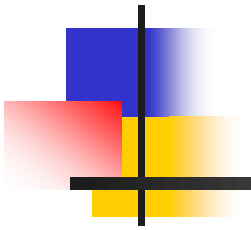


INF2440 Uke 7, v2014 – om faktorisering av primtall + tre løsninger på et produsent/konsument-problem

Arne Maus
OMS,
Inst. for informatikk

Hva så vi på i Uke6

1. Mer om ulike strategier for å dele opp et problem for parallellisering
2. Oppdeling av en algoritme i flere faser.
    1. Med Barrier-synkronisering mellom hver fase
3. Om 'store' primtall og faktorisering (intro til Oblig2)
    1. Hvordan **lage og lagre** mange primtall
    2. Litt om hvordan faktorisere store tall N
       (= finne de primtall som multiplisert sammen gir N)
4. Om trådsikre-programmer og biblioteks-klasser (Api)

Dette skal vi se på i uke7

1. Om faktorisering av ethvert tall M < N*N (oblig 2)
   (finne de primtallene < N som ganget sammen gir M)
2. Flere metoder i klassen Thread for parallellisering
3. Tre måter å programmere monitorer i Java eksemplifisert med tre løsninger av problemet: Kokker og Kelnere
   1. med sleep()og aktiv polling.
   2. med synchronized methods , wait>() og notify(),..
   3. med Lock og flere køer (Condition-køer)

1) Faktorisering av et tall M i sine primtallsfaktorer

- Vi har laget og lagret ved hjelp av Erotosthanes sil alle primtall < N i en bit-array over alle odde-tallene.
  - 1 = primtall, 0=ikke-primtall
  - Vi har krysset ut de som ikke er primtall
- Hvordan skal vi så bruke dette til å faktorisere et tall M < N*N ?
- **Svar:** Divider M med alle primtall $p_i < \sqrt{M}$ (p_i =2,3,5,..), og hver gang en slik divisjon M/p_i har rest ==0, så er p_i en av faktorene til M. Vi forsetter så med å faktorisere M'=M/p_i.
- Faktoriseringen av M = p_i *..* p_k er da produktet av alle de primtall som dividerer M uten rest.
- HUSK at en p_i kan forekommer flere ganger i svaret. eks: 20= 2*2*5, 81 = 3*3*3*3, osv
- Finner vi ingen faktorisering av N, dvs. ingen p_i som dividerer N med rest == 0, så er N selv et primtall.

Hvordan parallellisere faktorisering ?

1. Gjennomgås neste uke - denne uka viktig å få på plass en effektiv sekvensiell løsning med om lag disse kjøretidene for N = 2 mill:

```
M:\INF2440Para\Primtall>java PrimtallESil 2000000
 max primtall m:2000000
Genererte primtall <= 2000000  paa        15.56 millisek
med Eratosthenes sil (  0.00004182 millisek/primtall)
......
3999998764380 = 2*2*3*5*103*647248991
3999998764381 = 37*108108074713
3999998764382 = 2*271*457*1931*8363
3999998764383 = 3*19*47*1493093977
3999998764384 = 2*2*2*2*2*7*313*1033*55229
3999998764385 = 5*13*59951*1026479
3999998764386 = 2*3*3*31*71*100964177
3999998764387 = 1163*1879*1830431
3999998764388 = 2*2*11*11*17*23*293*72139
 100 faktoriseringer beregnet paa:     422.0307ms -
 dvs:      4.2203ms. per faktorisering
```

2) Flere (synkroniserings-) metoder i klassen Thread.

- **getName()** Gir navnet på tråden (default: Thread-0, Thread-1,..)
- **join():** Du venter på at en tråd terminerer hvis du kaller på dens join() metode.
- **sleep(t):** Den nå kjørende tråden sover i minst 't' millisek.
- **yield():** Den nå kjørende tråden pauser midlertidig og overlater til en annen tråde å kjøre på den kjernen som den første tråden ble kjørt på..
- **notify():** (arvet fra klassen Object, som alle er subklasse av). Den vekker opp **en** av trådene som venter på låsen i inneværende objekt. Denne prøver da en gang til å få det den ventet på.
- **notifyAll():** (arvet fra klassen Object). Den vekker opp **alle de** trådene som venter på låsen i inneværende objekt. De prøver da alle en gang til å få det de ventet på.
- **wait():** (arvet fra klassen Object). Får nåværende tråd til å vente til den enten blir vekket med notify() eller notifyAll() for dette objektet.

Et program som tester join(),yield() og getname() :

```
import java.util.ArrayList;

public class YieldTest {
    public static void main(String args[]){
        ArrayList<YieldThread> list = new ArrayList<YieldThread>();
        for (int i=0;i<20;i++){
            YieldThread et = new YieldThread(i+5);
            list.add(et);
            et.start();
        }
        for (YieldThread et:list){
            try {
                et.join();
            } catch (InterruptedException ex) { }
}}} // end class YielsTest

class YieldThread extends Thread{
   int stopCount;
    public YieldThread(int count){
        stopCount = count;
    }
    public void run(){
        for (int i=0;i<30;i++){
            if (i%stopCount == 0){
                System.out.println(«Stopper thread: "+getName());
                yield();
}}}} // end class YieldThread
```

```
M:\INF2440Para\Yield>java YieldTest
Stopper thread: Thread-0
Stopper thread: Thread-0
Stopper thread: Thread-5
Stopper thread: Thread-5
Stopper thread: Thread-9
Stopper thread: Thread-9
Stopper thread: Thread-12
Stopper thread: Thread-4
Stopper thread: Thread-3
Stopper thread: Thread-3
Stopper thread: Thread-2
Stopper thread: Thread-2
Stopper thread: Thread-2
Stopper thread: Thread-1
Stopper thread: Thread-1
Stopper thread: Thread-1
Stopper thread: Thread-3
Stopper thread: Thread-19
Stopper thread: Thread-18
Stopper thread: Thread-18
Stopper thread: Thread-17
Stopper thread: Thread-16
Stopper thread: Thread-16
```

