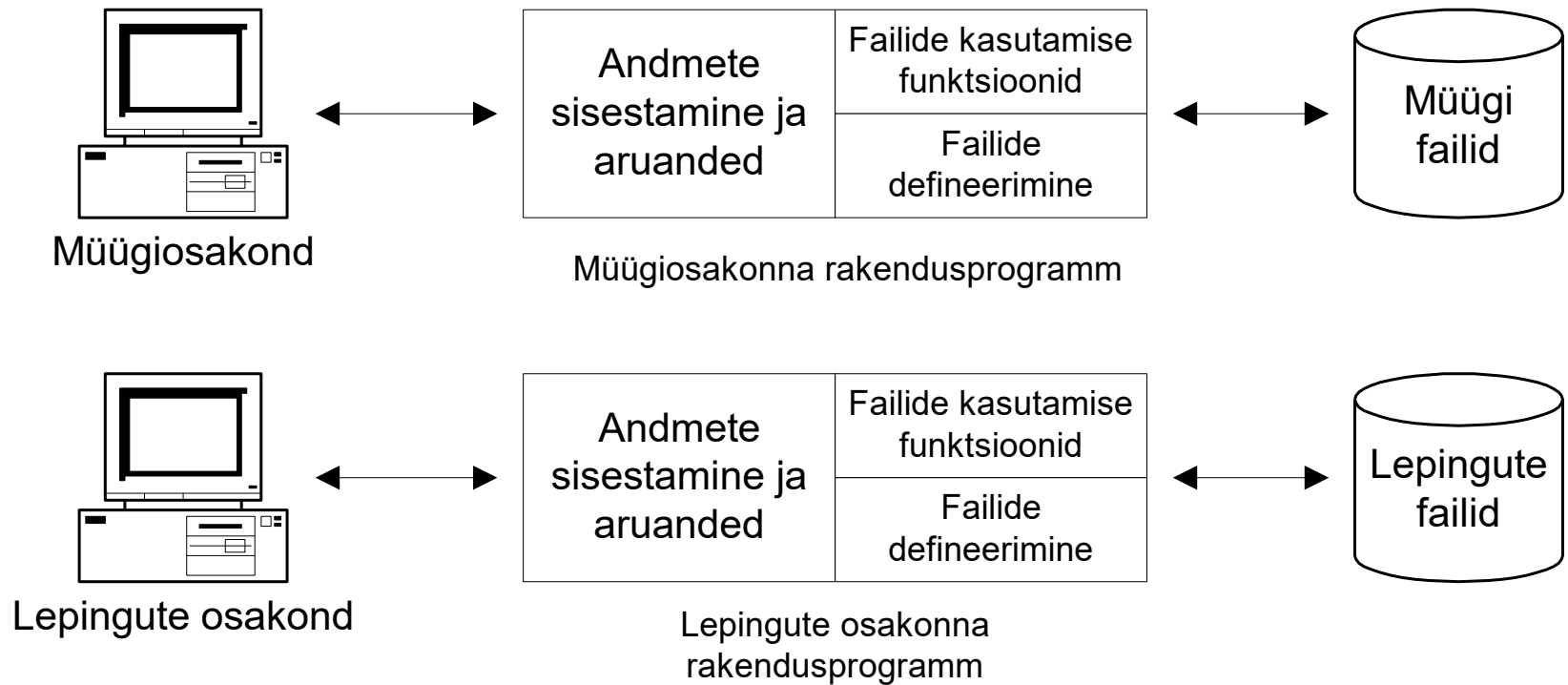
- ◆ Andmeid võib kirjutada *paberile*.



Andmebaasisüsteemide eelne ajastu (2)

- ♦ Andmeid võib hoida arvutis failidena nii, et andmeid kasutavad programmid pöörduvad *otse failide poole*.

Failipõhine süsteem



Ülesande püstitus

- ♦ Leia *erinevad* töötajate perenimed.

Failipõhise lahenduse *eeldused*

- ◆ Olemas fail nimega *tootaja.txt* ja programmil õigus seda lugeda.
- ◆ Andmete puhul on kasutusel tekstiline kodeering.
- ◆ Failis on ainult perenimed.
- ◆ Kirjete eraldajaks on reavahetus.
 - Viimase kirje järel reavahetus.
- ◆ Perenimed on tähestiku järgi sorteeritud.
 - Kui muutub, siis programm töötab, kuid tulemus on vale!
- ◆ Ühes reas oleva stringi pikkus ei ole suurem kui $1024-1=1023$ baiti.

Ülesande failipõhine lahendus

```
<?php
$eelmine="";
/*Faili avamine lugemiseks*/
$handle = @fopen("tootaja.txt", "r");
if ($handle) {
    while (!feof($handle)) { /*Tsükkel kuni on veel kirjeid*/
        $buffer = fgets($handle, 1024); /*Kirje lugemine failist*/
        if ($buffer!=$eelmine) {
            $eelmine = $buffer;
            echo nl2br($buffer);
        }
    }
    /*Faili sulgemine*/
    fclose($handle); }
?>
```

Kask
Metsis
Saabas
Sukk



Kask
Kask
Kask
Metsis
Saabas
Sukk
Sukk

Programmi kirjutaja *realiseerib*
korduste eemaldamise
algoritmi.

Kui nt faili kirjed pole
sorteeritud, siis annab
programm vale tulemuse.

Lahendus SQL-andmebaasisüsteemis

- ◆ Eeldused.
 - Andmebaasis on tabel *Tootaja*, kus on veerg *perenimi* (võib ka olla teisi veerge).
 - Kasutajal on õigus lugeda tabelis *Tootaja* veerus *perenimi* olevaid andmeid.
- ◆ Lahenduseks olev päring (**SQL**-keeles).
 - **SELECT DISTINCT** perenimi FROM Tootaja;
 - Päringu deklareerib soovib korduvate ridade eemaldamist tulemusest ning andmebaasisüsteem otsib selleks parima lahenduse.

SQL-andmekäitluskeele lausete töötlemine

```
SELECT DISTINCT perenimi FROM Tootaja;
```



SQL-i SELECT-lause – *mida* tuleb leida
(**deklaratiivne** lause)

```
HashAggregate (cost=10.62..11.12 rows=50 width=516)
  Group Key: perenimi
    -> Seq Scan on tootaja (cost=0.00..10.50 rows=50 width=516)
```



Täitmisplaan – **imperatiivne** programm lause täitmiseks – *kuidas* andmed leida. Koostatakse **andmebaasisüsteemi** poolt automaatselt

```
perenimi
-----
Kadakas
Lehis
Kask
```

Lause täitmise
tulemus

Imperatiivsus vs. deklarativsus

- ◆ Failipõhise lahenduse näide on **imperatiivne** programm, mis kujutab endast *käskude järjendit*.
 - Programmi käivitamisel täidetakse käske etteantud järjekorras.
- ◆ Andmebaasikeelte (nt SQL) lause näide on **deklarativne**.
 - Päringu koostaja ütles süsteemile, *milliseid* andmeid leida, kuid mitte *kuidas* seda teha.

Imperatiivsus vs. deklaratiivsus

– LLM viiba näide (2)

Samm-sammuline juhised – imperatiivne

- ♦ Sinu ülesanne on koostada kliendile vastus toote tagastamise kohta. Täida järgmised sammud täpselt sellises järjekorras:
 1. Tervita klienti viisakalt ja kasuta tema nime.
 2. Otsi andmebaasist kliendi tellimuse numbriga viimane ost.
 3. Kontrolli, kas ostukuupäevast on möödunud vähem kui 14 päeva.
 4. Kui on vähem kui 14 päeva, siis genereeri tagastuskood ja kirjuta juhised pakiaomaadi kasutamiseks.
 5. Kui on rohkem kui 14 päeva, siis keeldu viisakalt ja viita meie tagastuspoliitika punktidele 4.
 6. Lõpeta kiri tervitusega "Parimate soovidega, Klienditugi".

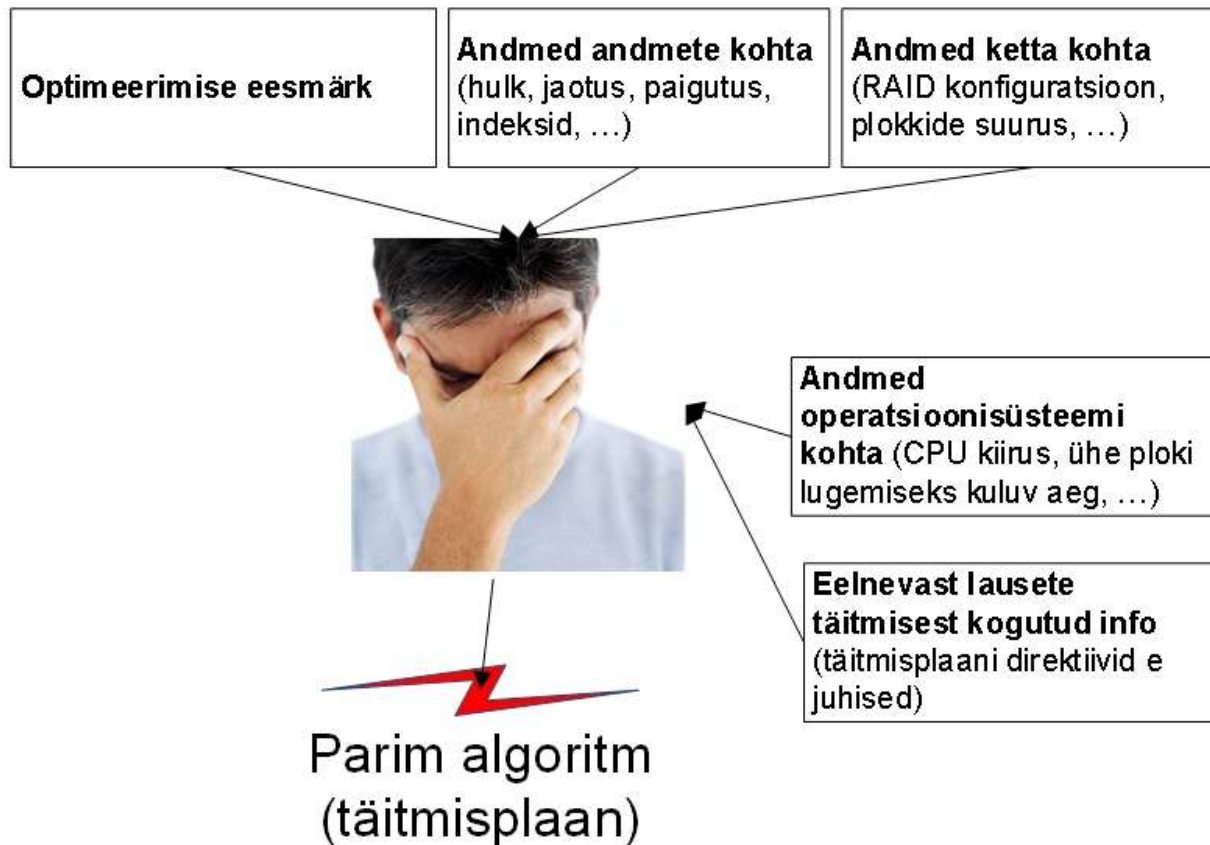
Eesmärgi- ja reeglipõhine juhised – deklaratiivne

- ♦ Sa oled klienditoe agent, kelle eesmärk on lahendada toodete tagastustaotlusi vastavalt ettevõtte reeglitele.
- ♦ Sinu eesmärk: Otsusta, kas kliendi tagastustaotlus on lubatud, ja vormista lõplik vastus.
- ♦ Piirangud ja reeglid:
 - Seaduslik tagastusperiood on 14 päeva alates ostuhetkest.
 - Keeldumise korral pead alati viitama tagastuspoliitika punktidele 4.
 - Kõik vastused peavad olema professionaalsed, kliendikesksed ja sisaldama selgeid edasisi juhiseid (nt tagastuskoodi või keeldumise põhjendust).
- ♦ Võta kliendi andmed ja tellimuse ajalugu ning taga reeglitele vastav tulemus.

