UNIVERSITETET
I OSLO

INF1300
Introduksjon til databaser

Dagens tema:

- Relasjonsmodellen
- Funksjonelle avhengigheter og nøkler
- Realisering: Fra ORM til relasjoner

Relasjonsmodellen

- **Datamodell**
  Mengde av begreper for å beskrive strukturen til en database
- **Relasjonsmodellen**
  Databasen kan betraktes som en samling av tabeller

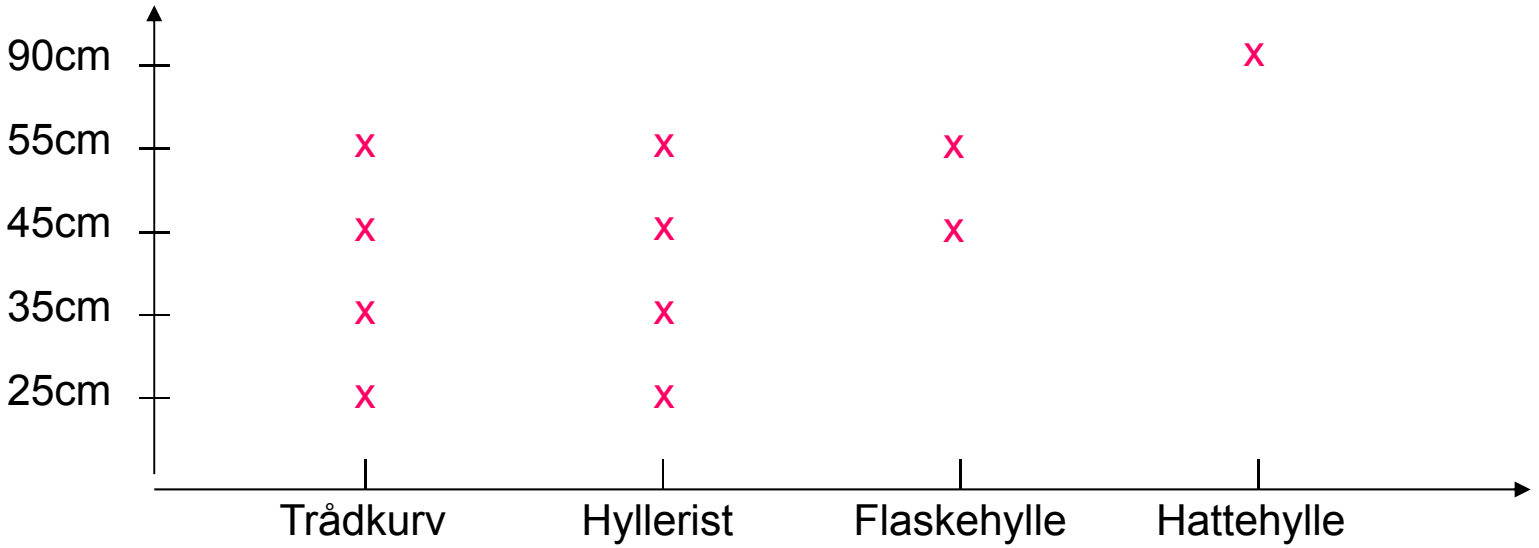
Relasjoner og relasjonsdatabaser

Personale

Ans#	Navn	Fdato	Pers#	Avd
10	Gro	290264	39201	**nil**
9	Berit	131172	35697	Knøttene
8	Bjørn	150571	34322	Knøttene
12	Liv	031079	39201	**nil**

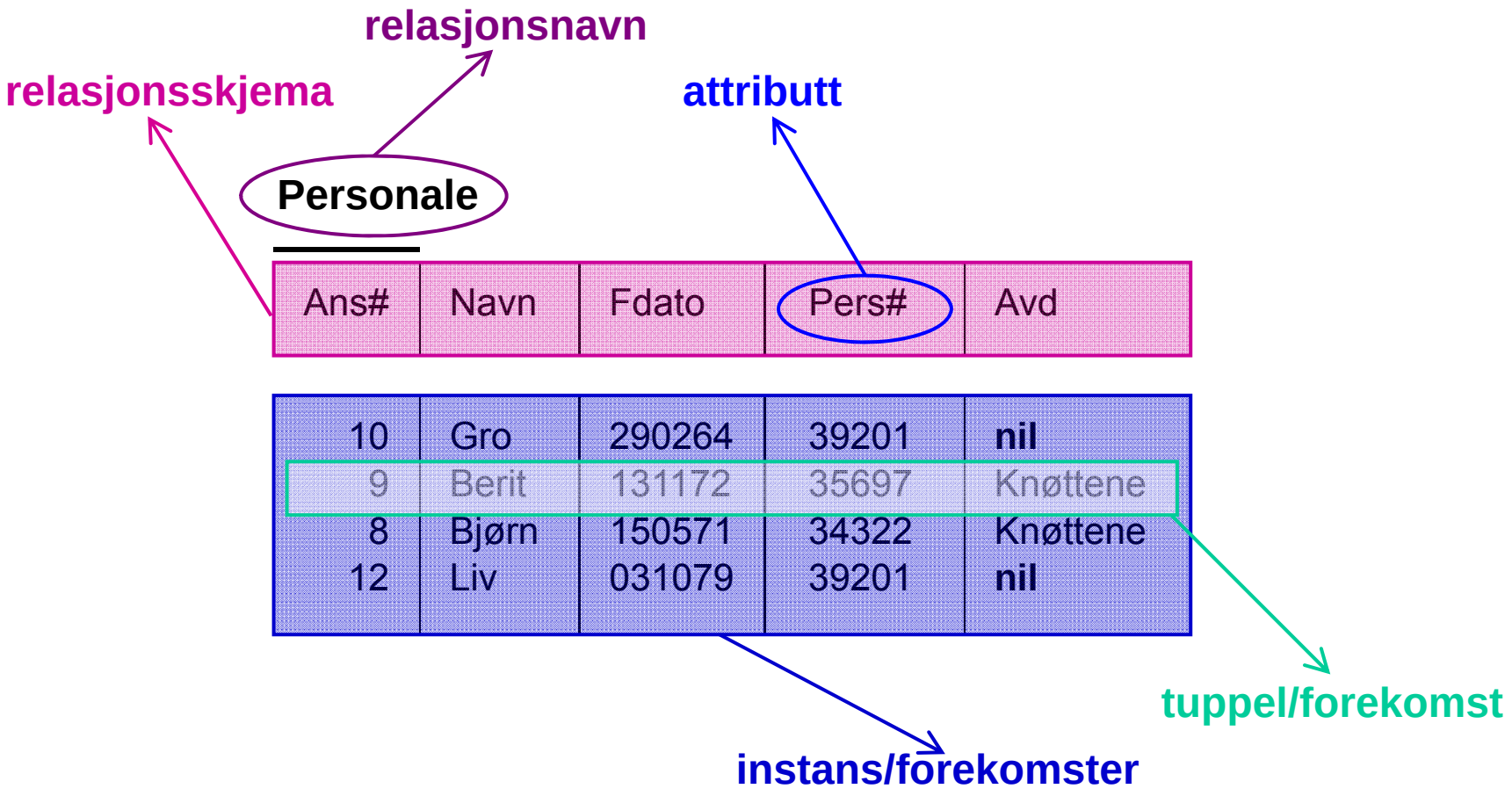
- **Relasjon**: Et matematisk begrep som kan tolkes som en tabell med verdier
- **Relasjonsdatabase**: En samling relasjoner
- **nil** indikerer at ingen verdi ligger lagret i denne posisjonen

Matematisk relasjon



- En **matematisk relasjon** er en mengde av **ordnede** tupler.
  I diagrammet over utgjør x-ene en matematisk relasjon. I dette tilfellet består den av 2-tupler og kalles en **binærrelasjon**. Den kan også skrives f.eks. slik:
  {<trådkurv, 25cm>, <trådkurv, 35cm>, ..., <Hattehylle, 90cm>}

Relasjoner – terminologi



Relasjoner – terminologi

dom(Fdato) =
{sekssifrede tall
med begrensninger
på hvilke tall
som er lovlige}

dom(Avd) =
{Knøttene,
Rosa pantern,
Tommeliten,
Trollungene}

Personale

Ans#	Navn	Fdato	Pers#	Avd
10	Gro	290264	39201	**nil**
9	Berit	131172	35697	Knøttene
8	Bjørn	150571	34322	Knøttene
12	Liv	031079	39201	**nil**

Formelle definisjoner

- **Domene**: En mengde *atomære* verdier.
  (At elementene i et domene er atomære, betyr at elementene ikke selv kan være mengder.)
- **Attributt**: Et navn på en rolle spilt av et domene («*kolonnenavn*»).
  Hvis A er et attributt, skriver vi dom(A) = D for å uttrykke at A er en rolle spilt av domenet D.
- **Relasjonsskjema** $R(A_1,A_2, \ldots ,A_n)$: En navngitt mengde attributter $R = \{A_1,A_2, \ldots ,A_n\}$ der R er **relasjonsnavnet**. n kalles relasjonens *grad* eller *aritet*.