Vi ser at de 20 trådene gir fra seg kontrollen et ulike antall ganger

```
Stopper thread: Thread-4
Stopper thread: Thread-4
Stopper thread: Thread-15
Stopper thread: Thread-12
Stopper thread: Thread-14
Stopper thread: Thread-14
Stopper thread: Thread-13
Stopper thread: Thread-13
Stopper thread: Thread-11
Stopper thread: Thread-11
Stopper thread: Thread-10
Stopper thread: Thread-8
Stopper thread: Thread-7
Stopper thread: Thread-6
Stopper thread: Thread-0
Stopper thread: Thread-6
Stopper thread: Thread-10
Stopper thread: Thread-15
Stopper thread: Thread-17
Stopper thread: Thread-19
Stopper thread: Thread-7
Stopper thread: Thread-8
```

Problemet vi nå skal løse: En restaurant med kokker og kelnere og et varmebord hvor maten står

- Vi har **c** Kokker som lager mat og
  w Kelnere som server maten (tallerkenretter)
- Mat som kokkene lager blir satt fra seg på et **varmebord** med TABLE_SIZE (=3) antall plasser til tallerkener
- Kokkene kan ikke lage flere tallerkener hvis varmebordet er fullt
- Kelnerne kan ikke servere flere tallerkener hvis varmebordet er tomt
- Det skal lages og serveres NUM_TO_BE_MADE antall tallerkener

Dette er selvsagt analogt til en ofte forekommende situasjon i et datasystem:

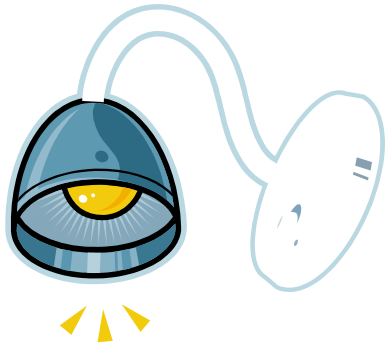
- hvor f.eks inn-data (eks. bilder) dekodes av produsentene og konsumenten sørger for framvisning.
- inn/ut sending av data over nettet (datapakker inn) ; settes sammen og sendes videre

Restaurant versjon 1:

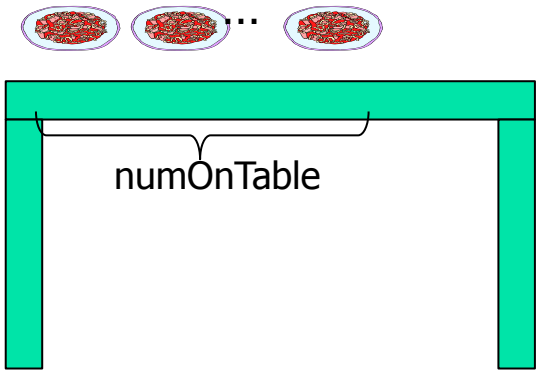
Lager tallerken-retter

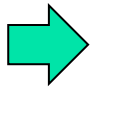
c Kokker (produsenter)

varmelampe



TABLE_SIZE





Serverer tallerken

w Kelnere (konsumenter)

2) Om monitorer og køer (tre eksempler på concurrent programming). Vi løser synkronisering mellom to ulike klasser.

- **Først** en aktivt pollende (masende) løsning med synkroniserte metoder (Restaurant1.java).
  - Aktiv venting i en løkke i hver Kokk og Kelner
    + at de er i køen på å slippe inn i en synkronisert metode
- **Så** en løsning med bruk av monitor slik det var tenkt fra starten av i Java (Restaurant2.java).
  - Kokker og Kelnere venter i samme wait()-køen
    + i køen på å slippe inn i en synkronisert metode.
- **Til siste** en løsning med monitor med Lock og Condition-køer (flere køer – en per ventetilstand (Restaurant9.java)
  - Kelnere og Kokker venter i hver sin kø
    + i en køen på å slippe inn i de to metoder beskyttet av en Lock

.

Felles for de tre løsningene

```
import java.util.concurrent.locks.*;
class Restaurant {

  Restaurant(String[] args) {
     <Leser inn antall Kokker, Kelnere og  antall retter>
      <Oppretter Kokkene og Kelnerne og starter dem>
   }

    public static void main(String[] args) {
          new Restaurant(args);
       }
    } // end main
} // end Restaurant

class HeatingTable{  // MONITOR
     int numOnTable  = 0,
         numProduced = 0,
         numServed=0;
     final int MAX_ON_TABLE  =3;
     final int NUM_TO_BE_MADE;
     // Invarianter:
     //   0 <= numOnTable  <=  MAX_ON_TABLE
     //          numProduced  <= NUM_TO_BE_MADE
     //          numServed      <= NUM_TO_BE_MADE

    < + ulike data i de tre eksemplene>
```

```
public xxx boolean putPlate(Kokk c)
   <Leggen tallerken til på bordet
   (true) ellers (false) Kokk må vente)
} // end put

public xxx boolean getPlate(Kelner w)  {
   <Hvis bordet tomt (false) Kelner venter
      ellers (true) - Kelner tar da en
      tallerken og serverer den>
  } // end get
} // end HeatingTable

class Kokk extends Thread {
    HeatingTable tab;
    int ind;
    public void run() {
          while/if (tab.putPlate(..))
         < Ulik logikk i eksemplene>
    }
} // end Kokk

class Kelner extends Thread {
    HeatingTable tab;
    int ind;
    public void run() {
          while/if (tab.getPlate()){
           <ulik logikk i eksemplene>
        }
} // end Kelner
```