Deklaratiivse andmebaasikeele kasutamise eelis

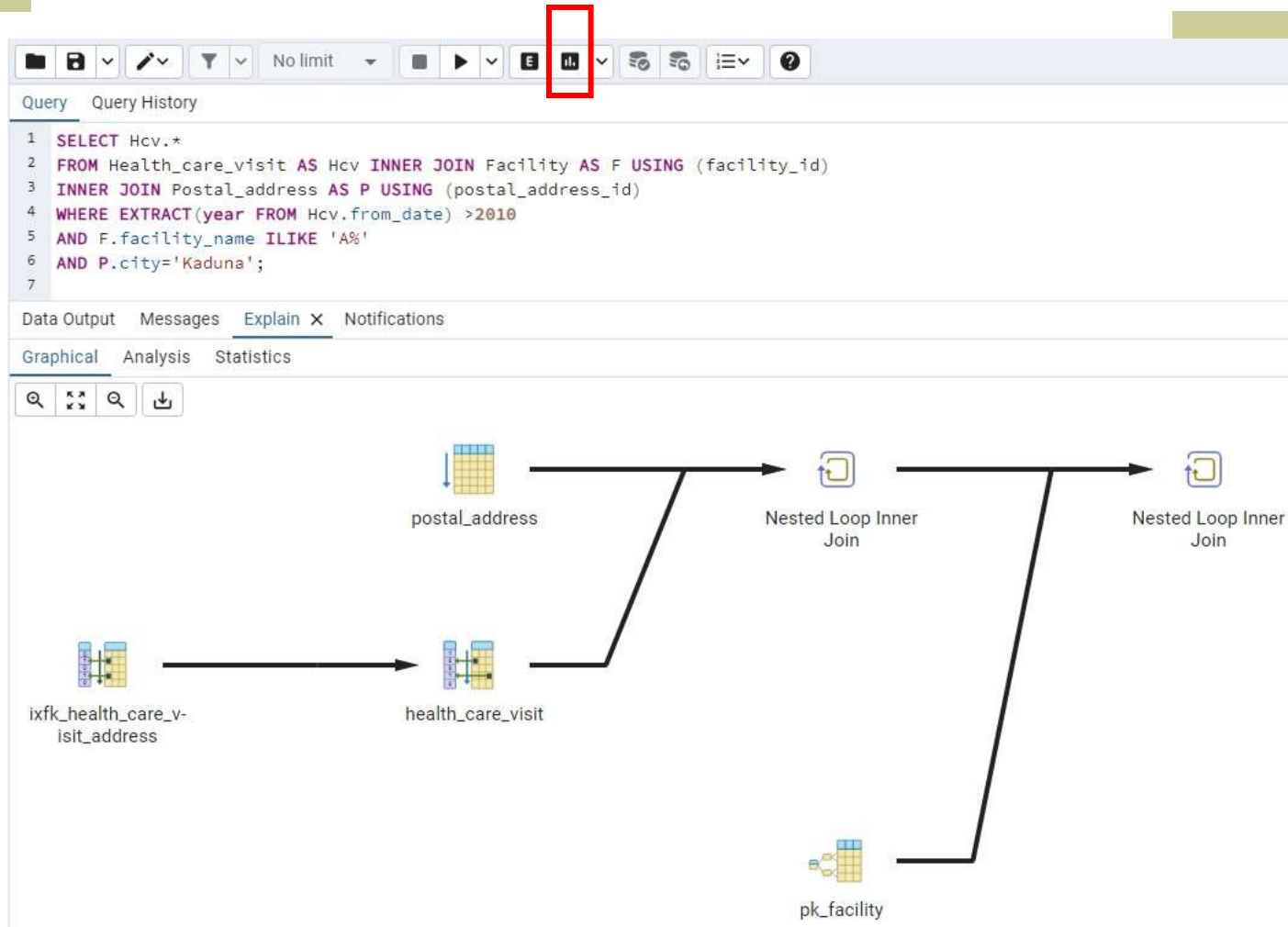
- ◆ Andmebaasisüsteem peab teadma **statistikat** andmebaasis olevate andmete kohta
 - Näiteks kui palju ridu on tabelis või kui palju erinevaid väärtuseid on veerus.
- ◆ Andmebaasisüsteem püüab valida statistika ja kuluhinnangute alusel sobivaima / eeldatavalt parima täitmisviisi (**kuidas** täita).
- ◆ Kasvab andmebaasi kasutajate *tööviljakus*!

Deklaratiivse andmebaasikeele kasutamise eelis (2)



Kui kasutate süsteemi, kus andmete leidmiseks/ muutmiseks tuleb kirjutada imperatiivne programm, mistõttu peate ise leidma parima täitmisplaani.

Täitmisplaani visuaalse esituse vaatamine PostgreSQLis (pgAdmin programmis)



Otsest failide kasutamisest tulenevad puudused

- ◆ Andmete isoleeritus.
- ◆ Andmete sõltuvus neid kasutavast programmist.
 - Näide: andmete vastavust reeglitele kontrollib ainult rakendusprogramm.
- ◆ Programmide sõltuvus nende kasutatavate andmete *füüsilisest* struktuurist. Näited:
 - Programm peab teadma indeksi olemasolust.
 - Väljade järjekord kirjes võib olla oluline.
 - Kirjete järjekord failis võib olla oluline.

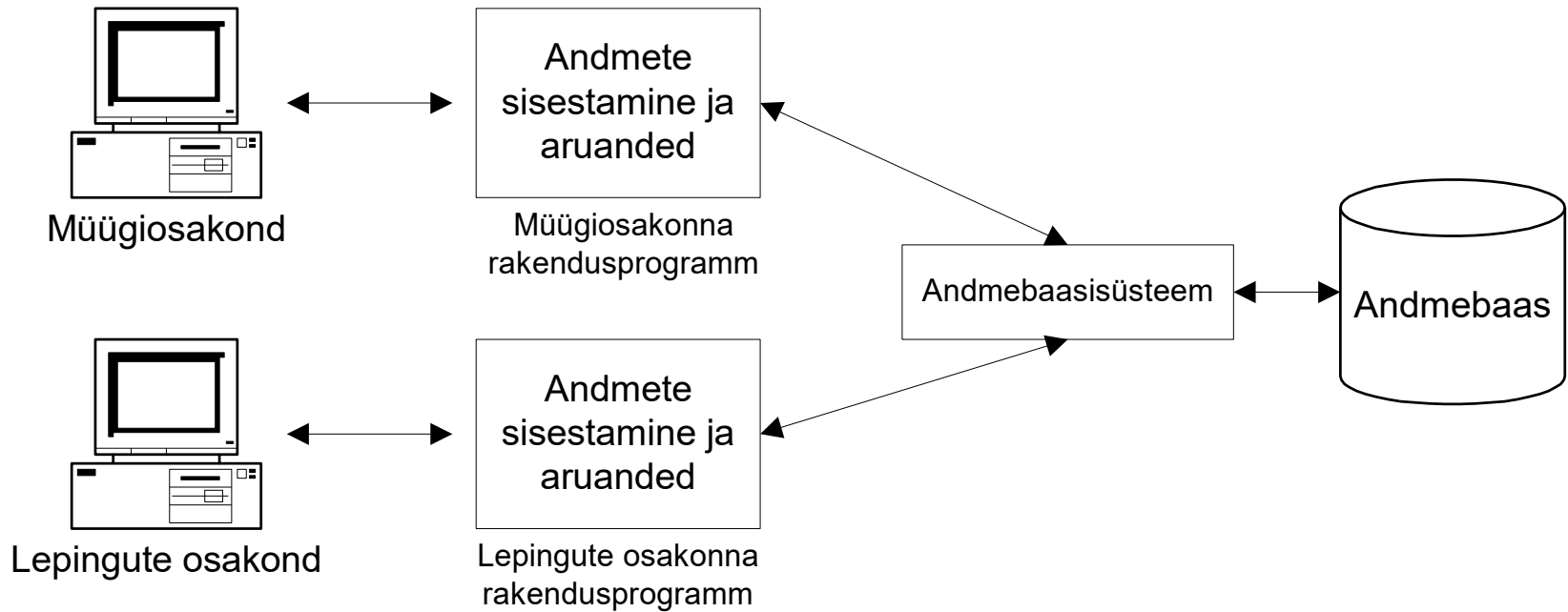
Otsest failide kasutamisest tulenevad puudused (2)

- ◆ Erinevate programmide andmete kodeeringu ja skeemi ühildamatus.
- ◆ Andmeid kasutav programm peab kõik failid ise avama ja sulgema.
- ◆ Pole üldist päringukeelt.
 - Päringuvõimalused tuleb üldjuhul rakendusprogrammis eraldi realiseerida.
 - Sageli on need ette programmeeritud ja piiratud.

Otsest failide kasutamisest tulenevad puudused (3)

- ◆ Sageli ei ole mõeldud turvaprobleemidele, faili taastamisele.
 - Andmetele pääseb ligi "otse", faili poole pöördudes.
- ◆ Sageli võib faili korraga muuta vaid üks kasutaja.

Andmebaasisüsteemi kasutav süsteem



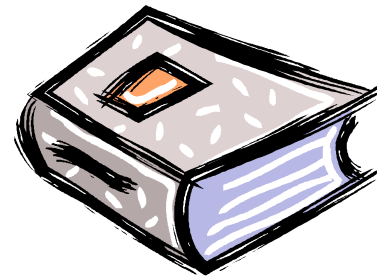
Andmebaasisüsteem

(andmebaasihaldur, andmebaasihalduse süsteem)

- ◆ *Andmebaasihaldur* on ("Eesti standard EVS-ISO/IEC 2382. Infotehnoloogia sõnastik" põhjal) riistvaral ja tarkvaral põhinev süsteem andmebaaside defineerimiseks, loomiseks, manipuleerimiseks, juhtimiseks, haldamiseks ja kasutamiseks.
- ◆ Andmebaasisüsteem on tarkvara andmebaasi loomiseks, kasutamiseks, hooldamiseks ja juurdepääsu kontrollimiseks.

Andmebaasisüsteem vs. andmebaas

- ◆ andmebaasisüsteem <> andmebaas
 - Samuti pole kirjutusmasin (vahend) sama, mis romaan (tulemus).



Andmebaasisüsteem vs. andmebaas (2)

- ◆ Oracle'i andmebaasisüsteemi ametlik nimi on Oracle **Database** (Oracle'i Andmebaas).



Menu

ORACLE

Database /

Oracle Database 12c

- ◆ Ka PostgreSQLi koduleht peab PostgreSQLi **andmebaasiks**.