Formelle definisjoner

- **Instans** av et relasjonsskjema $R(A_1,A_2, \ldots ,A_n)$: En mengde $\{t_1,t_2, \ldots ,t_m\}$ («*rader*») der hver t_k er et n-tuppel av verdier fra domenene til $A_1,A_2, \ldots ,A_n$. (Noen av verdiene kan være **nil**, f.eks. fordi verdien for et attributt ikke er lagt inn ennå, fordi verdien er ukjent eller fordi den ikke er relevant.)
- Dersom t er et tuppel i en instans av $R(A_1,A_2, \ldots ,A_n)$ og $t = <v_1,v_2, \ldots ,v_n>$, så er f.eks. $t[A_2] = <v_2>$ og $t[A_3,A_1,A_5] = <v_3,v_1,v_5>$.

Formelle definisjoner

- **Relasjon**: Et relasjonsskjema med en tilhørende instans.
  Relasjonsskjemaet kalles relasjonens **intensjon**.
  Instansen kalles relasjonens **ekstensjon**.

Merk:

- Tuplenes rekkefølge i en instans er vilkårlig
- Verdienes rekkefølge i et tuppel er i utgangspunktet ikke vilkårlig
  (dette er mest for at notasjonen skal bli enklere)
- I en instans kan det ikke finnes to like tupler
- Et domene kan være endelig eller uendelig
- To attributter i et relasjonsskjema kan ha samme domene, men ikke samme navn

Nøkler og nøkkelattributter

Personale

Ans#	Navn	Fdato	Pers#	Avd
10	Gro	290264	39201	**nil**
9	Berit	131172	35697	Knøttene
8	Bjørn	150571	34322	Knøttene
12	Liv	031079	39201	**nil**

- Vi ønsker ikke at to ansatte skal kunne ha samme Ans#
- To personer kan aldri ha samme fødselsnummer = Fdato + Pers#

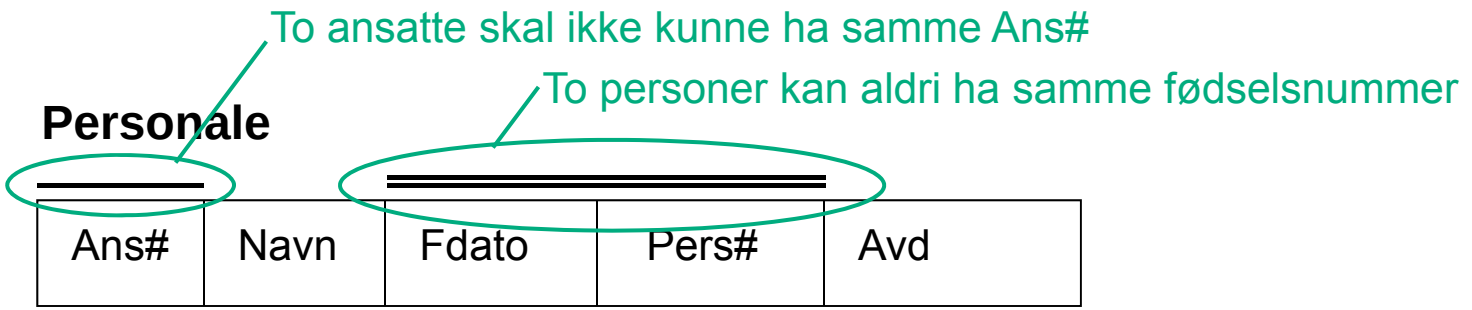
Nøkler og nøkkelattributter

- **Supernøkkel**: En kombinasjon (delmengde) X av attributtene $\{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$ som er slik at hvis t og u er to tupler hvor $t \neq u$, så er $t[X] \neq u[X]$.
  Merk: Relasjonsskjemaet er alltid selv en supernøkkel
- **Kandidatnøkkel**: En *minimal* supernøkkel
  Dvs: Fjerning av et hvilket som helst attributt fører til at de gjenværende attributtene ikke lenger utgjør en supernøkkel.
- Supernøkler benyttes til å uttrykke integritetsregler

Nøkler og nøkkelattributter

- **Primærnøkkel**: En utvalgt blant kandidatnøklene. Alle relasjoner skal ha nøyaktig én primærnøkkel.
- **Nøkkelattributt**: Attributt som er med i (minst) en kandidatnøkkel.

Nøkler og nøkkelattributter



- Primærnøkkelen blir gjerne markert med én strek
- Andre kandidatnøkler er i dette tilfellet markert med to streker
- Merk likheten mellom kandidatnøkler og entydighetsskranker i ORM: Begge angir at forekomster under skranken bare kan forekomme én gang

Funksjonelle avhengigheter

Personale

Ans#	Navn	Fdato	Pers#	Avd

- Det at en person har høyst ett Ans#, gjør at hvis vi vet hvilken person det er snakk om (dvs. vi kjenner personens Ans#), så vet vi også navnet, fødselsnummeret og avdelingen til personen.
- Primærnøkkelen definerer altså en funksjon fra forekomstene av Ans# til forekomstene av Navn, Fdato, Pers# og Avd.
  - Det samme gjelder andre kandidatnøkler: Hvis vi kjenner forekomstene for attributtene Fdato og Pers#, så har vi bare én mulig verdi for hver av Ans#, Navn og Avd.
- Vi sier at Navn, Fdato, Pers#, Avd er **funksjonelt avhengig** av Ans#, eller at vi har en **FD** (Functional Dependency) fra Ans# til Navn, Fdato, Pers#, Avd.
- Den vanlige notasjonen for en FD er: **Ans# → Navn, Fdato, Pers#, Avd**

Fremmednøkler

Barn

Løpe#	Navn	Fdato	Avd	TilknPers
2	Lisa	180502	Rosa Pantern	**nil**
5	Trym	030205	Knøttene	9
4	Anne	301102	Tommeliten	**nil**
7	Anne	151204	Knøttene	8

- Vi vil at TilknPers skal referere til forekomster i **Personale**-tabellen

Fremmednøkler

- **Fremmednøkkel**: Ett eller flere attributter som *peker ut/refererer* et tuppel i en annen relasjon.

Personale

Ans#	Navn	Fdato	Pers#	Avd
10	Gro	290264	39201	**nil**
9	Berit	131172	35697	Knøttene
8	Bjørn	150571	34322	Knøttene
12	Liv	031079	39201	**nil**

Barn

Løpe#	Navn	Fdato	Avd	TilknPers
2	Lisa	180502	Rosa Pantern	**nil**
5	Trym	030205	Knøttene	9
4	Anne	301102	Tommeliten	**nil**
7	Anne	151204	Knøttene	8

Fremmednøkler

- Fremmednøkkelen må ha samme antall attributter som primærnøkkelen i den relasjonen den peker ut, og attributtene må ha parvis samme domener.
  Noen databasesystemer tillater også fremmednøkler til kandidatnøkler som ikke er primærnøkler.
- Korresponderende attributter behøver ikke å ha samme navn.
- Det er lov å ha fremmednøkler til «seg selv»
- Fremmednøkler benyttes til å uttrykke integritetsregler

Påkrevde integritetsregler i relasjonsdatabaser

- **Entitetsintegritet**:
  Alle relasjonsskjemaer skal ha en og bare en primærnøkkel.
  Ingen av attributtene i primærnøkkelen får være **nil**.
- **Referanseintegritet**:
  Hvis fremmednøkkelen ikke er **nil**, så skal det finnes et tuppel i den refererte relasjonen hvor primærnøkkelen har samme verdi som fremmednøkkelen (dvs. at det refererte tuppelet skal eksistere).