Invariantene på felles variable

- Invariantene må **alltid holde** utenfor monitor-metodene.
- Hva er de felles variable her:
  - MAX_ON_THE_TABLE
  - NUM_TO_BE_MADE
  - numOnTable
  - numProduced
  - numServed = numProduced – numOnTable
- Invarianter:
  1. **0 ≤ numOnTable ≤ TABLE_SIZE**
  2. **numProduced ≤ NUM_TO_BE_MADE**
  3. **numServed ≤ numProduced**

Invariantene viser 4 tilstander vi må skrive kode for

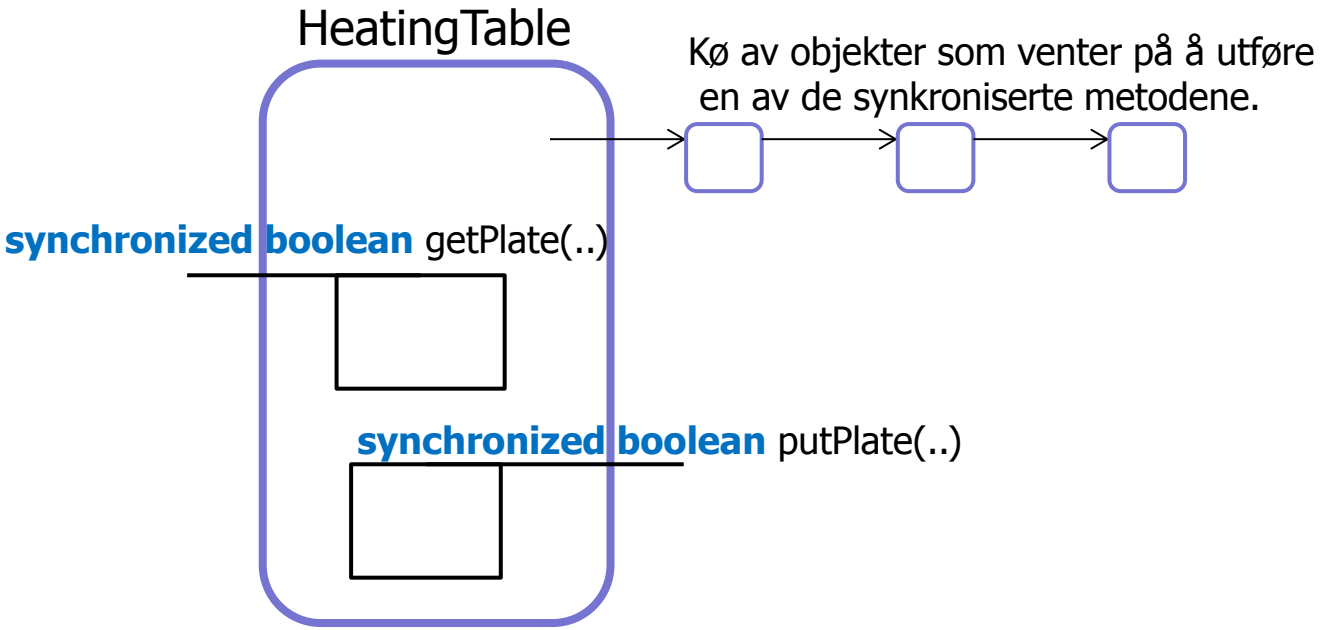
0 <= numOnTable <= MAX_ON_TABLE

numServed <= numProduced <= NUM_TO_BE_MADE

1. **numOnTable == MAX_ON_TABLE**
   → **Kokker venter**
2. **0 == numOnTable**
   → **Kelnere venter**
3. **numProduced == NUM_TO_BE_MADE**
   → **Kokkene ferdige**
4. **numServed == NUM_TO_BE_MADE**
   → **Kelnerene ferdige**

Først en aktivt pollende (masende) løsning med synkroniserte metoder (Restaurant1.java).

- Dette er en løsning med **en kø**, den som alle tråder kommer i hvis en annen tråd er inne i en synkronisert metode i samme objekt.
- Terminering ordnes i hver kokk og kelner (i deres run-metode)
- Den køen som nyttes er en felles kø av alle aktive objekter som evt. samtidig prøver å kalle en av de to synkroniserte metodene **get** og **put.** Alle objekter har en slik kø.



Restaurant løsning 1

```
class Kokk extends Thread {
....
    public void run() {
       try {
          while (tab.numProduced < tab.NUM_TO_BE_MADE) {
            if (tab.putPlate(this) ) {
               // lag neste tallerken
            }
            sleep((long) (1000 * Math.random()));
          }
       } catch (InterruptedException e) {}
       System.out.println("Kokk "+ind+" ferdig: " );
   }
} // end Kokk

class Kelner extends Thread {
.............
     public void run() {
          try {
            while ( tab.numServed< tab.NUM_TO_BE_MADE) {
                 if ( tab.getPlate(this)) {
                    // server tallerken
                 }
                 sleep((long) (1000 * Math.random()));
              }
          } catch (InterruptedException e) {}
            System.out.println("Kelner " + ind+" ferdig");
     }
} // end Kelner
```

```
synchronized boolean  putPlate(Kokk c) {
      if (numOnTable == TABLE_SIZE) {
                return false;
       }
       numProduced++;
      // 0 <= numOnTable  <  TABLE_SIZE
      numOnTable++;
      // 0 < numOnTable  <=  TABLE_SIZE
      System.out.println("Kokk no:"+c.ind+",
        laget  tallerken no:"+numProduced);
     return true;
} // end putPlate

synchronized boolean  getPlate(Kelner w) {
     if  (numOnTable == 0)     return false;
     // 0 < numOnTable  <=  TABLE_SIZE
     numServed++;
     numOnTable--;
     // 0 <= numOnTable <  TABLE_SIZE
     System.out.println("Kelner no:"+w.ind+
     ",  serverte  tallerken no:"+numServed);
    return true;
}
```