Tegemist on andmebaasisüsteemide e andmebaasihalduritega – *Database Management System* (DBMS)

PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database



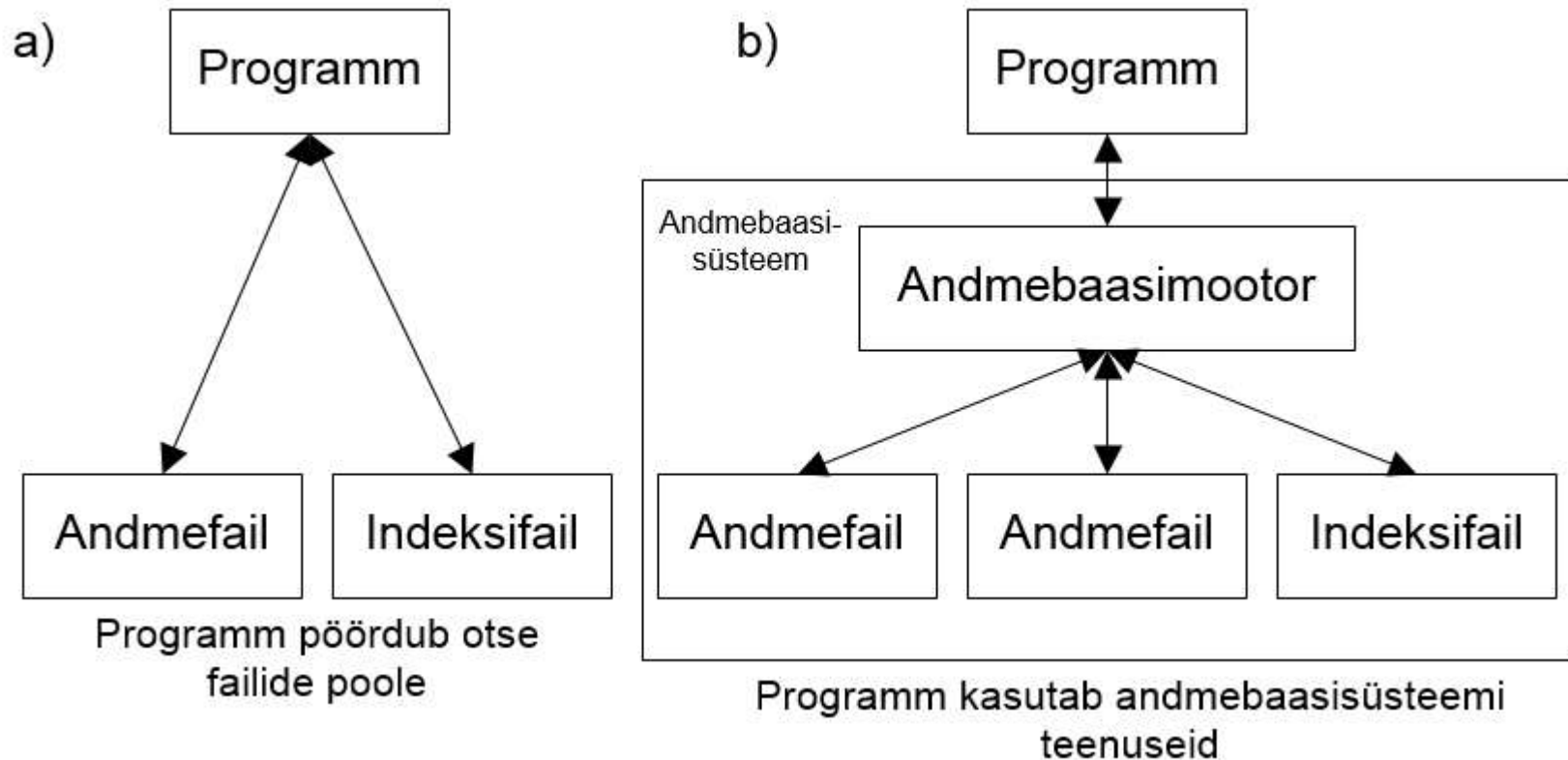
Kuidas kõlab?

- ◆ Lõin PostgreSQL'i andmebaasi kasutades uue andmebaasi.

vs.

- ◆ Lõin PostgreSQL'i andmebaasisüsteemi kasutades uue andmebaasi.

Kasutaja sõltumatus andmete füüsilisest salvestamisest



Failipõhine süsteem vs. andmebaasisüsteem

- ◆ Ka andmebaasisüsteemid salvestavad andmed füüsiliselt failidesse.
- ◆ Erinevalt failipõhistest süsteemidest pakuvad andmebaasisüsteemid vahekihti, mis peidab kasutaja eest (kuigi mitte alati täielikult) andmete füüsilise salvestamise keerukuse.
 - https://en.wikipedia.org/wiki/Leaky_abstraction

Andmebaasisüsteem kui elu lihtsustav tarkvara vahekiht



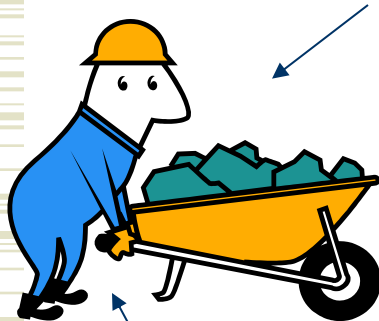
- ♦ Autoga sõitmiseks ei pea ma olema näppudega mootori küljes, vaid mul on **kasutajaliides**.
- ♦ **Tavasõitja** ei pea mootorit tundma.
- ♦ Autost viimase välja pigistamiseks tuleb mootorit detailselt tunda.
- ♦ Mootorit saab sageli parandada kasutajaliidest muutmata, mistõttu ei pea juht auto kasutamist ümber õppima.

Andmebaasisüsteemi mõned olulised funktsionaalsused

- ◆ Andmebaasisüsteem peab võimaldama andmeid mingi **struktuuri** järgi organiseerida.
 - Vt andmemudel.
- ◆ Andmebaasisüsteem peab pakkuma **keeli** andmete otsimiseks ja uuendamiseks ning andmebaasi struktuuri haldamiseks.

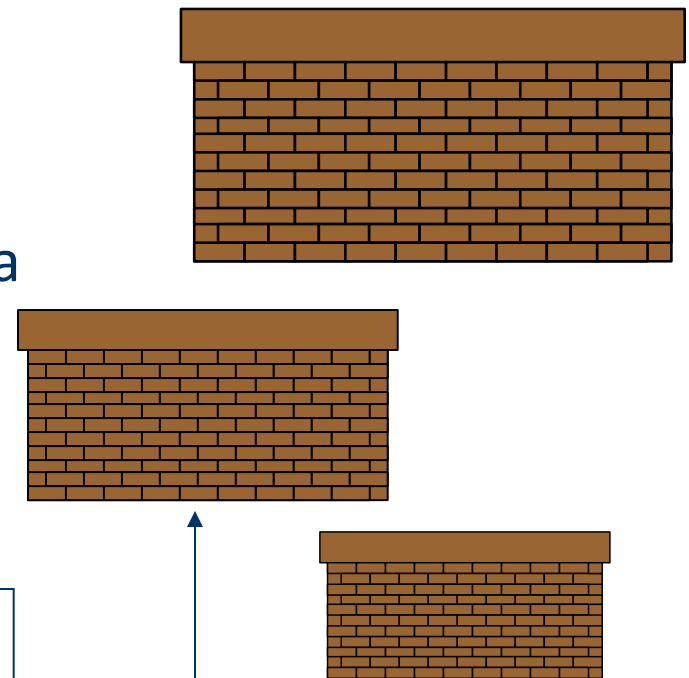
Andmemudel (täendus 1)

Andmemudel määrab
muu hulgas lubatud
ehitusplokkide tüübid,
mida kasutades saab luua
palju erinevaid
andmebaase



Andmebaasi
arendaja

Näiteks SQL-i andmemudel
määrab, et andmebaas peab
koosnema tabelitest



Andmebaas

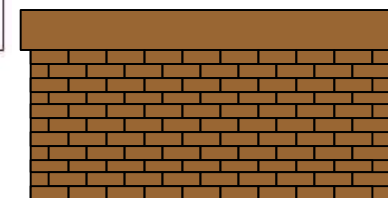
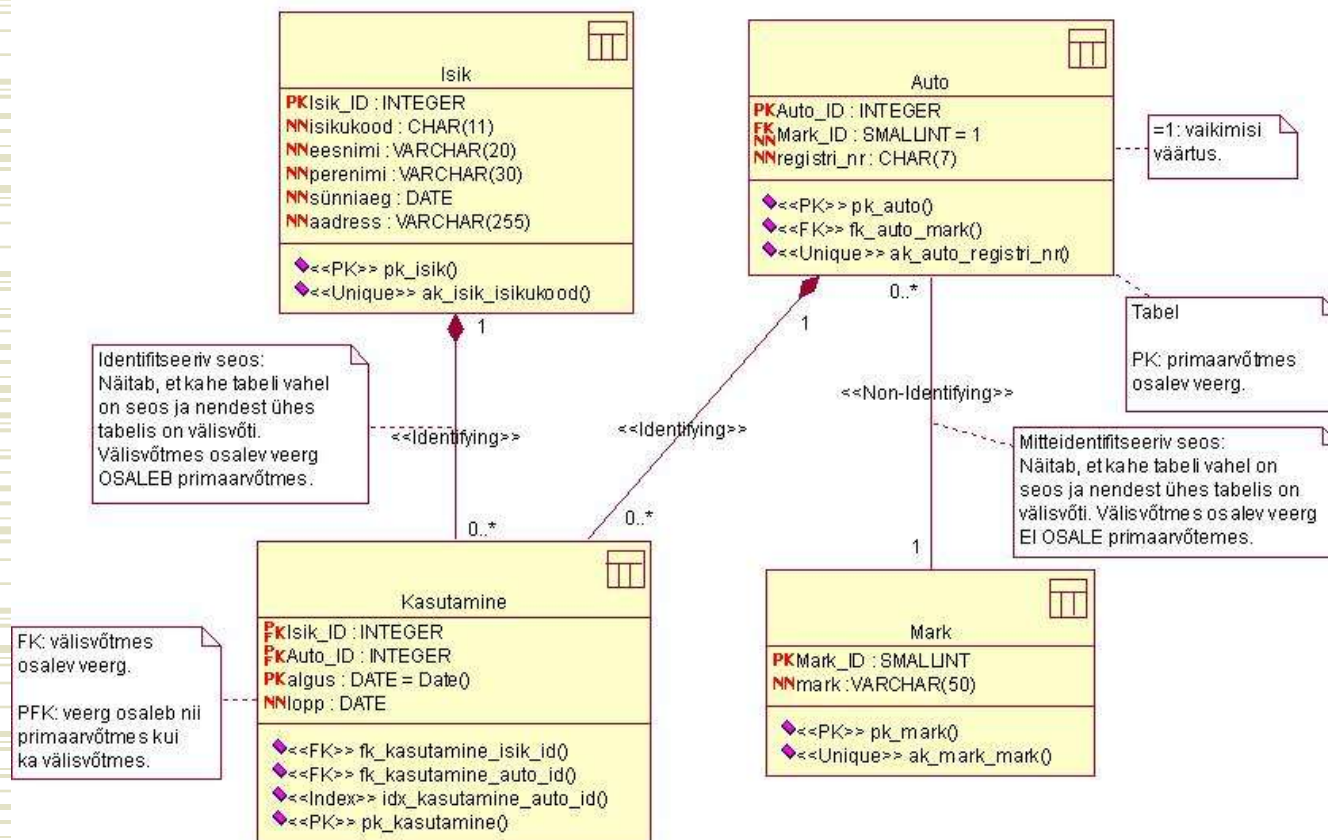
Palju andmemudeleid (tähenduses 1)

- ♦ <https://db-engines.com/en/ranking>
(veerg Database Model)
 - *Relational DBMS* tähendab seal SQL-andmebaasisüsteemi (saab kasutada SQLi).
- ♦ *Multi-model* tähendab, et andmebaasisüsteem võimaldab andmeid organiseerida **erinevate** andmemudelite alusel.
- ♦ SQL-andmebaasikeel ja selle aluseks olev andmemudel on **populaarsed**, kuid **pole ainsad**.

Palju andmemudeleid (tähenduses 1) (2)

- ◆ Hierarhiline.
 - Sellega on sarnasusi dokumendipõhisel – XML- või JSON-dokumendid.
- ◆ Võrkstruktuur.
- ◆ **Relatsiooniline.**
 - **SQL:1992.**
- ◆ Objektorienteeritud.
- ◆ Objekt-relatsiooniline.
 - SQL:1999, 2003, 2006, 2008, 2011, 2016, 2023.
- ◆ Mitmemõõtmeline.
- ◆ Trans-relatsiooniline.
- ◆ Graafipõhised (omaduste graaf, RDF).
- ◆ ...