I tillegg kan databasen ha andre integritetsregler, for eksempel kandidatnøkler utover primærnøklene.

Relasjonsdatabaser - definisjoner

- **Relasjonsdatabaseskjema**: Samling av relasjonsskjemaer + integritetsregler
- **Relasjonsdatabaseinstans**: Samling av relasjonsinstanser
- **Relasjonsdatabase** = Relasjonsdatabaseskjema + relasjonsdatabaseinstans

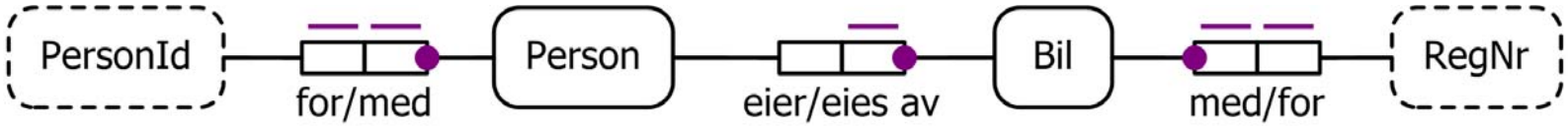
Merk:

- I forskjellige relasjonsskjemaer kan attributtnavn gjenbrukes
- Notasjon for å skille mellom attributter med like navn: $R.A_i$

Realiseringsalgoritmen

Fra ORM-diagram
til relasjonsdatabaseskjema

Underliggende idé (forenklet)



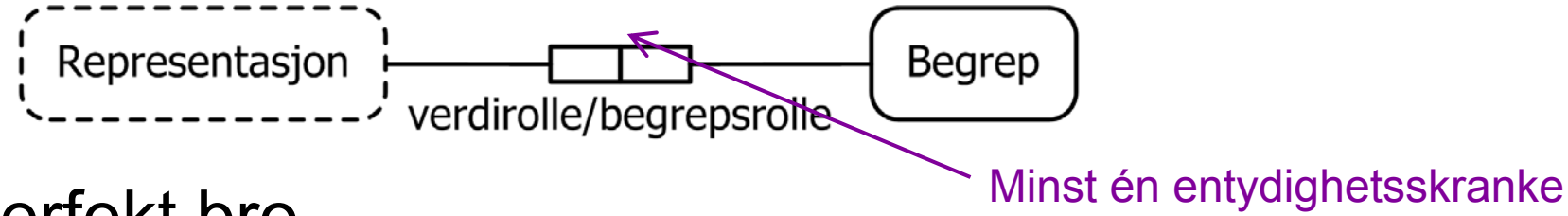
- For hvert begrep: lag en tabell
- For hver faktatype: lag en tabell
- Perfekte broer brukes til å bestemme hvordan begrepene skal representeres
- Entydighetspiler brukes til å bestemme primærnøkler
- For å få en "penere" database: slå sammen tabeller med samme primærnøkkel

- Person( ), Bil( )
- eier/eies_av(,)

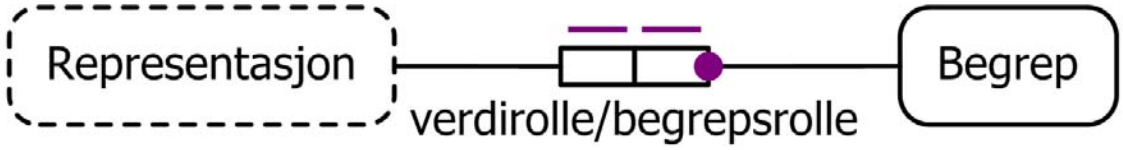
- Person(PersonId)
  Bil(RegNr)
  eier/eies_av(PersonId, RegNr)
- Person(PersonId)
  Bil(RegNr)
  eier/eies_av(PersonId, RegNr)
- Person(PersonId)
  Bil(RegNr, PersonId)

Setningstyper (repetisjon)

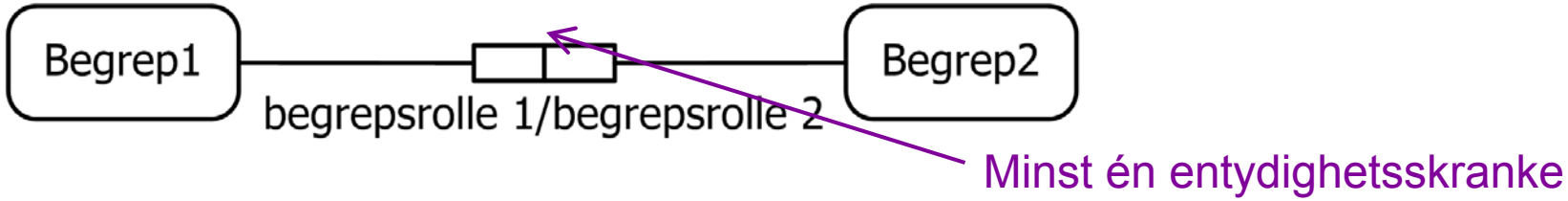
- Bro



- Perfekt bro



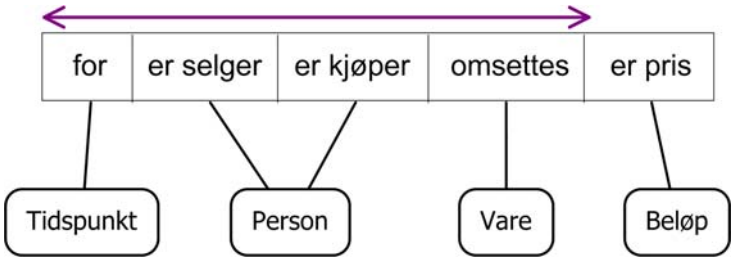
- Faktatype (vi viser bare en **binær** faktatype her)



Forutsetninger/forberedelser

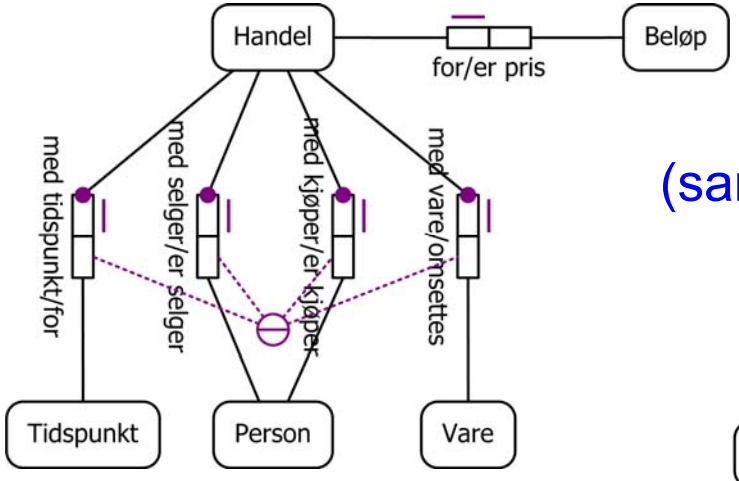
A. Alle **lange piler** må gjøres til gjenstand for begrepsdannelse (og gis et navn)
B. ORM-diagrammet må være **refererbart**
C. Diagrammet må ikke inneholde **synonyme broer**: alle broer må ha en entydig begrepsrolle