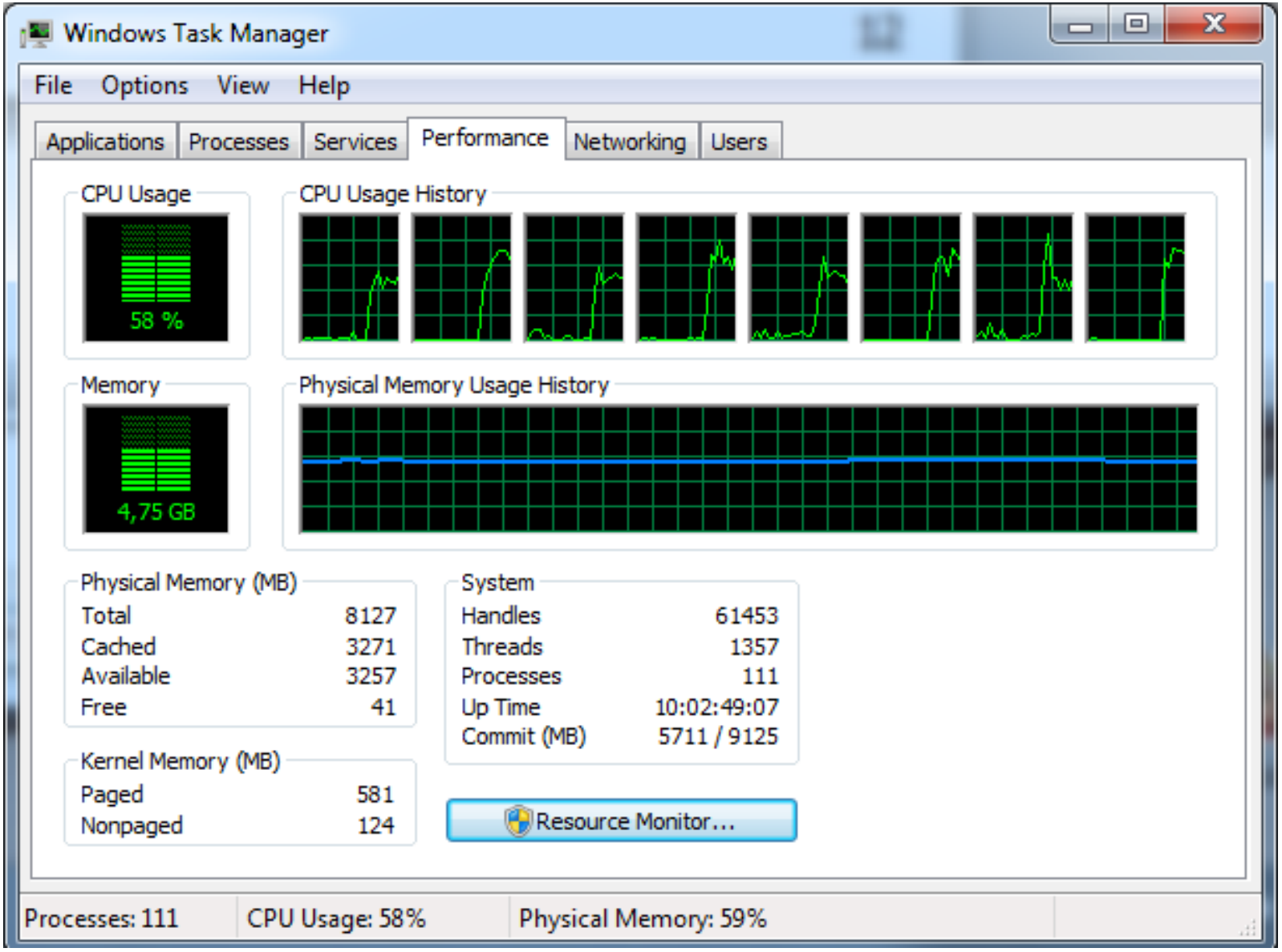
```
M:Restaurant1>java Restaurant1 11 8 8
Kokk no:8, laget  tallerken no:1
Kokk no:4, laget  tallerken no:2
Kokk no:6, laget  tallerken no:3
Kelner no:5, serverte  tallerken no:1
Kokk no:3, laget  tallerken no:4
Kelner no:2, serverte  tallerken no:2
Kokk no:1, laget  tallerken no:5
Kelner no:5, serverte  tallerken no:3
Kelner no:4, serverte  tallerken no:4
Kokk no:7, laget  tallerken no:6
Kokk no:2, laget  tallerken no:7
Kelner no:7, serverte  tallerken no:5
Kokk no:4, laget  tallerken no:8
Kelner no:3, serverte  tallerken no:6
Kelner no:3, serverte  tallerken no:7
Kokk no:1, laget  tallerken no:9
Kelner no:2, serverte  tallerken no:8
Kokk no:6, laget  tallerken no:10
Kokk no:3, laget  tallerken no:11
Kokk 8 ferdig:
```

```
Kelner no:8, serverte  tallerken no:9
Kelner no:7, serverte  tallerken no:10
Kelner no:6, serverte  tallerken no:11
Kokk 3 ferdig:
Kokk 5 ferdig:
Kelner 1 ferdig
Kokk 1 ferdig:
Kokk 4 ferdig:
Kelner 5 ferdig
Kokk 7 ferdig:
Kelner 2 ferdig
Kokk 2 ferdig:
Kelner 4 ferdig
Kelner 3 ferdig
Kelner 7 ferdig
Kelner 6 ferdig
Kokk 6 ferdig:
Kelner 8 ferdig
```

Problemer med denne løsningen er aktiv polling

- Alle Kokke- og Kelner-trådene går aktivt rundt å spør:
  - Er der mer arbeid til meg? Hviler litt, 1 sec) og spør igjen.
  - Kaster bort mye tid/maskininstruksjoner.
- Spesielt belastende hvis en av trådtypene (Produsent eller Konsument) er klart raskere enn den andre,
  - Eks . setter opp 18 raske Kokker som sover bare 1 millisek mot 2 langsomme Kelnere som sover 1000 s.¨¨¨¨'
  - I det tilfellet tok denne aktive ventingen/masingen 58% av CPU-kapasiteten til 8 kjerner
- Selv etter at vi har testet i run-metoden at vi kan greie en tallerken til, må vi likevel teste på om det går OK
  - En annen tråd kan ha vært inne og endret variable
- Utskriften må være i get- og put-metodene. Hvorfor?