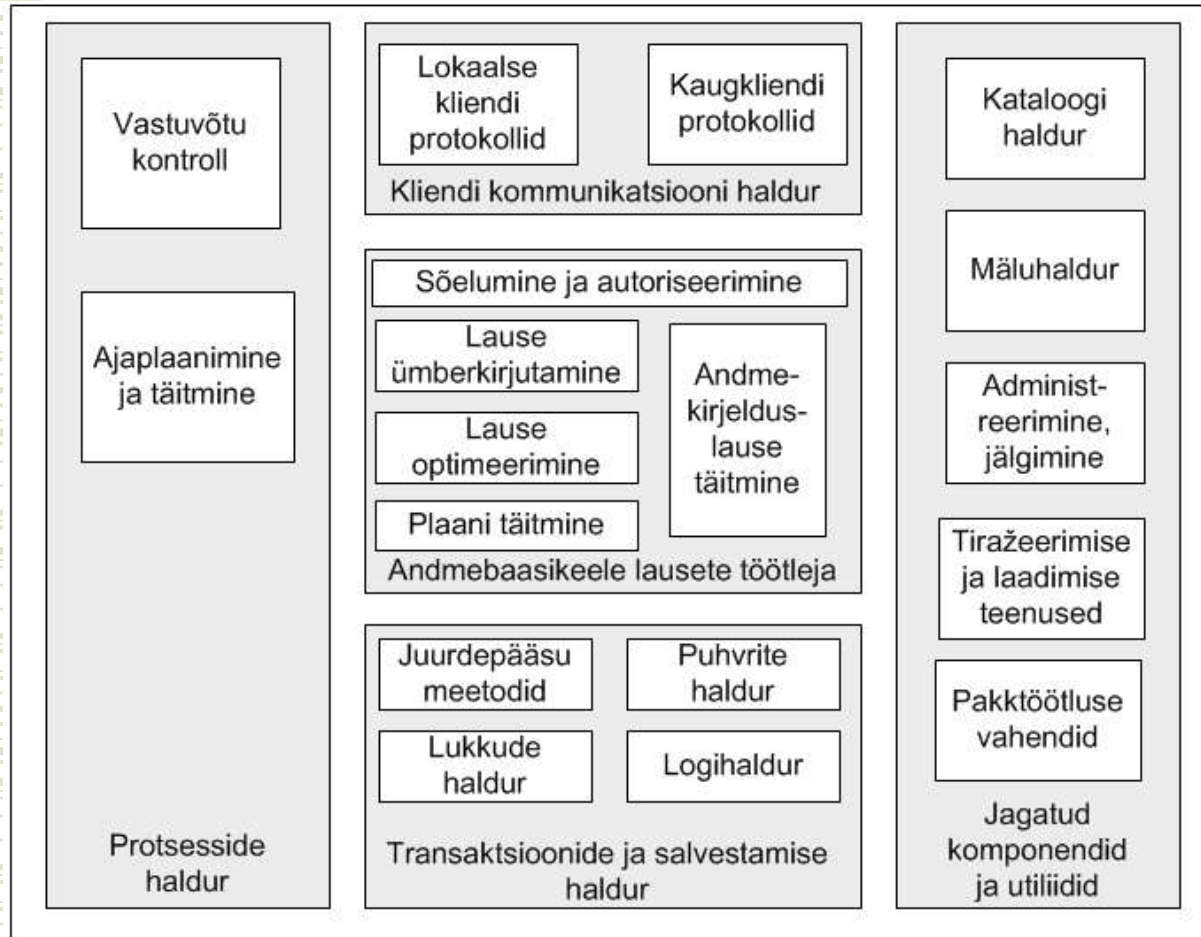
Andmemudel (tähendus 2)



Andmebaas

Konkreetses andmebaasi kavand – füüsilise disaini andmemudel

Hüpoteetiline andmebaasisüsteemi arhitektuur



Keeruline ja mahukas tarkvara.
Näiteks:

- PostgreSQL 18 üle **1,78 miljoni** (C koodi) rea,
 - PostgreSQL 17 – üle **1,7 miljoni**.
- Oracle 12.2 peaaegu **25 miljonit** (C koodi) rida.

Andmebaasisüsteemi analoogia – pank



Klienditeenindus. Suhtlus klientidega mingi protokollil alusel ning mingit keelt kasutades. Neilt nõuete vastuvõtt ja tulemuse tagastamine.

24.09.2026



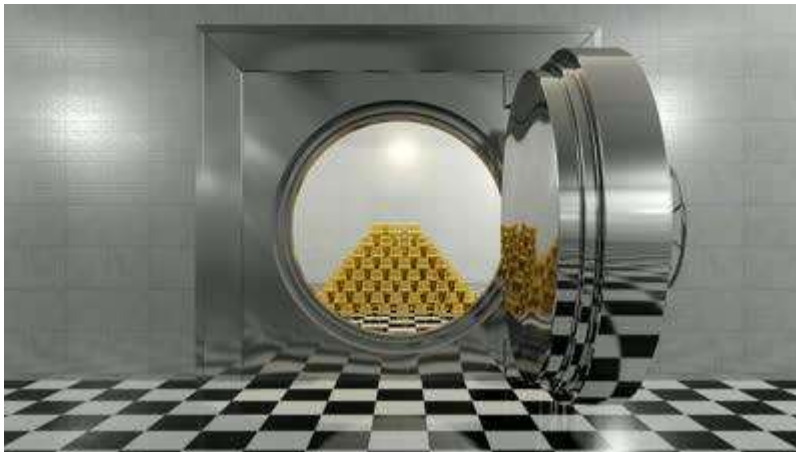
Tagakontor. Klientide nõuete täitmine. Lisaks taustatöö (raamatupidamisest IT-arenduseni), et panka töös hoida.

Sissejuhatus infotehnoloogiasse

46

Andmebaasisüsteemi analoogia – pank (2)

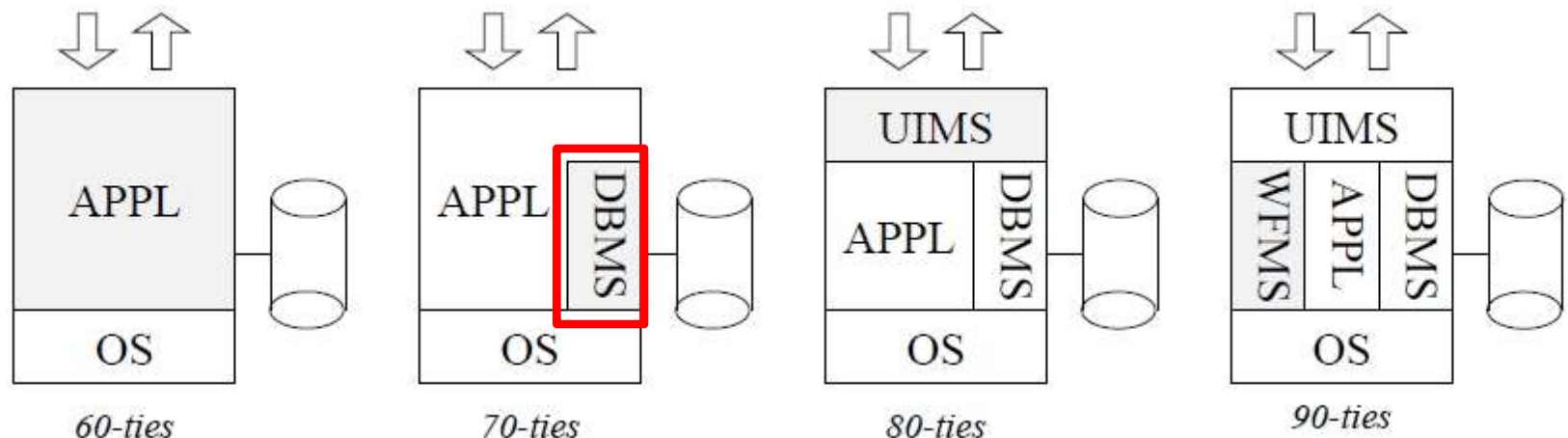
- ♦ Seda analoogiat jätkates oleks **andmebaas** nagu **panga varakambri sisu**.



Andmebaasisüsteeme on palju

- ◆ Andmebaasisüsteemide andmebaas:
<https://dbdb.io/>

Otstarbe lahususe (*separation of concerns*) areng rakendustes



APPL – rakendus

OS – operatsioonisüsteem

DBMS – andmebaasisüsteem

UIMS – kasutajaliidese halduse süsteem

WFMS – töövoogude haldamise süsteem

Aalst, W.M.P. van der (1996). Three good reasons for using a Petri-net-based workflow management system, In: Wakayama, T., Kannapan, S., Chan Meng Khoong, Navathe, S., Yates, J. (Eds.), *Proceedings of IPIC*, International Working Conference on Information and Process Integration in Enterprises (14-15 Nov. 1996, Cambridge, Massachusetts, USA), 179–201.

Andmebaas ja infosüsteem

- ◆ Infosüsteem on ettevõtte info- ja süsteemitöö korralduse, meetodite ja vahendite kogusumma.
 - *Infotöö* käigus töödeldakse informatsiooni.
 - *Süsteemitöö* käigus arendatakse süsteemi.
 - Andmebaas(id) on infosüsteemi tuum.
- ◆ Andmebaas ja infosüsteem võivad eksisteerida ilma arvutisüsteemi toetuseta!

Slaid esitluses: Henno, J.
(2012) *Emergence of
Communication and
Information*.
Tallinn Technical University.

Infosüsteem (2)

- ◆ K. Hefneri järgi on kõik **looduslikud süsteemid** infotöötlussüsteemid, mis suudavad infot vastu võtta, salvestada, töödelda ja edastada; infotöötlus on iga süsteemi põhivõimekus ja kogu universumit võib vaadelda hiiglasliku infotöötlussüsteemina.
 - K. Hefner (Ed.). *Evolution of Information Processing Systems*. Springer-Verlag 1992



Infosüsteem (3)