A. Begrepsdannelse av «lange» piler

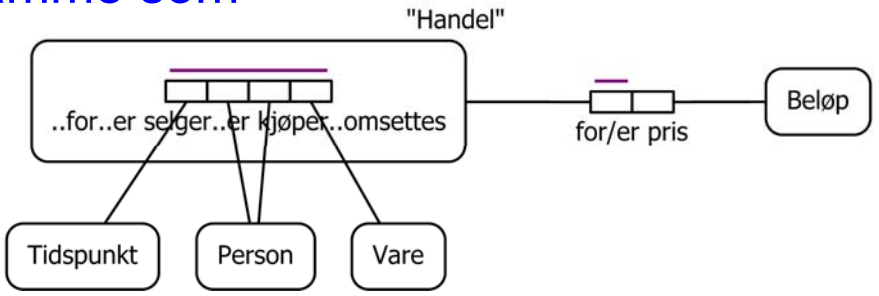


En lang pil er en ekstern entydighet i forkledning

erstattes av



(samme som



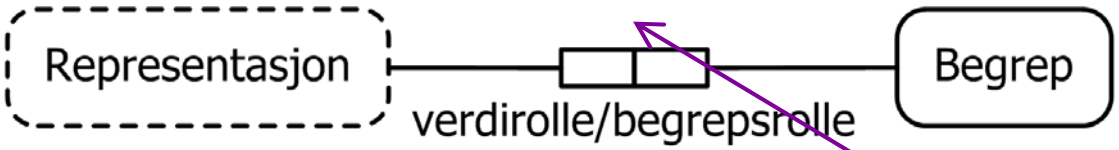
)

B. Refererbare ORM-diagrammer

- Intuitivt er et ORM-diagram refererbart hvis alle begreper kan representeres entydig (via perfekte broer)
- Vi kommer tilbake til hva som skal til for å gjøre et ORM-diagram refererbart under realiseringsalgoritmen

C. Eliminasjon av synonyme broer

Bro:



Etter begrepsdannelsene:
alltid én eller to **korte**
entydighetsskranker

Synonym bro:

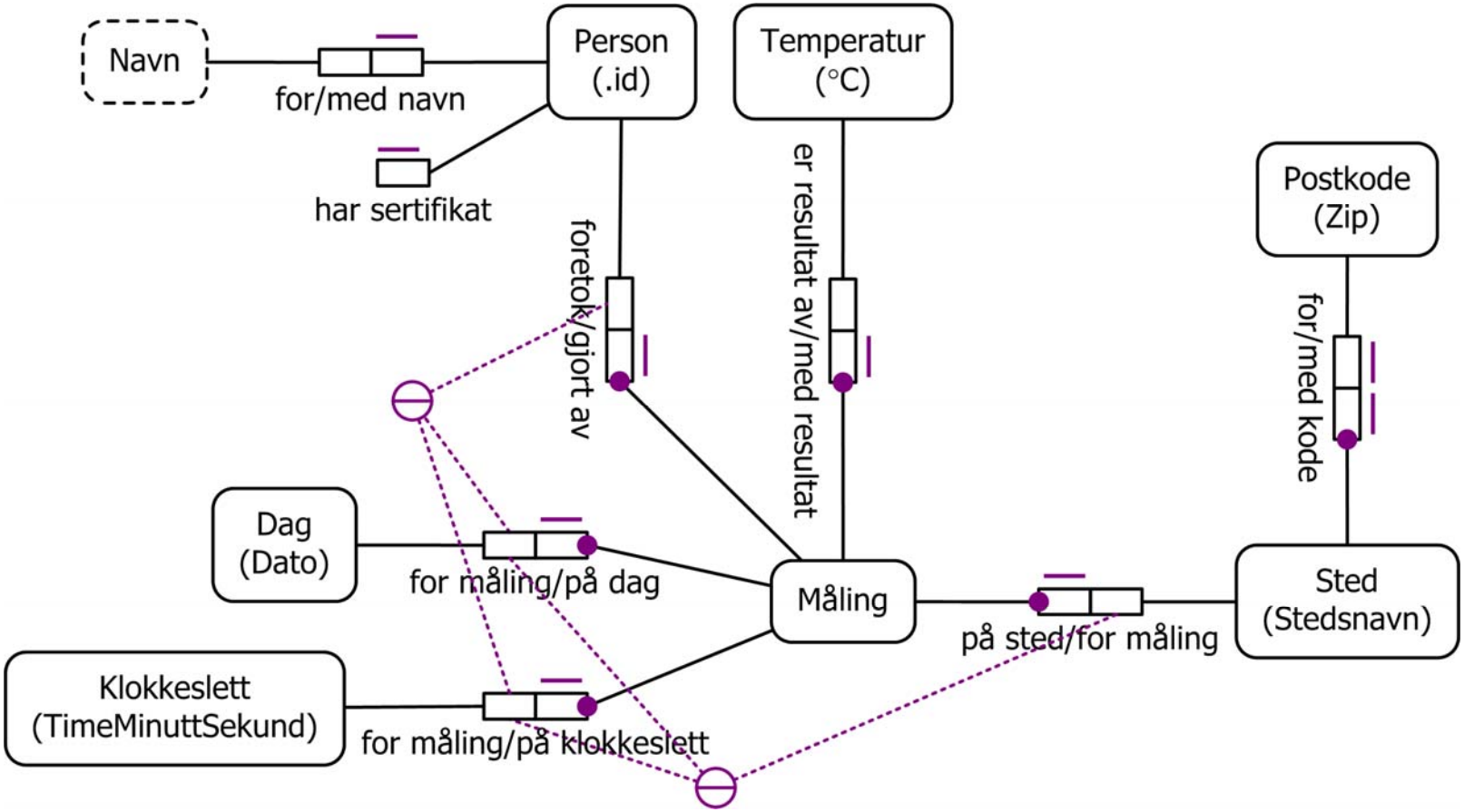
entydighetsskranke
mangler

erstattes av

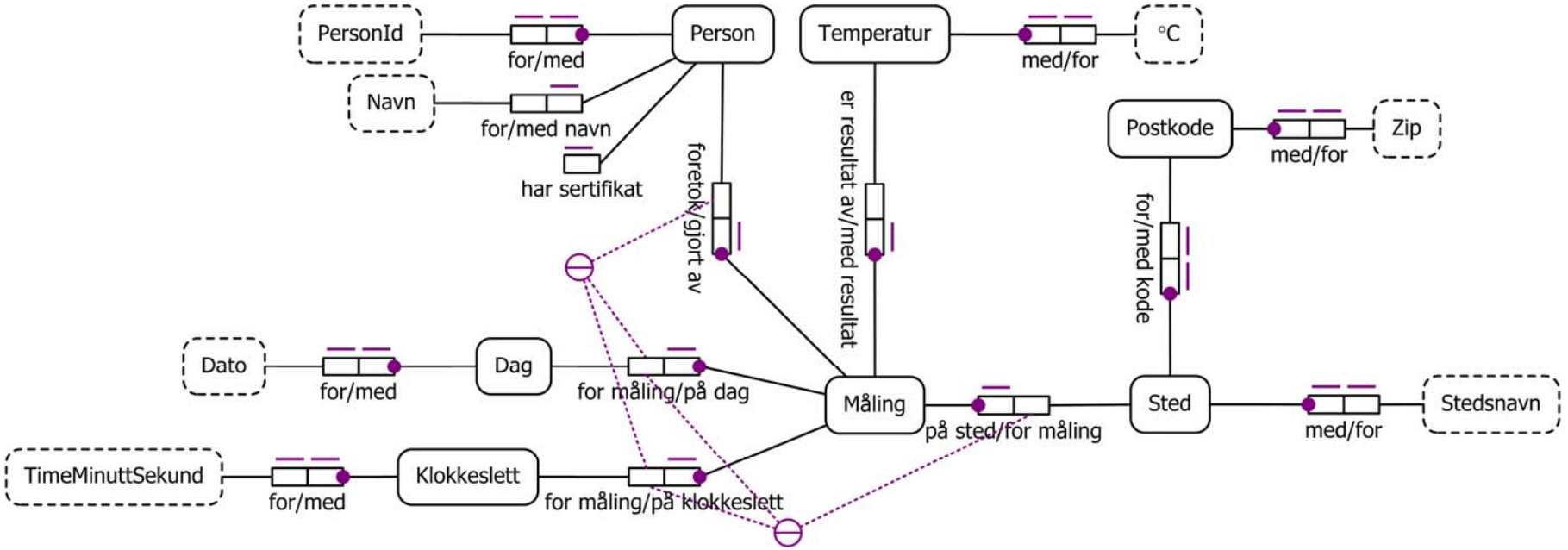
Realiseringsalgoritmen

1. **Hvert begrep gir opphav til en relasjon (basistabell) med samme navn som begrepet**
2. **Finn referansemåte for alle begreper og marker alle prefererte referansetyper som brukt (Referansemåtene blir primærnøkler)**
3. **Grupper resterende broer til sine respektive begreper (Hver bro gir ett attributt i tabellen)**
4. **Grupper resterende faktatyper (Hver faktatype blir en fremmednøkkel)**
5. **Overfør skrankene til relasjonsskjemaet**
6. **Bestem hvilke referanserelasjoner som skal fjernes**