Løsning1 med 18 raske Kokker (venter 1 ms) og 2 langsomme Kelnere (venter 1000 ms). Kokkene stresser maskinen med stadige mislykte spørsmål hvert ms. om det nå er plass til en tallerken på varmebordet . CPU-bruk = 58%.



```
M:Restaurant1>java Restaurant1  11  8  8
Kokk no:8, laget  tallerken no:2
Kokk no:6, laget  tallerken no:3
Kokk no:7, laget  tallerken no:2
Kelner no:3, serverte  tallerken no:2
Kelner no:8, serverte  tallerken no:2
Kokk no:8, laget  tallerken no:4
Kokk no:6, laget  tallerken no:5
Kelner no:8, serverte  tallerken no:3
Kokk no:2, laget  tallerken no:6
Kelner no:6, serverte  tallerken no:4
Kokk no:5, laget  tallerken no:7
Kelner no:6, serverte  tallerken no:5
Kelner no:7, serverte  tallerken no:6
Kokk no:6, laget  tallerken no:8
Kelner no:8, serverte  tallerken no:7
Kelner no:3, serverte  tallerken no:8
Kokk no:3, laget  tallerken no:9
Kokk no:3, laget  tallerken no:10
Kelner no:1, serverte  tallerken no:9
Kelner no:5, serverte  tallerken no:10
```

FEIL:System.out.println(..) lagt i run()-metodene – her er noe galt !? – hva ?

```
Kokk no:5, laget  tallerken no:11
Kelner no:2, serverte  tallerken no:11
Kokk 8 ferdig:
Kokk 4 ferdig:
Kokk 6 ferdig:
Kokk 7 ferdig:
Kokk 1 ferdig:
Kelner 3 ferdig
Kokk 2 ferdig:
Kokk 3 ferdig:
Kelner 1 ferdig
Kelner 6 ferdig
Kelner 7 ferdig
Kelner 4 ferdig
Kelner 5 ferdig
Kelner 8 ferdig
Kokk 5 ferdig:
Kelner 2 ferdig
```

Løsning 2: Javas originale opplegg med monitorer og **to køer**.

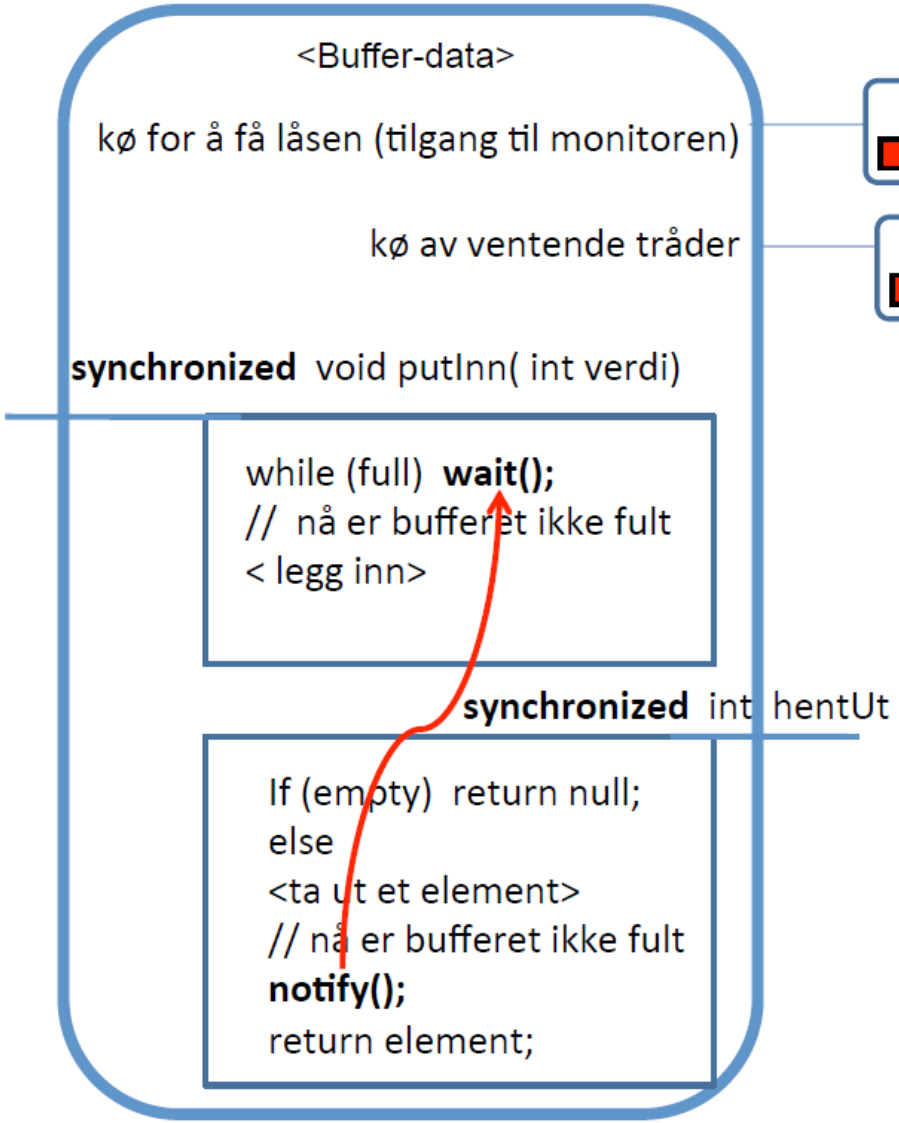
- Den originale Java løsningen med synkroniserte metoder og en rekke andre metoder og følgende innebygde metoder:
- **sleep(t):** Den nå kjørende tråden sover i 't' millisek.
- **notify():** (arvet fra klassen Object som alle er subklasse av). Den vekker opp **en** av trådene som venter på låsen i inneværende objekt. Denne prøver da en gang til å få det den ventet på.
- **notifyAll():** (arvet fra klassen Object). Den vekker opp **alle de** trådene som venter på låsen i inneværende objekt. De prøver da alle en gang til å få det de ventet på.
- **wait():** (arvet fra klassen Object). Får nåværende tråd til å vente til den enten blir vekket med notify() eller notifyAll() for dette objektet.