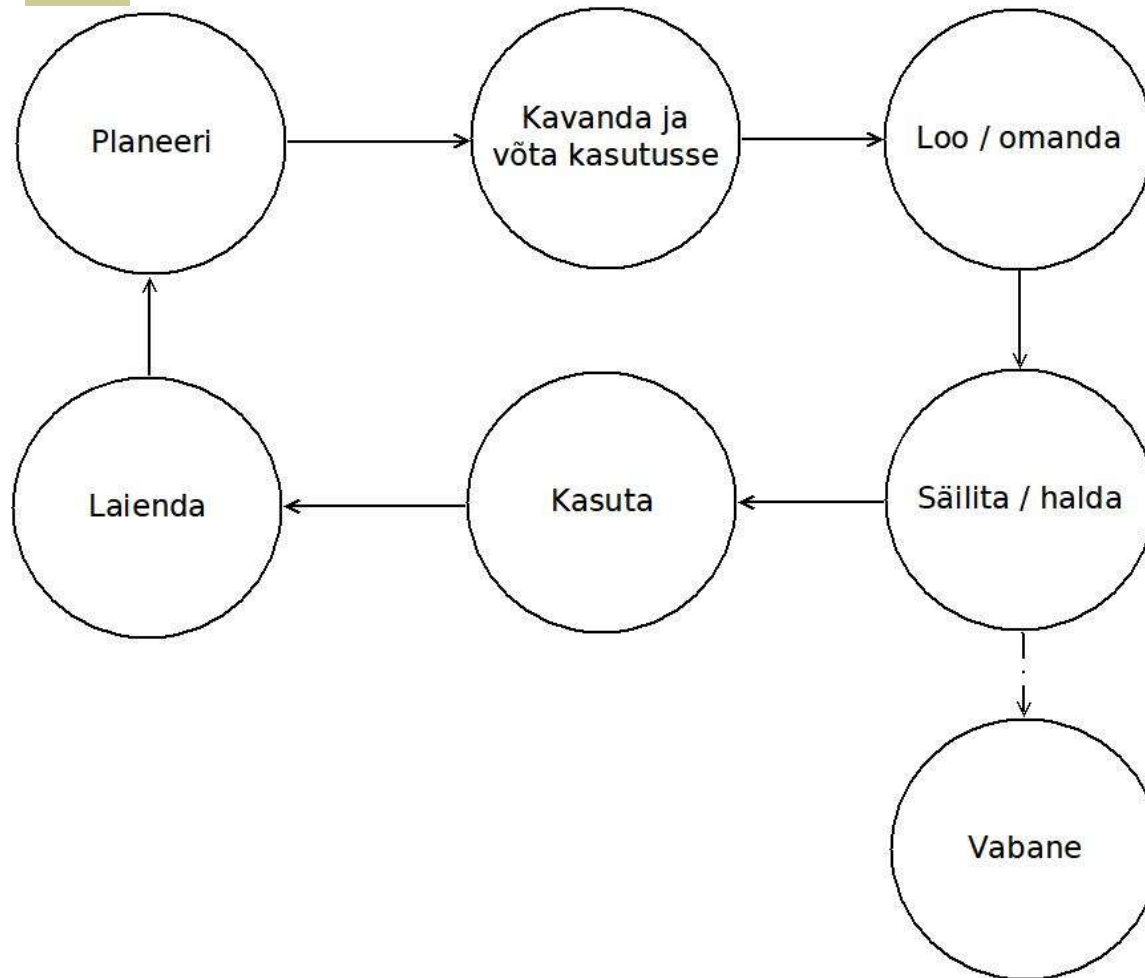
- ◆ *Moodne* inimmaailmas kasutatav infosüsteem on **sotsiotehniline** süsteem – selles on:
 - sotsiaalne pool
 - inimesed,
 - organisatsioonid,
 - töökorraldus,
 - suhtlemine, motivatsioon ja **mõtteviis**.
 - tehniline pool
 - info- ja süsteemitööd toetav riistvara ning tarkvara.



Andmed ja andmebaas – piltlikult

- ◆ Andmed nagu **veri** (hapniku ja toitainete kandja) ettevõtte infosüsteemi vereringes.
- ◆ Andmebaas nagu **maks**.
 - Nii nagu maks talletab elutähtsaid aineid (sahhariide, rasvu, rauda, vaske ja vitamiine), nii talletab andmebaas andmeid.
 - Nii nagu maks kahjutustab mürgiseid aineid, nii aitavad andmebaasis jõustatud kitsendused tagada andmete terviklikkust.

Andmete elutsükkel



◆ Kogu elutsükli vältel tuleb tegeleda:

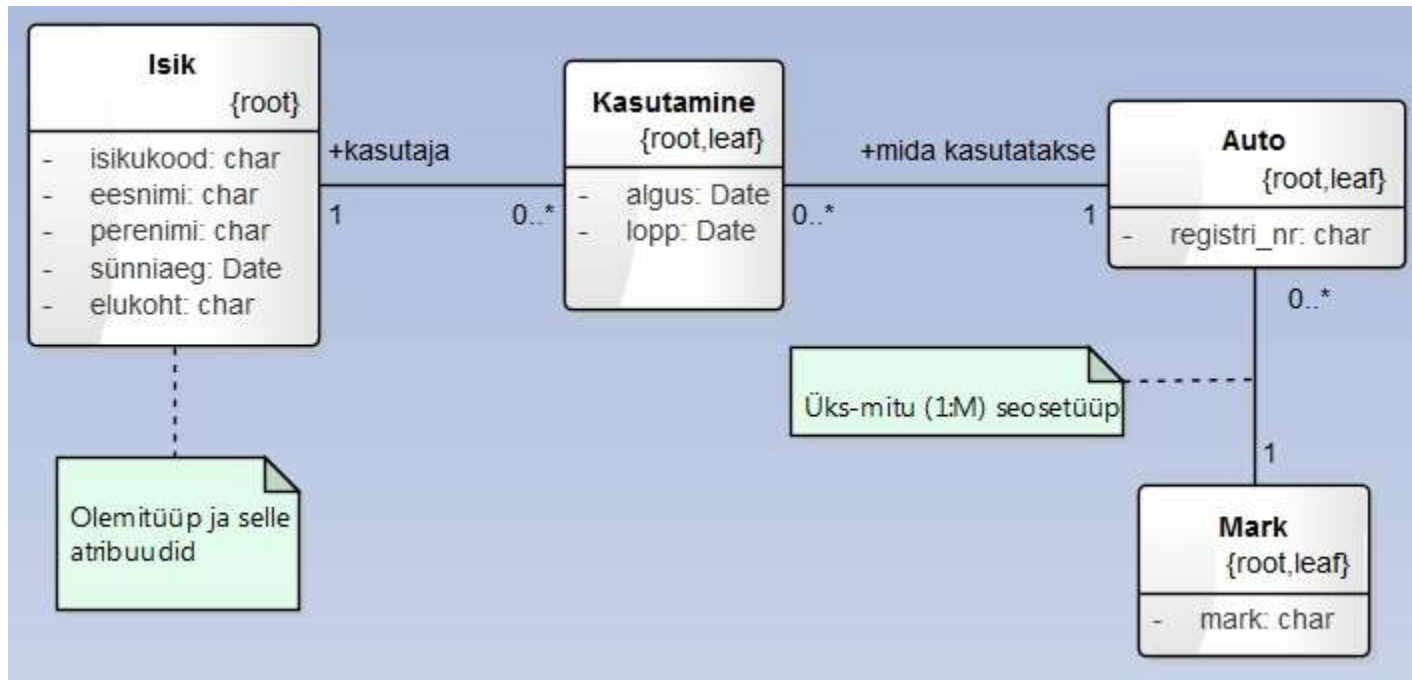
- kvaliteet,
- turvalisus,
- jõudlus,
- seaduslikkus,
- eetilisus.

Planeerimine ja kavandamine

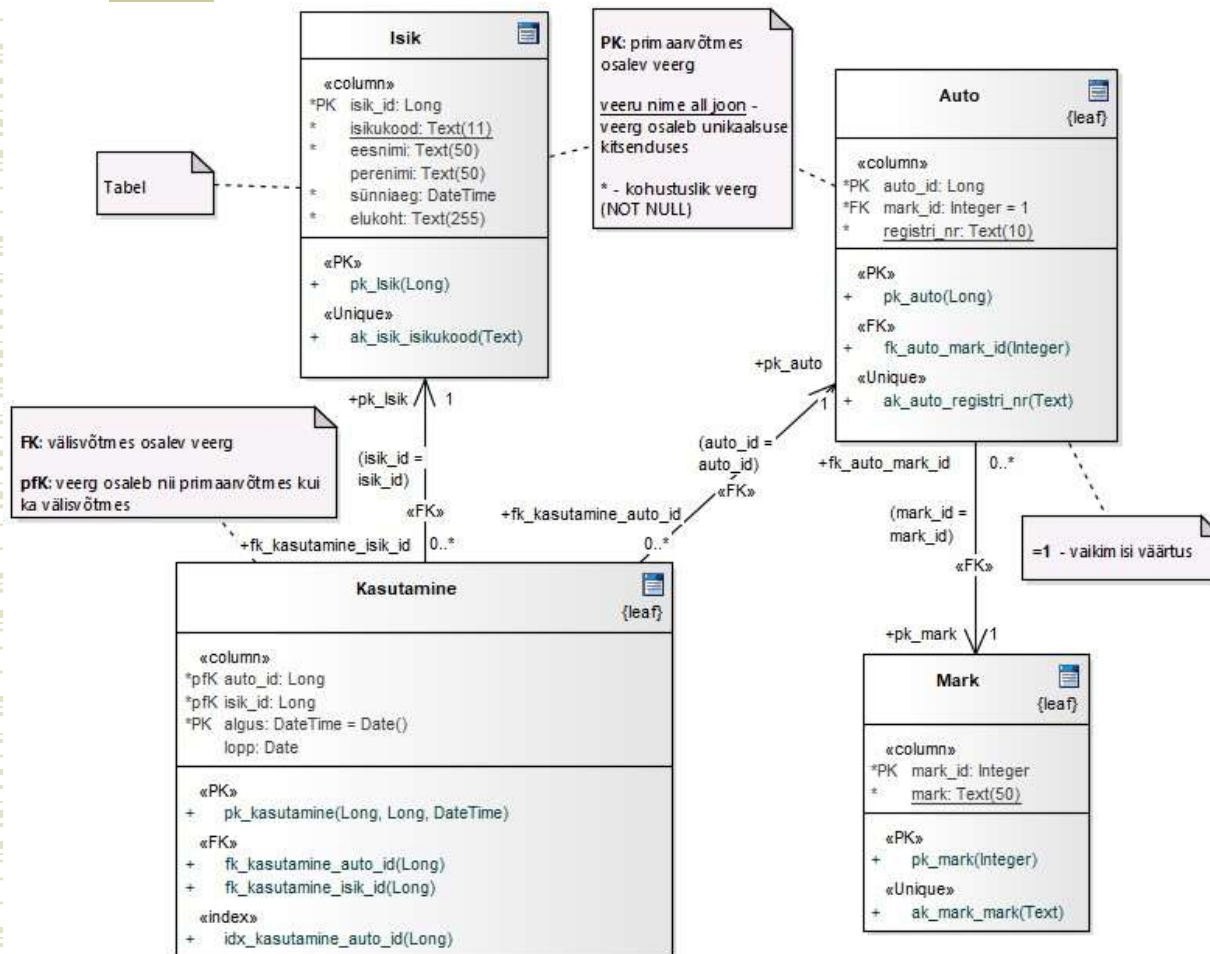
- ◆ Andmebaas pole asi iseenesest.
- ◆ Andmed ja andmebaasid on vajalikud infosüsteemi toimimiseks.
- ◆ Õige andmebaasi loomiseks on vaja kasutajate nõuetest aru saada.
- ◆ Nende alusel saab luua tehnilise lahenduse.
- ◆ Nõuete ja lahenduste esitamiseks saab luua lihtsustatud kirjeldusi – **mudeleid**.

Mis andmeid on süsteemil vaja?

Olemi-suhte skeem, mis on esitatud UML (*Unified Modeling Language*) klassiskeemina.



Kuidas realiseerime SQL-andmebaasi X süsteemis?