Eksempel

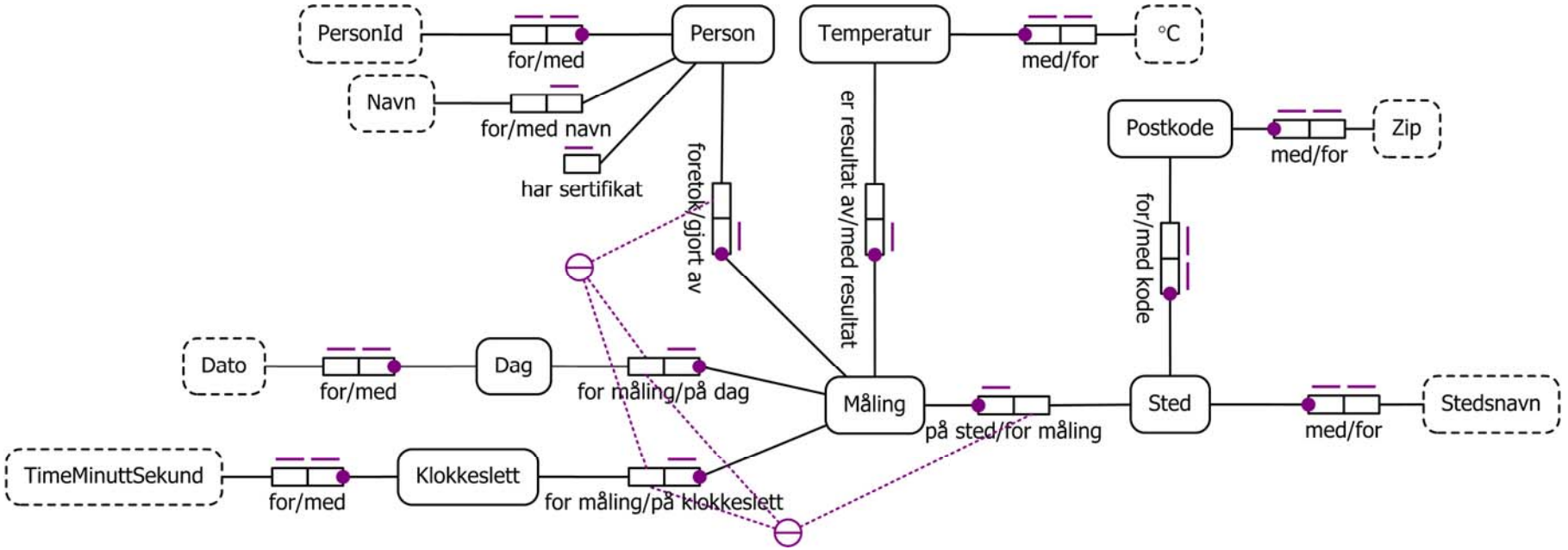

Navn
for/med navn
Person
(.id)
Temperatur
(°C)
har sertifikat
foretok/gjort av
er resultat av/med resultat
Postkode
(Zip)
for/med kode
Dag
(Dato)
for måling/på dag
Måling
på sted/for måling
Sted
(Stedsnavn)
Klokkeslett
(TimeMinuttSekund)
for måling/på klokkeslett

Eksempel – med eksplisitte perfekte broer



Steg 1: Fra begrep til relasjon

1. **Hvert begrep gir opphav til en relasjon (basistabell) med samme navn som begrepet**

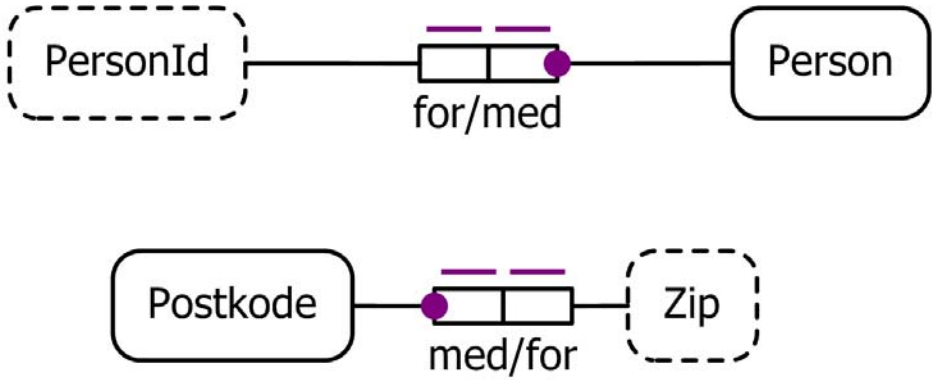


Relasjoner: **Person**, **Dag**, **Klokkeslett**, **Postkode**, **Sted**, **Måling**, **Temperatur**

Steg 2: Valg av referansemåter

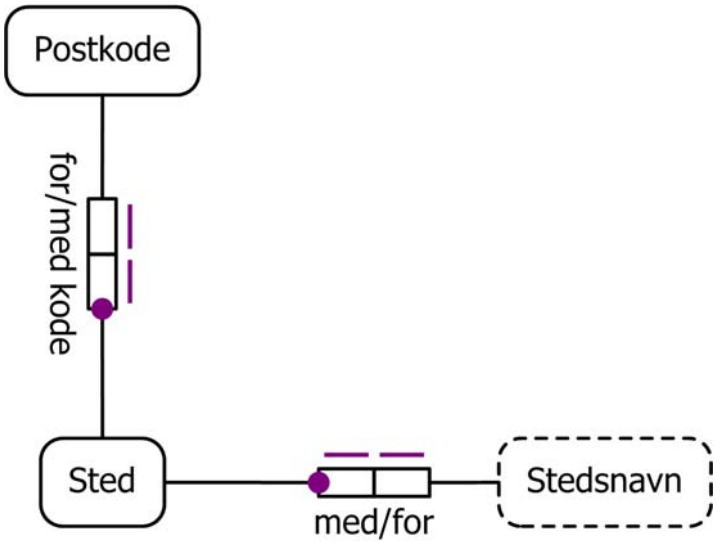
2. **Finn referansemåte for alle begreper og marker alle prefererte referansetyper som brukt (Referansemåtene blir primærnøkler)**
   - **Referansemåten** til et begrep er
     - enten: navnet på en representasjon knyttet til begrepet med en perfekt bro
     - eller: referansemåten til en 1:1-faktatype hvor begrepet har en total rolle
     - eller: for begrepsdannelser, samlingen av referansemåtene til de begrepene som utgjør grunnlaget for begrepsdannelsen
     - (detaljer følger)
   - Hvis et begrep mangler referansemåte, er ORM-diagrammet ikke refererbart og kan ikke realiseres