Å lage parallelle løsninger med en Java 'moniotor'

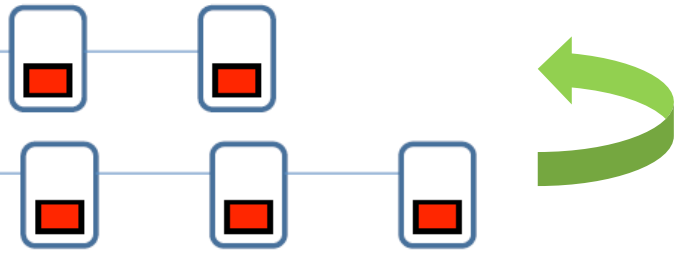
- En Java-monitor er et objekt av en vilkårlig klasse med synchronized metoder
- Det er to køer på et slikt objekt:
  - En kø for de som venter på å komme inn/fortsette i en synkronisert metode
  - En kø for de som her sagt **wait()** (og som venter på at noen annen tråd vekker dem opp med å si notify() eller notifyAll() på dem)
    - wait() sier en tråd inne i en synchronized metode.
    - notify() eller notifyAll() sies også inne i en synchronized metode.

Monitor-ideen er sterkt inspirert av Tony Hoare (mannen bak Quicksort)

To køer i en basal Java monitor:



En kø av ventende tråder på hele monitoren



notify()

En kø av ventende tråder på "wait"-instruksjoner (wait-set).

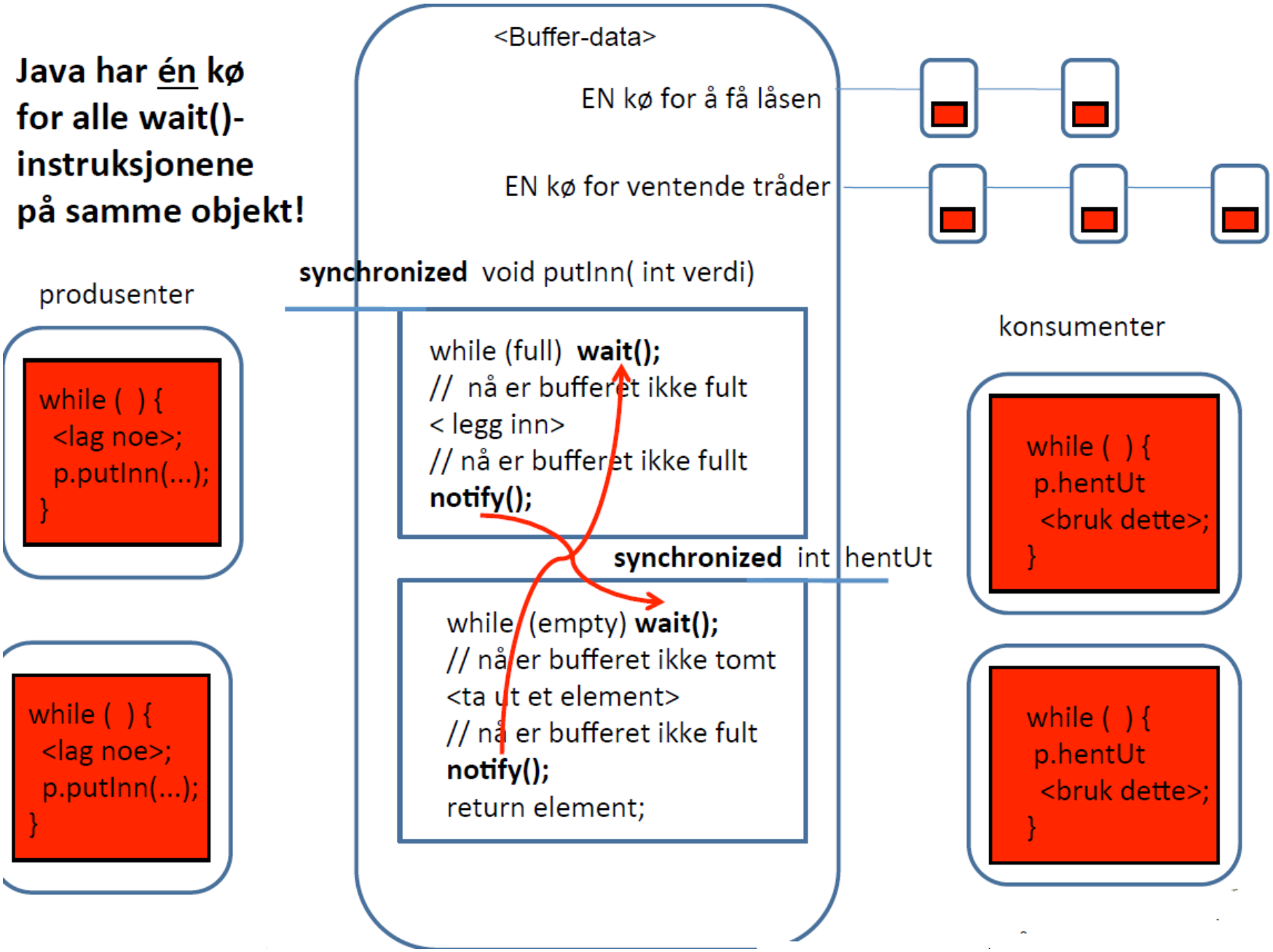
Startes av notify () og/eller notifyAll()