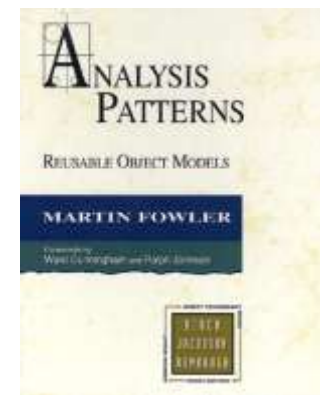
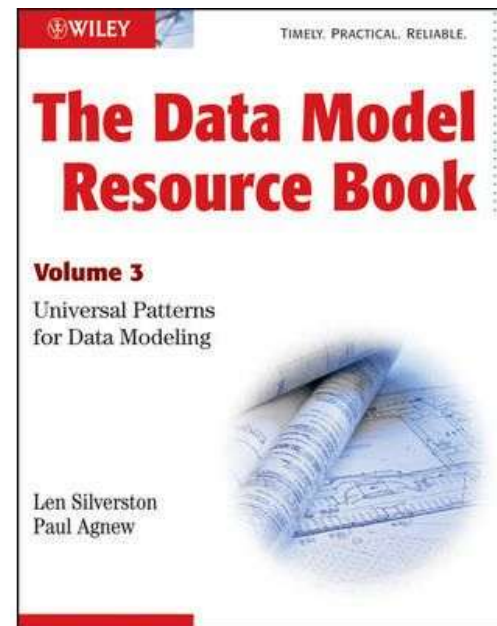
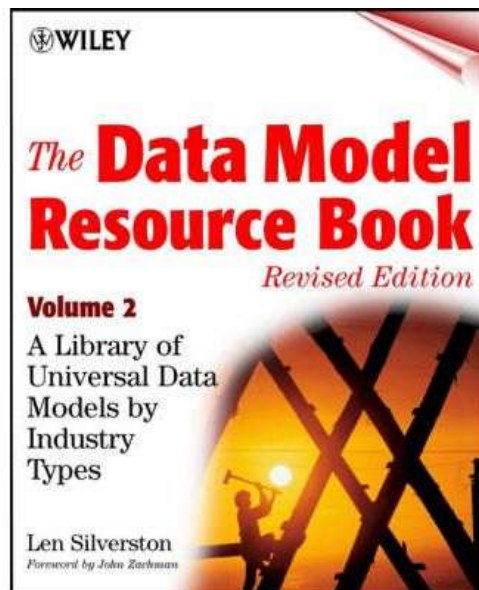
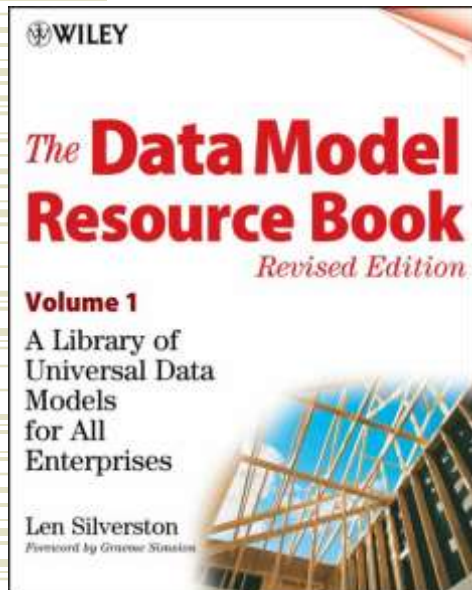
Andmebaasi disaini skeem, mis on esitatud UML klassiskeemina.

Päriselu andmebaasid

- ◆ Suured ja keerulised (nii andmehulga kui andmestruktuuride poolest)
- ◆ Näide:
 - Moodle 5.2 – **494 tabelit**
 - <https://www.examulator.com/er/5.2/>
 - https://docs.moodle.org/dev/images_dev/5/5a/Moodle2erd.png
 - Moodle 4.1 – **470 tabelit**. Süsteemid lähevad ajas keerulisemaks.

Andmemudeleid saab luua taaskasutades

Näide: <https://learning.oreilly.com/library/view/the-data-model/9780470178454/?ar>



SQL-andmebaasi põhimõtteid

- ◆ Andmebaasis peavad andmed olema organiseeritud mingi struktuuri järgi.
- ◆ SQL pakub *ühe võimaliku* andmemudeli (tähenduses 1), mille alusel sellises andmebaasis andmeid organiseerida.

SQL-andmebaasi põhimõtteid (2)

- ◆ Andmebaasi ja selle andmete haldamiseks kasutatakse SQLi (*Structured Query Language*) toetavat andmebaasisüsteemi.
- ◆ SQL põhineb **relatsioonilisel** andmemudelil.
 - Üks võimalik (aga mitte parim võimalik) relatsioonilise mudeli **realisatsioon**.
 - Alternatiivi näide: <https://reldb.org/c/>

SQL-andmebaasi põhimõtteid (3)

- ◆ Kasutajale näib, et andmed on paigutatud **tabelitesse**.
- ◆ SQL-andmebaas on nime omav **nimega tabelite** ning nendega seotud teiste andmebaasiobjektide hulk (trigerid, arvujada generaatorid, domeenid, protseduurid jne).
- ◆ Igas tabelis on null või rohkem **rida** ja üks või rohkem **veergu**.

SQLi populaarsus

- ◆ IEEE Spectrumi 2025. aasta programmeerimiskeelte populaarsuse indeksis oli SQL populaarsuselt **neljandal kohal** ning tööandjate enim oodatud keelte seas **teisel kohal!**
 - <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2025>
 - Tööandjate ootustes esikoht 2022–2024.
 - Tööandjad tahavad töötajatelt **lisaks** muude keelte oskustele **kindlasti** ka SQLi oskust, sest programmid töötavad andmetega ja väga sageli on andmed SQL-andmebaasides.

Demonstratsioon

- ◆ PostgreSQL (18) põhjal.
- ◆ Keskkonnad, kus saate ise katsetada:
 - <https://www.db-fiddle.com/>
 - <https://sqlfiddle.com/postgresql/online-compiler>
 - <https://dbfiddle.uk/>

SQL standard

- ◆ Rahvusvaheline standard.
- ◆ Esimene versioon 1986.
 - https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_9075
- ◆ 2026. aasta sügisel kehtiv standardi versioon on **SQL:2023**.
- ◆ Standardis on hetkel **11** osa.
 - SQL:2011 – **4079** lehekülge.

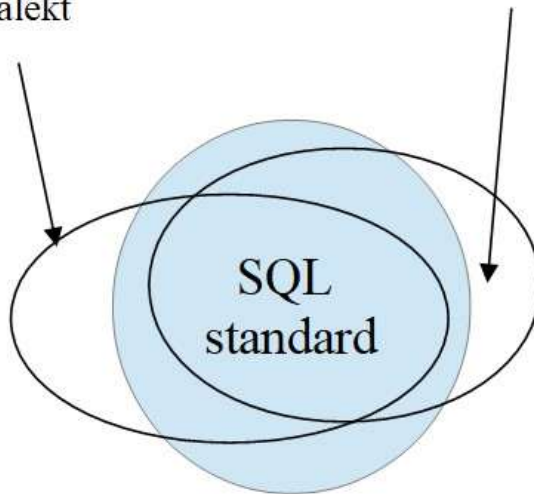
SQL standard (2)

- ◆ Keele tuum on põhiliselt teises osas.
 - ISO/IEC 9075-2:yyyy Part 2: Foundation (SQL/Foundation) (SQL:2011 – **1483** lehekülge, SQL:2023 – **1715** lehekülge).
 - <https://www.iso.org/standard/76584.html>
 - <https://webstore.ansi.org/standards/iso/isoiec90752023-2502169>
 - <https://www.austrian-standards.at/en/shop/iso-iec-9075-2-2023-2023-06-01~p2886061#!>

SQL standard (3)

Andmebaasisüsteemi pakutav SQL-i dialekt

SQL dialekti pakutavad standardiseerimata võimalused



- ◆ SQL-andmebaasisüsteemid realiseerivad alamosa (mõned suuremad, teised väiksema) sellest standardist.
 - Igas süsteemis ka oma erisused.
 - Igas süsteemis oma SQL-i dialekt e murre.

SQL-andmebaas ei ole ainult tabelid



Baastabelite (tabelite; luuakse CREATE TABLE-lausega) ümber võib SQL-andmebaasis olla *rikkalik ökosüsteem* erinevat tüüpi teistest andmebaasi-objektidest.

SQL-andmebaas ei ole ainult tabelid (2)



- ◆ Kui **puu** = **baastabel**, siis ei ole SQL-andmebaas *palmide kasvandus*, vaid näiteks *vihmamets*, kus puudega koos elab palju erinevaid tegelasi, kes kõik üksteist eluks vajavad.

SQL-andmebaas ei ole ainult tabelid (3)

PostgreSQL

Oracle

- > Casts
- > Catalogs
- > Event Triggers
- > Extensions
- > Foreign Data Wrappers
- > Languages
- ▼ Schemas (1)
 - ▼ public
 - > Collations
 - > Domains
 - > FTS Configurations
 - > FTS Dictionaries
 - > FTS Parsers
 - > FTS Templates
 - > Foreign Tables
 - > Functions
 - > Materialized Views
 - > Procedures
 - > Sequences
 - > Tables
 - > Trigger Functions
 - > Types
 - > Views

- + Tables
- + Views
- + Indexes
- + Packages
- + Procedures
- + Functions
- + Operators
- + Queues
- + Queues Tables
- + Triggers
- + Types
- + Sequences
- + Materialized Views
- + Materialized View Logs
- + Synonyms
- + Public Synonyms
- + Database Links
- + Public Database Links
- + Directories
- + Editions
- + Application Express
- + Java
- + XML Schemas
- + XML DB Repository
- + OLAP Option
- + Scheduler
- + Recycle Bin
- + Other Users

Palju erinevaid andmebaasitehnoloogiaid

- ◆ <https://web.archive.org/web/20180127104159/http://info.the451group.com/rs/331-DYY-590/images/MC-2016-Data-Platform-Map-Q1.pdf>

Andmemahutude mõõtühikuid (SI-süsteem)

- ◆ 1 terabait (TB) = 1000 gigabaiti (GB)
- ◆ 1 petabait (PB) = 1000 terabaiti (TB)
- ◆ 1 eksabait (EB) = 1000 petabaiti (PB)
- ◆ 1 zettabait (ZB) = 1000 eksabaiti (EB)



Näiteid andmemahutude muutusest

- ♦ *Hinnanguline* loodud ja tiražeeritud andmete maht aastas.
 - 2011 – **1,8 zettabaiti (1800 eksabaiti)**.
 - 2012 – **2,8 zettabaiti (2800 eksabaiti)**.
 - 2020 – **40 zettabaiti (40 000 eksabaiti)**.
- ♦ 2025. aastaks *hinnanguliselt* kokku **175 zettabaiti** andmeid.
- ♦ Äriandmete maht kahekordistub **1,2** aastaga.

Näiteid andmemahjustudest



- ◆ Boeingu laineri mootori **30-minutilise** töö tulemusena koguneb süsteemide kohta **10 terabaiti** jälgimisandmeid.
- ◆ Nelja mootoriga lainer tekitab ühe üle Atlandi lennuga (8 tundi) **640 terabaiti** andmeid.
- ◆ Päevas on maailmas vähemalt **100 000 kommertslen**du.

Suurandmed (*big data*)



- ◆ Võib kujutleda **tsunaamina**.
- ◆ Tsunaamit iseloomustab
 - kõike enda alla mattev materjali **hulk**,
 - pigem kasvav kui kahanev katkematu **vool**,
 - lisaks veele kannab see kaasa **kõikvõimaliku suuruse, kujuga ning koostisega tükke**.



Suurandmete mahu kasv

- ◆ Andmete hulk kahekordistub kuni kümnekordistub (erinevad hinnangud) iga kahe aastaga.
 - Seda on vahel võrreldud Moore'i seadusega.
 - Moore'i seadus arvuti riistvara kohta: Mikrokiibil olevate transistoride arv kahekordistub iga kahe aasta järel.
- ◆ Mõlemad on **vaatlused!**

Idee tekkides pigem variant 1, nüüdseks variant 2.

NoSQL

- ◆ Termini tänapäevane kasutus sai alguse 11.06.2009 ühel tarkvaraarendajate kohtumisel San Franciscos.
- ◆ Erinevad interpretatsioonid: "No **to** SQL" või "Not **Only** SQL". Või hoopis "Not **like** SQL".
 - **Variant 2** sobib paremini *Polyglot Persistence*'i põhimõttega: üks rakendus võib kasutada mitut andmemudelit, sest erinevate andmete jaoks sobivad erinevad lahendused.



Oht üle pingutada

What the hell have you built.

- Did you just pick things at random?
- Why is Redis talking to MongoDB?
- Why do you even *use* MongoDB?

Goddamnit

Nevermind

FREE



Allikas:

<https://twitter.com/codinghorror/status/347070841059692545>

NoSQL (Not Only SQL) andmebaasisüsteemid

- ◆ Andmehoidlate loomise süsteemid.
- ◆ Andmed võivad näiteks olla esitatud:



- **võti-väärtus paaridena** (nt Redis),
- **dokumentidena** (nt MongoDB),
- **veergude perekondadena** (nt Cassandra),
- **graafidena** (nt Neo4j).