Referansemåte via perfekt bro



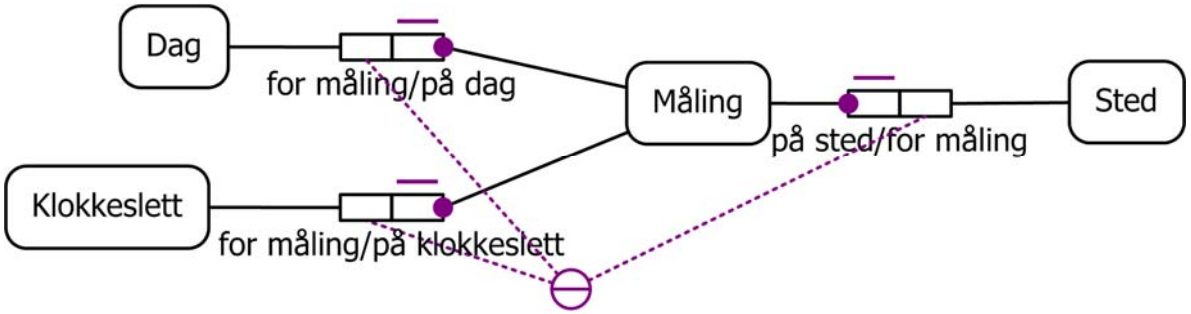
- Referansemåten til Person er PersonId
- Referansemåten til Postkode er Zip

Referansemåte via 1:1-faktatype



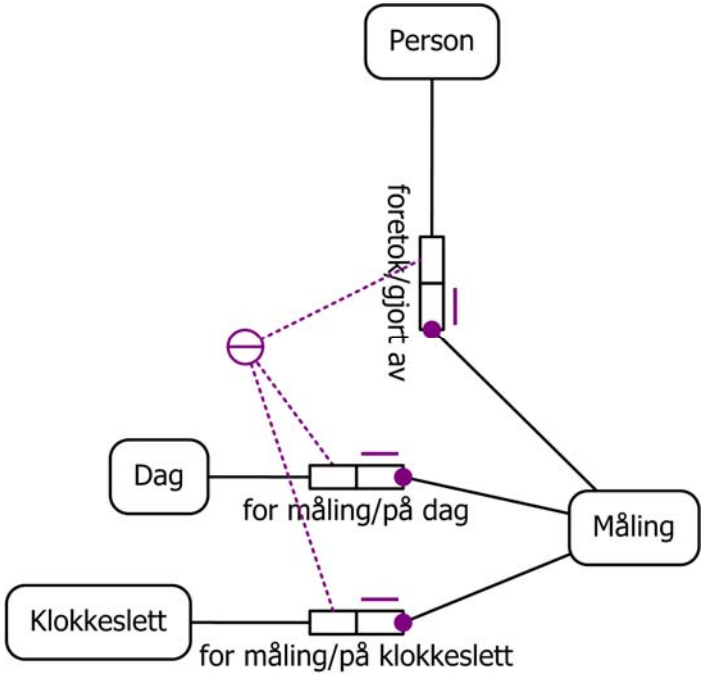
- For begrepet Sted har vi to mulige referansemåter:
  Via en perfekt bro til Stedsnavn
  Via en 1:1-faktatype med total rolle til Postkode
- Vi velger f.eks. den perfekte broen; referansemåten til Sted blir da Stedsnavn
- Alternativt kan vi velge 1:1-faktatypen; da arver Sted referansemåte fra Postkode og får referansemåten Zip

Referansemåte via begrepsdannelse



- Begrepet Måling er en begrepsdannelse basert på begrepene Dag, Klokkeslett og Sted
  - Måling har entydige totale roller på dag, på klokkeslett, på sted
  - Det er en ekstern entydighetsskranke over rollene til Dag, Klokkeslett og Sted
- Referansemåten til Dag er Dato
  Referansemåten til Klokkeslett er TimeMinuttSekund
  Referansemåten til Sted er valgt til Stedsnavn
  En referansemåte til Måling er derfor
  (Dato, TimeMinuttSekund, Stedsnavn)

Referansemåte via begrepsdannelse



- Alternativt kunne vi valgt referansemåte til Måling basert på begrepene Dag, Klokkeslett og Person; syntaktisk er det ikke noe i veien for dette, men begrepsmessig er det ikke like naturlig

Referansemåtene blir primærnøkler

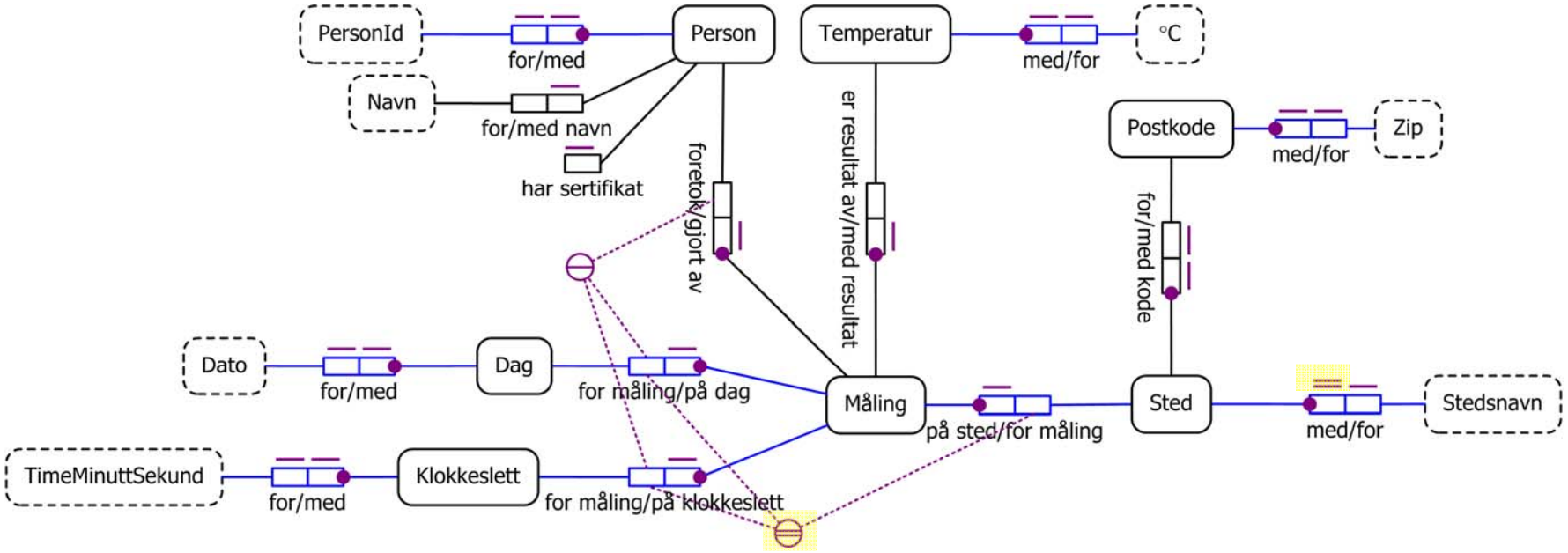
Referansemåtene blir **primærnøkler** i de tilhørende relasjonene:

Person(PersonId)
Dag(Dato)
Klokkeslett(TimeMinuttSekund)
Postkode(Zip)
Sted(Stedsnavn)
Måling(Dato, TimeMinuttSekund, Stedsnavn)
Temperatur(°C)

Status etter steg 2

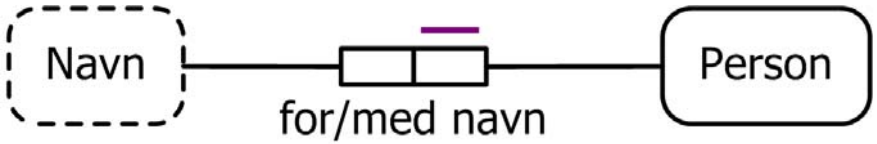
- Alle gjenværende faktatyper er unære eller binære og har minst én kort entydighetsskranke
- Alle gjenværende broer har kort entydighetsskranke på begrepsrollen

- I ORM kan man, hvis det er flere alternativer, angi valg av referansemåte med dobbel entydighetsskranke. Under er i tillegg de brukte setningstypene markert med blått (de gjenværende er fortsatt svarte):