Legges da i den andre køen

(først ? (Nei, ingen garanti))

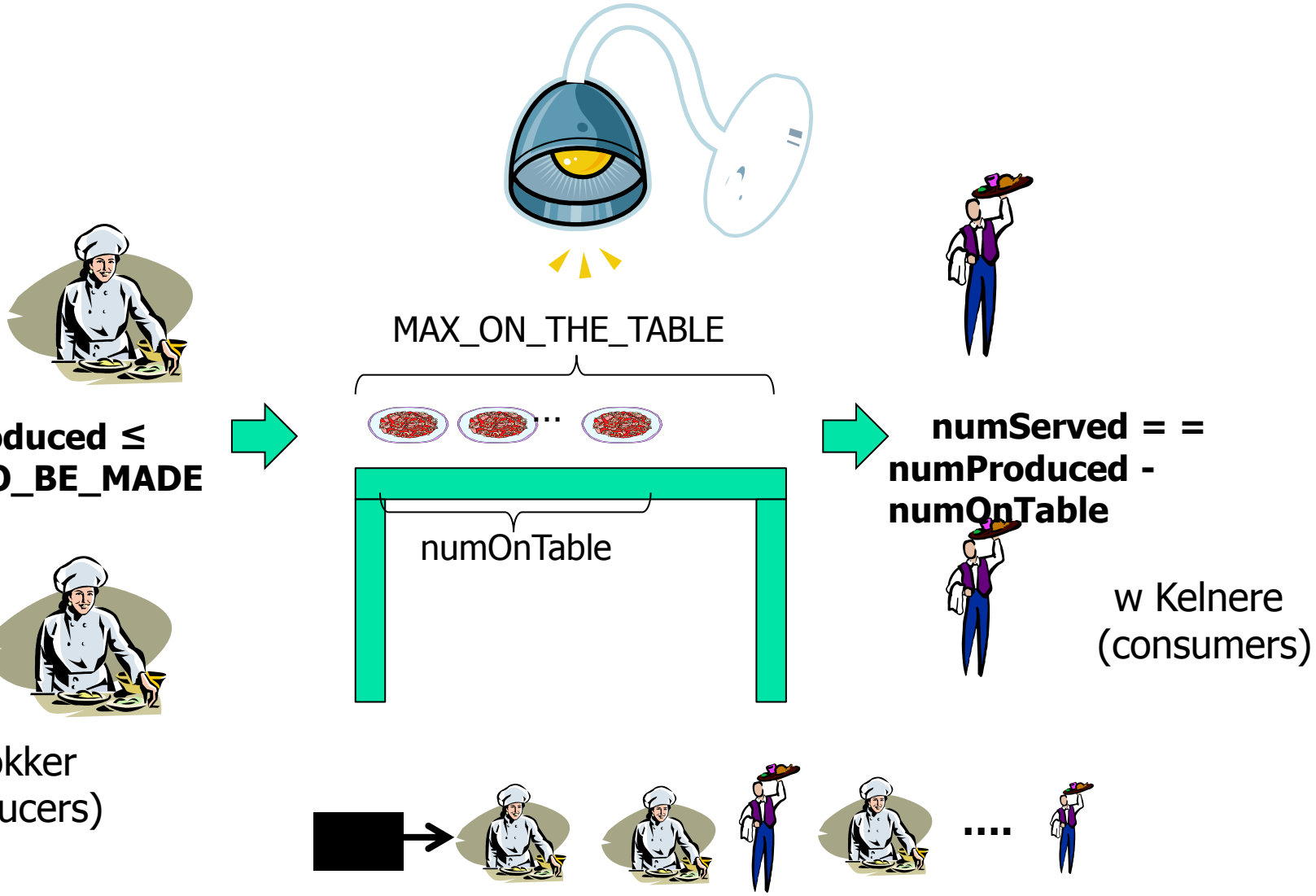
Derfor er det nødvendig med "while ..."

Java har <u>én</u> kø for alle wait()-instruksjonene på samme objekt!



Pass på å unngå vranglås

Restauranten (2):



En kø: Kokker og Kelnere venter samme wait-køen

Løsning 2, All venting er inne i synkroniserte metoder i en to køer.

- All venting inne i to synkroniserte metoder
- Kokker and Kelnere venter på neste tallerken i wait-køen
- Vi må vekke opp alle i wait-køen for å sikre oss at vi finner en av den typen vi trenger (Kokk eller Kelner) som kan drive programmet videre
- Ingen testing på invariantene i run-metodene

Begge løsninger 2) og 3):
run-metodene prøver en gang til hvis siste operasjon lykkes:

Kokker:

```
public void run() {
        try {
            while (tab.putPlate(this)) {
                sleep((long) (1000 * Math.random()));
            }
        } catch (InterruptedException e) {}
        // Denne Kokken er ferdig
    }
```

Kelnere:

```
public void run() {
        try {
            while (tab.getPlate(this) ){
                sleep((long) (1000 * Math.random()));
            }
        } catch (InterruptedException e) {}
            // Denne Kelneren er ferdig
    }
```