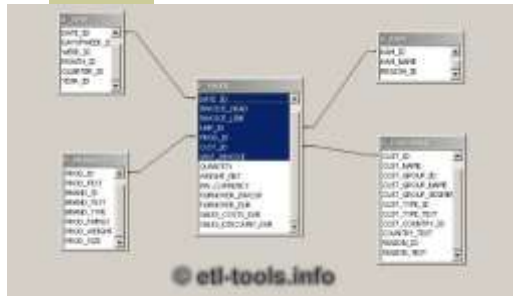
<https://www.thoughtworks.com/insights/blog/nosql-databases-overview>

NoSQL (Not Only SQL) andmebaasisüsteemid (2)

- ◆ Paljud NoSQL-süsteemid on kavandatud pakkuma "traditsiooniliste" SQL-andmebaasisüsteemidega (VanaSQL, OldSQL) võrreldes:
 - Paremat operatsioonide **töökiirust väga suurte andmehulkadel**.
 - Paremat **skaleeritavust** (võimet kasvada järk-järgult).
 - Serverarvutite klastrisse e kobarasse saab lisada uusi arvuteid ja hakata andmeid ka sinna salvestama.

NoSQL-süsteemide ajaloolised tüüpilised tunnused

- ◆ Ei kasuta SQLi aluseks olevat andmemudelit.
- ◆ Töötavad hästi arvutite klastritel e kobaratel.
- ◆ Avatud lähtekoodiga.
- ◆ Kasvanud välja vajadusest pakkuda tuge 21. sajandi alguse suurtele veebipõhiste süsteemidele.
- ◆ "Skeemitud" andmed – skeem on kirjeldatud ilmutamata kujul rakenduste koodis.



Skeemitusest

- ◆ Kui andmete lugeja ei tea andmete struktuuri (skeemi), siis ta ei saa andmetest aru.
- ◆ NoSQL-süsteemides on *enamasti* kasutusel "skeem-lugemisel" lähenemine.
 - Andmete *kirjutamisel* ei kontrollita andmete struktuurile (skeemile) vastavust, kuid andmete *lugeja* peab skeemi teadma.
 - Lisandub üha uusi võimalusi skeemi kirjeldamiseks ja sisestatavate andmete korrektsuse kontrollimiseks.
 - <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/94f642d0-d1e4-4860-b230-8ad7f0a015ce>

Aja jooksul
süsteemid
paranevad/
täienevad.

NoSQL-süsteemide puudused

- ◆ Puudused võrreldes relatsiooniliste (ja SQL) andmebaasisüsteemidega:
 - selgelt defineeritud ning matemaatilise aluspõhjaga *andmemudeli* puudumine,
 - madalam *abstraktsioonitase*,
 - paljudes süsteemides kõrgtaseme deklaratiivse andmebaasikeele puudumine,
 - andmetöötluks tuleb kirjutada imperatiivset koodi
 - vähem ranged nõuded transaktsioonidele.

Deklaratiivne vs. imperatiivne keel

```
var MJ = require("mongo-fast-join"),
    mongoJoin = new MJ();

/*
 * Say we have a collection of sales where each document holds a manual reference to the product sold. We can join the
 * full product document into each sale document. Lets also assume that each product has a reference to some
 * manufacturer info.
 */

mongoJoin
  .query({
    //say we have sales records and we store all the products for sale in a different collection
    db.collection("sales"),
    {}, //query statement
    {}, //fields
    {
      limit: 10000 //options
    }
  })
  .join({
    joinCollection: db.collection("products"),
    //respects the dot notation, multiple keys can be specified in this array
    leftKeys: ["product_id"],
    //This is the key of the document in the right hand document
    rightKeys: ["_id"],
    //This is the new subdocument that will be added to the result document
    newKey: "product"
  })
  .join({
    //say that we want to get the users that commented too
    joinCollection: db.collection("manufacturers"),
    //This is cool, you can join on the new documents you add to the source document
    leftKeys: ["product.manufacturer_id"], //This field accepts many keys, which amounts to a composite key
    rightKeys: ["_id"],
    //unfortunately, as of now, you can only add subdocuments at the root level, not to arrays of subdocuments
    newKey: "manufacturer" //The upside is that this serve the majority of cases
  })
  //Call exec to run the compiled query and catch any errors and results, in the callback
  .exec(function (err, items) {
    console.log(items);
  });
```

Dokumentide ühendamise protseduur populaarses NoSQL-süsteemis MongoDB, mis kirjeldab ühendamise käiku (**kuidas teha**).

Product **JOIN** Manufacturer {product_id, manufacturer_id, product_name, manufacturer_name}

Kahe relatsioonilise muutuja väärtuse ühendamine *Rel* süsteemis kasutades *TutorialD* keelt. Ütlen süsteemile, **mida** tahan.

Eelistan **deklaratiivset** keelt, sest see võimaldab lühema koodiga rohkem saavutada ja jätab optimeerimise süsteemi hooleks. Lühem kood tähendab vähem vigu ja väiksemat testimisvajadust.

Deklaratiivne vs. imperatiivne keel (2)

```
{
  $lookup:
  {
    from: <collection to join>,
    localField: <field from the input documents>,
    foreignField: <field from the documents of the "from" collection>,
    as: <output array field>
  }
}
```

Alates *MongoDB 3.2* saab seal ühendamisoperatsioonide jaoks kasutada *\$lookup* operaatorit.

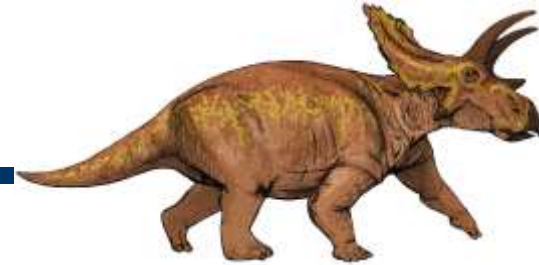
- ♦ Mitmed NoSQL-süsteemid on lisanud deklaratiivse andmebaasikeele toe või uusi operaatoreid, et kirjutada protseduure **funktsionaalsemas** (deklaratiivsemas) stiilis.

NoSQL-süsteemide puudused (2)

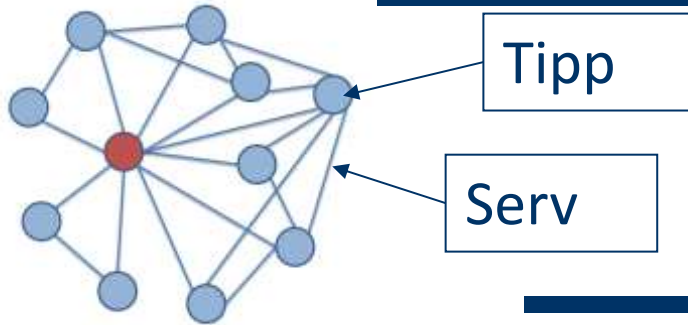
- ◆ Raskendab andmetele **ligipääsu** ja nende **mõistmist** väljaspool konkreetset rakendust, mille jaoks NoSQL-süsteem kasutusele võeti.
- ◆ Vähem ranged nõuded transaktsioonidele võivad viia **ebakorreksete** andmeteni andmebaasis ning sellest tulenevate valede otsusteni.
- ◆ Endiselt arenev tehnoloogia; palju konkureerivaid lähenemisi; kerge jääda ühe toote "lõksu".



SQL on suurepärase kohaneja



- ◆ SQLi on lisandunud/lisandumas võimalused organiseerida andmeid erinevate andmemudelite alusel – luua "**hübriidseid**" andmebaase.
- ◆ SQL-andmebaasis saab hoida, töödelda ja kasutada andmeid, mis on esitatud:
 - JSON/XML dokumentidena,
 - võti-väärtus paaridena (PostgreSQLi *hstore* laiendus),
 - SQL:2023 lisandus graafiandmete tugi – saab deklareerida, et mingites tabelites olevad andmed on graafid ja teha graafide põhjal päringuid.



Omaduste graaf SQL-andmebaasis

- ◆ Nii tippude kui servadega
 - saab siduda üks või mitu **lipikut**,
 - saavad olla seotud **võti-väärtus paarid** e atribuudid ja nende väärtused.
- ◆ Oracle 23ai SQL-andmebaasisüsteemi lisandus omaduste graafi tugi.
 - <https://maurus.ttu.ee/download.php?aine=346&document=37189&tyyp=do>
 - Deklareeritakse, millistes tabelites on tippude ja millistes kaarte andmed ning tehakse nende põhjal päring.

NoSQL = Not
yet SQL??!

SQL on eeskuju

- ◆ **SQL-laadsed** andmebaasikeeled on leidnud tee paljudesse *NoSQL-süsteemidesse*.
 - Cassandra Query Language (Cassandra)
 - N1QL (Couchbase)
 - SPARQL (RDF-põhised andmebaasisüsteemid)
 - PGQL, GQL (graafipõhised süsteemid)
 - SQL++ (AsterixDB, Couchbase Analytics),
 - PartiQL, ...

GQL e *Graph Query Language*

- ◆ Pärast rahvuslike standardiorganisatsioonide küsitlemist otsustas ISO (*International Organization for Standardization*) 2019. aasta septembris alustada GQL-standardi loomist.
 - <https://www.gqlstandards.org>
- ◆ Standardi esimene versioon valmis 2024. aasta kevadel.

GQL e *Graph Query Language*

- ◆ See on SQLi (mille standardi loomine algas 1980ndatel) järel *järgmine* ISO standardiseeritud andmebaasikeel.
- ◆ GQL põhineb SQLil ja selle edul.
- ◆ GQL arendab edasi SQLi aluspõhimõtteid (nt andmetüübid, avaldised).
 - GQL on **deklaratiivne** keel omaduste graafide struktuuri kirjeldamiseks ja andmete haldamiseks.

SQL on probleemne – näiteid

- ◆ Keeruline, kohmakas, liiga lopsakas süntaks.
- ◆ Keeleline liiasus – ühte ja sama ülesannet saab lahendada (väga) paljudel erinevatel viisidel.
 - Sama ülesande erinevatele lahendustele võidakse koostada erinevad täitmisplaanid ja sellest võib tuleneda erinev lause täitmise kiirus.
 - <https://digikogu.taltech.ee/et/item/74411e4c-89b5-4658-b1f7-f4958f8753e0>

Leia (kordusteta) ametid, kus vähemalt üks töötaja

- ◆ `SELECT DISTINCT Amet.amet_kood, nimetus FROM Amet, Tootaja WHERE Amet.amet_kood=Tootaja.amet_kood;`
- ◆ `SELECT DISTINCT Amet.amet_kood, nimetus FROM Amet INNER JOIN Tootaja ON Amet.amet_kood=Tootaja.amet_kood;`
- ◆ `SELECT DISTINCT amet_kood, nimetus FROM Amet INNER JOIN Tootaja USING (amet_kood);`
- ◆ `SELECT amet_kood, nimetus FROM Amet WHERE EXISTS (SELECT * FROM Tootaja WHERE Tootaja.amet_kood=Amet.amet_kood);`

Leia (kordusteta) ametid, kus vähemalt üks töötaja (2)

- ◆ `SELECT amet_kood, nimetus FROM Amet WHERE amet_kood IN (SELECT amet_kood FROM Tootaja);`
- ◆ `SELECT amet_kood, nimetus FROM Amet WHERE amet_kood = SOME (SELECT amet_kood FROM Tootaja);`
- ◆ `SELECT amet_kood, nimetus FROM Amet WHERE amet_kood = ANY (SELECT amet_kood FROM Tootaja);`

Arengusuunad – spetsialiseerunud andmebaasisüsteemid



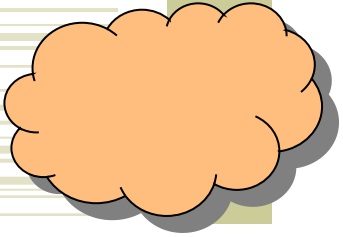
- ◆ Kitsalt mingit kindlat tüüpi andmete, andmehulkade, kasutusviiside jaoks.
 - Näiteks mõõtetulemustest, sündmustest moodustunud aegridade andmed (InfluxDB, Timescale).
- ◆ Erinevate andmete või kasutusviiside jaoks erinevad süsteemid – *polyglot persistence*.