Steg 3: Gruppering av broer

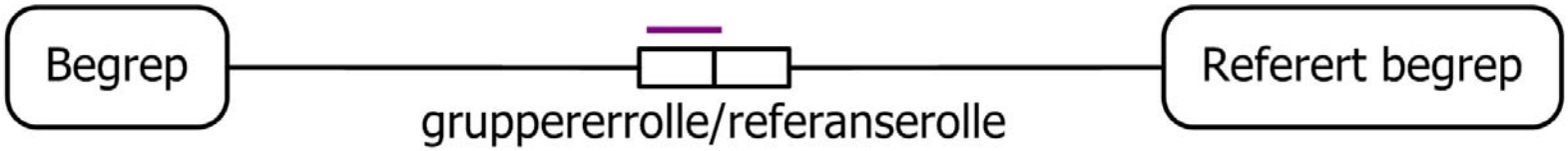
3. Grupper resterende broer til sine respektive begreper
(Hver bro gir ett attributt i tabellen)



- Relasjonen Person får attributtet Navn_for:
  Person(PersonId, Navn_for)
- Hvis begrepsrollen hadde vært total, ville nullverdier ikke vært tillatt i Navn_for

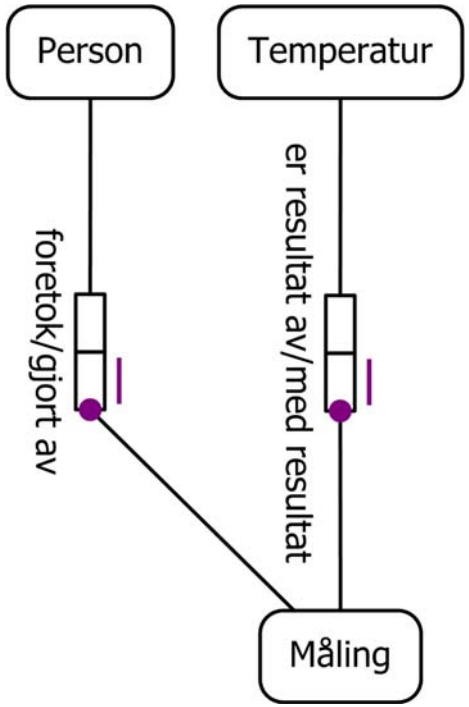
Steg 4: Gruppering av faktatyper

4. Grupper resterende faktatyper (Hver faktatype blir en fremmednøkkel)



- I binære faktatyper velges en **entydig** rolle som **gruppererrolle**; den andre kalles **referanserollen**
  - Hvis begge rollene er entydige og en av dem er total, velges den totale rollen som gruppererrolle
- Relasjonen til gruppererrollens begrep får en fremmednøkkel til det refererte begrepets relasjon

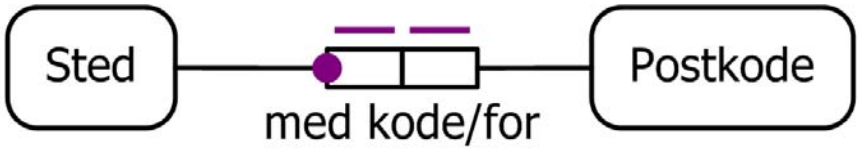
Gruppering av binære faktatyper



- Relasjonen Måling får et attributt Person_foretok
- Attributtet Person_foretok blir fremmednøkkel til relasjonen Person
- Tilsvarende får Måling attributtet Temperatur_er_resultat_av som er fremmednøkkel til relasjonen Temperatur

Måling(Dato, TimeMinuttSekund, Zip, Temperatur_er_resultat_av, Person_foretok)

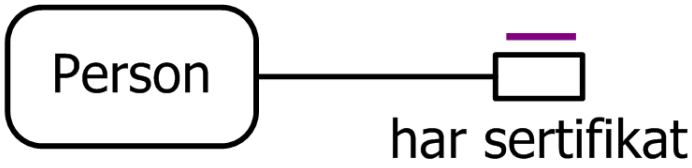
Gruppering av 1:1-faktatyper



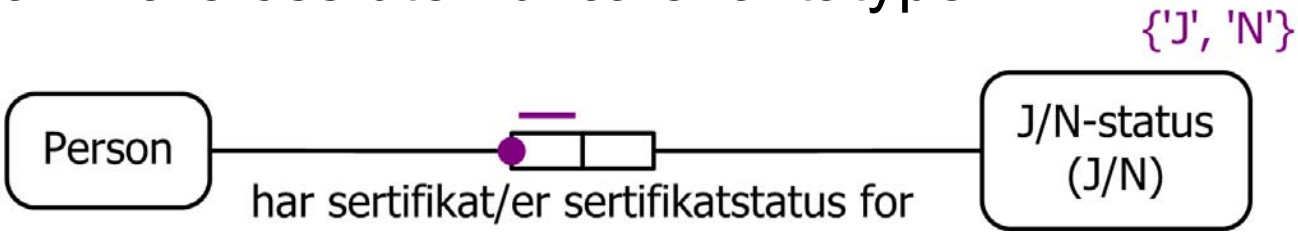
- Med to entydige roller kan begge velges som gruppererrolle
- Hvis én av rollene er total (som tilfellet er for med kode), bør denne velges
- På grunn av entydighetsskranken over referanserollen er fremmednøkkelen Postkode_for entydig. I dette tilfellet blir Postkode_for derfor en kandidatnøkkel for Sted

Sted(Stedsnavn, Postkode_for)

Gruppering av unære faktatyper



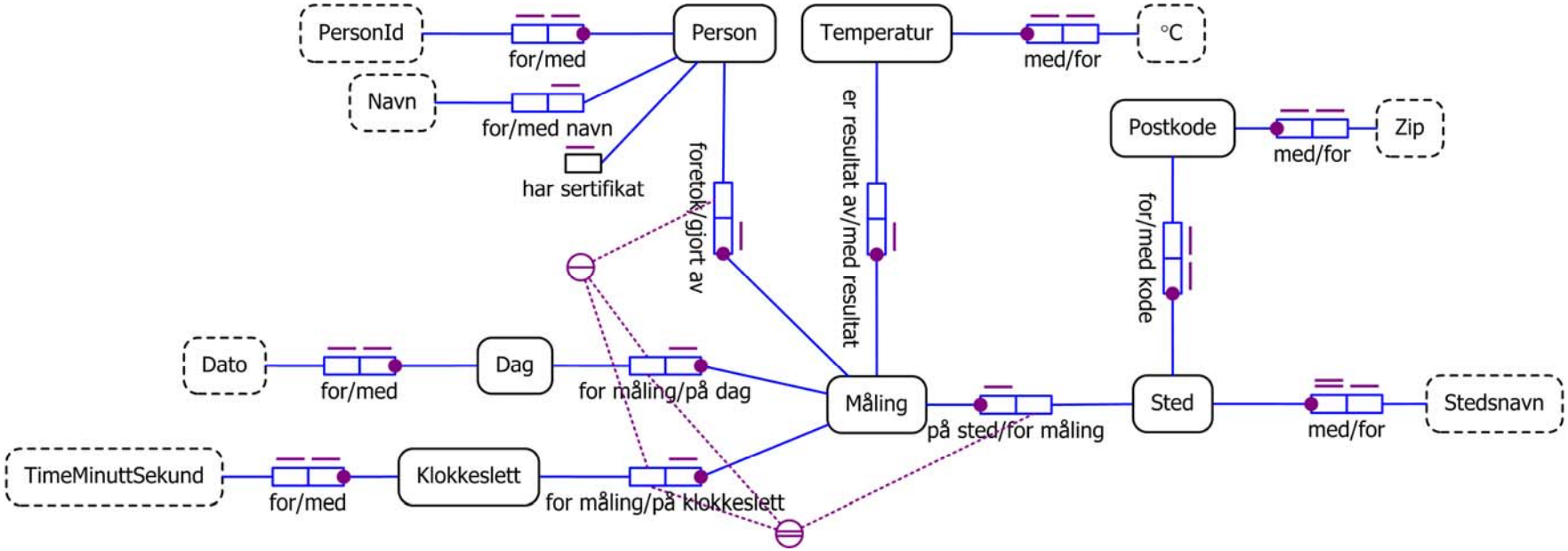
- Relasjonen Person får et Boolesk attributt har_sertifikat:
  Person(personId, Navn_for, har_sertifikat)
- Nullverdier er aldri tillatt for Booleske attributter som stammer fra unære faktatyper
- Rollen i en unær faktatype kan aldri være total
- Vi kan klare oss uten unære faktatyper:



Status etter steg 4

Etter steg 4 ser relasjonsdatabaseskjemaet slik ut (i tillegg kommer fremmednøkler):

Person(PersonId, Navn_for, har_sertifikat)
Dag(Dato)
Klokkeslett(TimeMinuttSekund)
Postkode(Zip)
Sted(Stedsnavn, Postkode_for)
Måling(Dato, TimeMinuttSekund, Stedsnavn, Temperatur_er_resultat_av, Person_foretok)
Temperatur(°C)



Fremmednøkler

Person(PersonId, Navn_for, har_sertifikat)
Dag(Dato)
Klokkeslett(TimeMinuttSekund)
Postkode(Zip)
Sted(Stedsnavn, Postkode_for)
Måling(Dato, TimeMinuttSekund, Stedsnavn, Temperatur_er_resultat_av, Person_foretok)
Temperatur(°C)

Håndtering av underbegreper

- Underbegreper arver alltid representasjonen til sitt superbegrep
- Anta:
  - Alle superbegrep har minst én underbegrepsforklaring
  - Alle underbegrep har minst én gruppererrolle
- Til hvert underbegrep opprettes en relasjon med samme primærnøkkel som superbegrepet, og med fremmednøkkel fra underbegrepets primærnøkkel til superbegrepets.
- To alternativer:
  1. Attributter fordeles mellom superbegrepets og underbegrepets relasjoner
  2. Alle attributtene fra superbegrepets relasjon (unntatt underbegrepsforklaringen) gjentas i underbegrepets relasjon

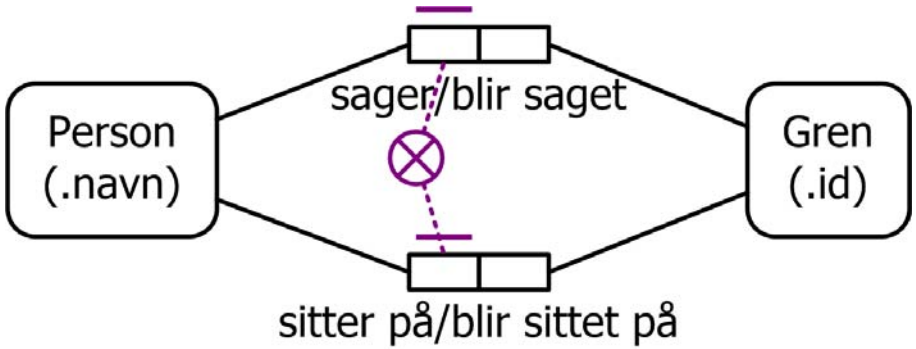
Forekomstrestriksjoner

- En integritetsregel som kan håndheves lokalt i en enkelt forekomst i en tabell, kalles en **forekomstrestriksjon**

  På engelsk kalles den en «**intra-record constraint**»
- En integritetsregel som ikke er en forekomstrestriksjon, har ikke noen egen betegnelse på norsk

  På engelsk kalles den en «**inter-record constraint**»
- Forekomstrestriksjoner er billige å håndheve fordi vi ikke trenger å lese noen andre forekomster enn den vi holder på med
- Forekomstrestriksjoner kan bare brytes ved innlegging og endring, aldri ved sletting

Ulikhet i gruppereroller

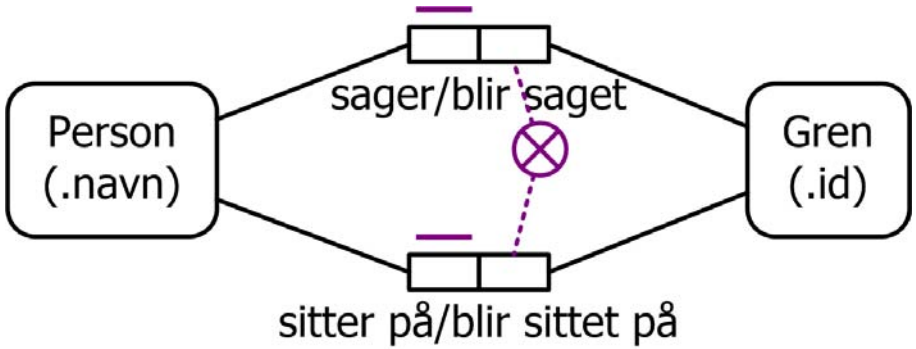


Gruppert skjema:

Person(personnavn, gren_blir_saget, gren_blir_sittet_på)

- Her sammenligner vi to gruppererroller for Person, og disse skal ikke ha noen felles forekomst
- Det betyr at ingen forekomst av Person skal finnes både i rollen sitter_på og i rollen sager
- Når vi legger inn en ny forekomst av Person, må vi altså kontrollere at minst ett av attributtene gren_blir_sittet_på og gren_blir_saget er NULL

Ulikhet i referanseroller

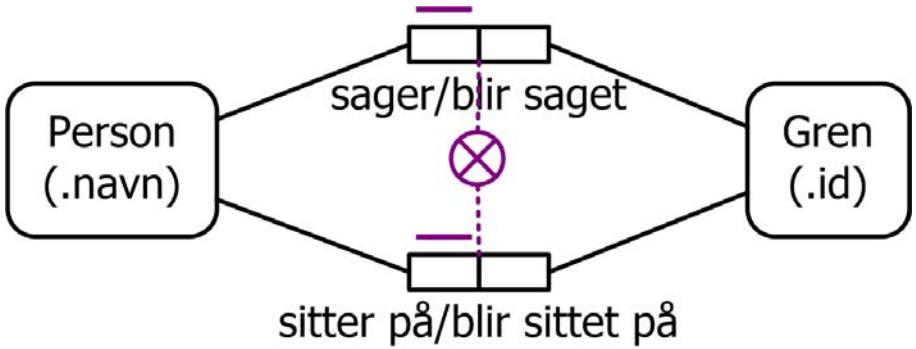


Gruppert skjema:

Person(personnavn, gren_blir_saget, gren_blir_sittet_på)

- Her sammenligner vi to referanseroller til Gren, og disse skal ikke ha noen felles forekomst
- Når vi legger inn en ny forekomst av Person, må vi kontrollere at
  1) verdien i gren_blir_saget ikke må finnes som verdi i gren_blir_sittet_på i noen tidligere forekomster
  2) verdien i gren_blir_sittet_på ikke må finnes som verdi i gren_blir_saget i noen tidligere forekomster

Dobbeltrolleulikhet



Gruppert skjema:

Person(personnavn, gren_blir_saget, gren_blir_sittet_på)

- I dette tilfellet har vi en dobbeltrolleskranke hvor vi sammenligner de to gruppererrollene
- Den sier at ingen forekomstpar av Person og Gren skal ha samme verdi i rolleparene (sager, blir saget) og (sitter på, blir sittet på)
- Når vi legger inn en ny forekomst av Person, må vi altså kontrollere at minst ett av attributtene gren_blir_saget og gren_blir_sittet_på er NULL eller at de har forskjellig verdi

Mengdeskranker som blir til forekomstrestriksjoner

- Enkeltrolleskranker som bare går mellom gruppererroller, blir til forekomstrestriksjoner som bare ser på NULL.
- Dette gjelder også kombinerte totale roller mellom gruppererroller
- Dobbeltrolleskranker hvor gruppererrollene sammenlignes, blir til forekomstrestriksjoner hvor verdiene i attributtene sammenlignes
- Ingen andre mengdeskranker blir til forekomstrestriksjoner
- En generell kombinert total rolle som involverer flere referanseroller, er svært dyr å håndheve, og den er derfor kandidat til en skranke vi velger å neglisjere

Referansebegreper og undertrykking av relasjoner

- Et begrep som ikke spiller noen andre gruppererroller enn de som inngår i den utvalgte referansemåten, og som spiller minst én referanserolle, kalles et **referansebegrep**
- Tabeller som kommer fra referansebegreper, kan fjernes (**undertrykkes**) fra relasjonsdatabaseskjemaet