Converged DBMS

Arengusuunad – kõik-ühes andmebaasisüsteemid

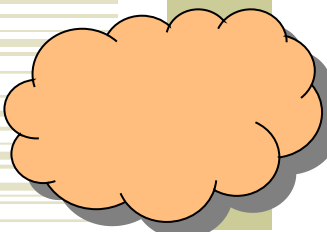


- ◆ **Kõikvõimalike** andmete ja kasutusmustrite jaoks.
- ◆ Piisaks ühest andmebaasisüsteemist.
- ◆ Väidetavalt lihtsam tagada turvalisust, parandada jõudlust, administreerida jne.
- ◆ Näited: viimased Oracle'i andmebaasisüsteemi põlvkonnad.



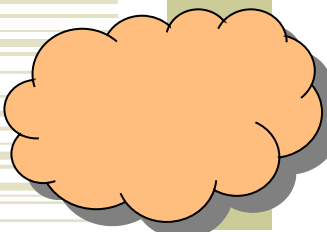
Arengusuunad – andmed ja andmebaasisüsteem pilves

- ♦ **Ärimudel** andmete valdajatele (klientidele) andmehoidmisteenuse pakkumiseks.
 - Teenusepakkujal pidev rahavoog.
- ♦ Andmed paiknevad **pilves** – arvutivõrgus ühes või mitmes serveris.
- ♦ Pilves asuvatele andmetele on juurdepääs mingil andmemudelil põhineva **liidese** kaudu.



Arengusuunad – andmed ja andmebaasisüsteem pilves (2)

- ◆ Eelistest ja puudustest mõeldes mõelge näiteks **meiliteenusele** (nt Google).
- ◆ Gartneri 2019. aasta prognoosi kohaselt on 2022. aastaks **75%** kõigist andmebaasidest üle viidud pilvepõhisesse keskkonda.
- ◆ Pilves nii karbitootena pakutavad andmebaasisüsteemid, kui ka spetsiaalselt pilve jaoks loodud.
 - Näited: Amazoni erinevad süsteemid.
 - <https://aws.amazon.com/products/databases/>



Arengusuunad – andmed ja andmebaasisüsteem pilves (3)

- ♦ 2018. aastal oli andmebaasisüsteemide turu mahuks **46.1 miljardit USD**.
 - Sellest **23%** moodustasid pilveteenused.
- ♦ 2023. aastal oli andmebaasisüsteemide turu mahuks **103.2 miljardit USD**.
 - Sellest **61%** moodustasid pilveteenused.
- ♦ Alteberg, K., 2024. *MongoDB andmebaasisüsteemi asendamine Amazoni teenustega ettevõtte Car Rental Gateway tarkvara näitel*. Bakalaureusetöö. IT kolledž. [WWW] <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/4c1e0881-c1ad-4704-9e50-cea536794b22>

Arengusuunad – isejuhtiv andmebaasisüsteem



- ◆ Andmebaasisüsteem suudab senise kasutuse ja disainimuudatuste põhjal **prognoosida** tulevasi kasutusmustreid ning teha **ennetavaid** muudatusi **iseseisvalt**, ilma inimese sekkumiseta.
- ◆ Vajalik koguda **telemeetriat** ning kasutada **masinõpet**.
- ◆ Näited: Oracle Autonomous Database (pakutakse pilves), ajalooliselt Peloton (<https://db.cs.cmu.edu/projects/peloton/>).

Arengusuunad – vaba tarkvara

- ◆ https://db-engines.com/en/ranking_osvsc
- ◆ Vaba tarkvara.
 - **Lähtekood on avalik. Võib (ei pea) olla tasuta.**
 - Õigused ja kohustused, mis tagavad vabadused, on kirjeldatud litsentsis.
 - Võrreldes omandusliku tarkvaraga annavad need *palju suuremad vabadused* tarkvara kasutada ja levitada.
- ◆ Sellised andmebaasisüsteemid (nt PostgreSQL, MySQL) suudavad paljudes kasutusjuhtudes edukalt konkureerida omanduslikega.

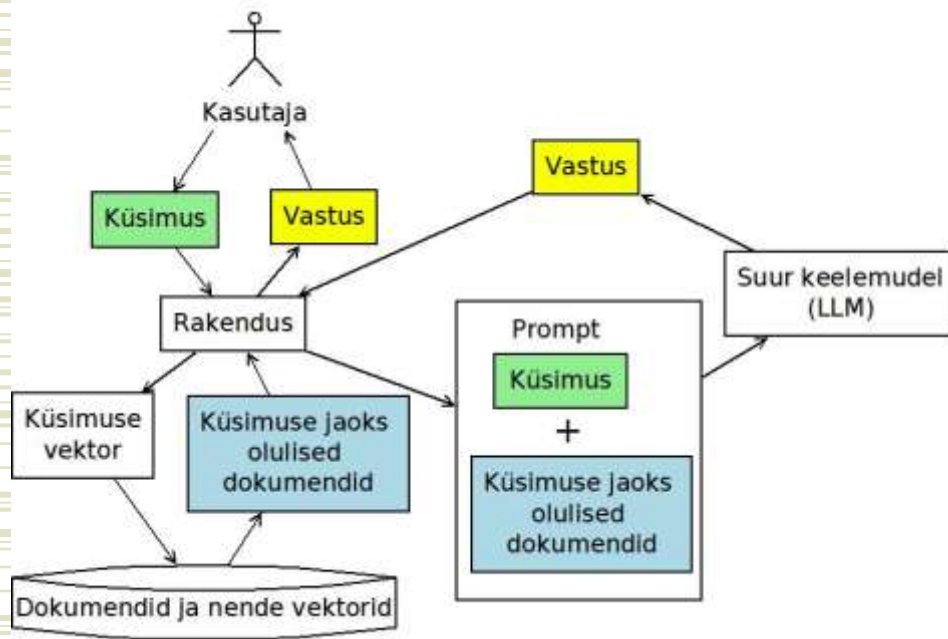
Arengusuunad – tehisaru (TI) ja andmebaasid

- ◆ Treeningandmed võivad tulla andmebaasist.
- ◆ Osa TI süsteemidest saab olla realiseeritud andmebaasisüsteemi vahendeid kasutades.
 - Mitte andmed ei tule realiseerimise juurde, vaid realiseerimine tuleb andmete juurde.
 - Süsteem tuleb ise realiseerida, kasutades pakutavaid andmetüüpe, luues rutiine.
 - Süsteemi loomiseks saab kasutada valmis komponente.

Arengusuunad – tehisaru (TI) ja andmebaasid (2)

- ◆ Andmebaasisüsteem juhib oma sisemisi protsesse tehisaru abil.
 - Ise hakkama saavad andmebaasisüsteemid nagu Oracle Autonomous Database.
 - **Masinõpe** süsteemi toimimise andmete põhjal.
 - SQL-lauses paljude tabelite ühendamisel võib PostgreSQL kasutada **geneetilist optimeerijat** (GEQO), et vältida kõigi võimalike ühendamisjärjekordade läbivaatamist.

Retrieval-augmented generation (RAG)



Võimalik edasiarendus GraphRAG – *lisaks* vektorite abil otsimisele otsitakse olulisi dokumente ka **teadmiste graafi** alusel.

- ◆ Lugemisega täiendatud genereerimine
 - Selleks, et keelemudel annaks täpsema vastuse ilma uuesti treenimata.
- ◆ Vektorandmebaas
 - Vektori andmetüüp
 - Oracle alates 23.4ai.
 - PostgreSQLis laiendus *pgvector*.

Documents Authors Researcher Discovery Organizations **Scopus AI** New

Explore topics and discover relevant references since 2003 How it works

How do self-driving database management systems use internally machine learning?

How do self-driving database management systems use internally machine learning?

Show Copilot steps

Summary

Self-driving database management systems (DBMSs) leverage machine learning (ML) internally to automate various aspects of their operation, from configuration to optimization, without human intervention. Here are the key ways ML is utilized:

- Workload Forecasting:** ML models predict future workloads, allowing the DBMS to prepare and optimize resources in advance 1 2 3.
- Behavior Modeling:** These systems use ML to predict their runtime behavior under different configurations and workloads. This helps in evaluating the impact of potential changes without executing expensive queries 4 5 6.
- Action Planning:** ML algorithms decide on the best actions to take, such as index selection and query optimization, based on past performance data and predicted outcomes 1 2 2.
- Configuration Tuning:** ML models, including Bayesian inference and deep reinforcement learning, are used to tune configuration knobs and optimize performance parameters autonomously 7 8 9.
- Self-Monitoring and Diagnosis:** ML techniques are employed to monitor system performance, detect anomalies, and diagnose issues automatically, ensuring the system remains efficient and stable 2 10.

Examples of Implementations:

- TScout Framework:** Collects training data by monitoring DBMS internals, which is then used to train behavior models 4.
- DBMind:** Uses deep reinforcement learning for knob tuning and LSTM models for anomaly detection and diagnosis 7.
- Proto-X Framework:** Holistically tunes multiple configuration spaces by identifying similarities and synthesizing actions to navigate the configuration space 9.

These ML-driven approaches enable self-driving DBMSs to adapt to changing workloads and environments, significantly reducing the need for human intervention and improving overall system performance 3 2 5 2.

References

- Self-driving: From general purpose to specialized DBMSs
Kossmann J.
CEIAR Workshop Proceedings 21 2018
- Make your database system dream of electric sheep: Towards self-driving operation
Pawlo A., Butzsch M., Menon L.M.P., (...), Zhang W.
Proceedings of the VLDB Endowment 21 2021
- TEALD: A Multi-Step Workload Forecasting Approach Using Time-Sensitive EMD and Auto LSTM Encoder-Decoder
Huang X., Cheng Y., Gao X., Chen G.
Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 21 2022

Show all 10 references

Foundational documents

392 citations
Automatic database management system tuning through large-scale machine learning
D., van Aken, Dana, A., Pawlo, Andrew, G.J., Gordon, Geoffrey J., B., Zhang, Bohan

191 citations
Self-driving database management systems
A., Pawlo, Andrew, G., Angulo, Gustavo, J.J.P., Arulraj, Joy James Prabhu, (...), T., Zhang, Tieying

Show more documents

RAG näide – Scopus AI

- <https://taltech.ee/raamatukogu/koik-andmebaasid>
- Teadusartiklite kokkuvõtete andmebaas
- Võimeline genereerima nende põhjal vastuseid küsimustele koos viidetega

Andmete olulisus

- ♦ Tänapäeval on andmed oluline **toormaterjal**, mille põhjal treenida **tehisaru algoritme** ja mida nende algoritmide abil töödelda.
 - "Andmed on uus nafta".
- ♦ Suurriigid (nt USA, Hiina) võitlevad ülemvõimu pärast ja andmed on üks põhilisi ressursse, mille najal oma võimu kehtestada.
 - <https://www.newsweek.com/2022/09/16/beijings-plan-control-worlds-data-out-google-google-1740426.html>

Veel materjale andmebaaside kohta

◆ Õppematerjalid:

- <https://maurus.ttu.ee/346>
 - Kasutajanimi/parool: SIS2/SIS2

◆ YouTube:

- <https://www.youtube.com/channel/UCITAr9TPh6Cff-rfs44cKfA>

◆ Ajaveeb:

- <https://maurus.ttu.ee/blog/index.php?ajaveeb=1>