Løsning2

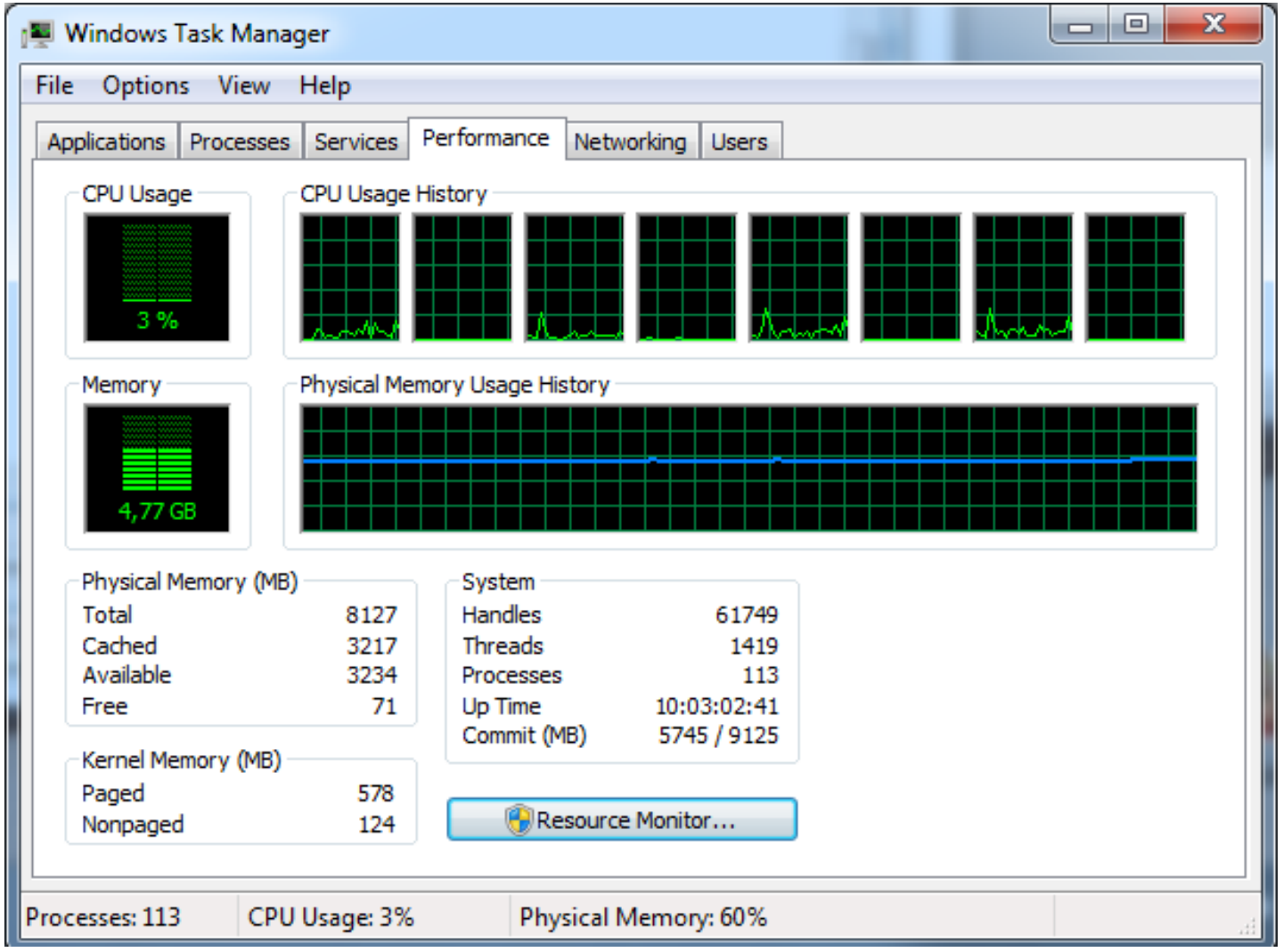
```
public synchronized boolean putPlate (Kokk c) {
    while (numOnTable == TABLE_SIZE &&
           numProduced <   NUM_TO_BE_MADE) {
        try { // The while test holds here meaning  that a Kokker should
              // but can not make a dish, because the table is full
            wait();
        } catch (InterruptedException e) { // Insert code to handle interrupt }
    }
    // one or both of the loop conditions are now false
    if (numProduced < NUM_TO_BE_MADE) {
        // numOnTable < TABLE_SIZE
        // Hence OK to increase numOnTable
        numOnTable++;
        // numProduced < NUM_TO_BE MADE
        // Hence OK to increase numProduced:
        numProduced++;
        // numOnTable > 0 , Wake up a waiting
        // waiter, or all if
        //numProduced ==NUM_TO_BE_MADE
        notifyAll();  // Wake up all waiting
```

```
        if (numProduced ==
           NUM_TO_BE_MADE) {
            return false;
        } else{ return true; }
    } else {
        // numProduced ==
        //NUM_TO_BE_MADE
        return false;}
} // end putPlate
```

Løsning2

```
public synchronized boolean getPlate (Kelner w) {
      while (numOnTable == 0 &&
            numProduced < NUM_TO_BE_MADE ) {
            try { // The while test holds here meaning that the table
                  // is empty and there is more to serve
                  wait();
            } catch (InterruptedException e) { // Insert code to handle interrupt }
       }
      //one or both of the loop conditions are now false
      if (numOnTable > 0) {
            // 0 < numOnTable <= TABLE_SIZE
            // Hence OK to decrease numOnTable:
            numOnTable--;
            // numOnTable < TABLE_SIZE
            // Must wake up a sleeping Kokker:
            notifyAll();   // wake up all queued Kelnere and Kokker
            if (numProduced == NUM_TO_BE_MADE && numOnTable == 0) {
                  return false;
            }else{ return true;}
      } else { // numOnTable == 0 && numProduced == NUM_TO_BE_MADE
            return false;}
} // end getPlate
```

Løsning2 med 18 raske Kokker (venter 1 ms) og 2 langsomme Kelnere (venter 1000 ms). Kokkene stresser ikke maskinen med stadige mislykte spørsmål , men venter i kø til det er plass til en tallerken til på varmebordet . CPU-bruk = 3%.



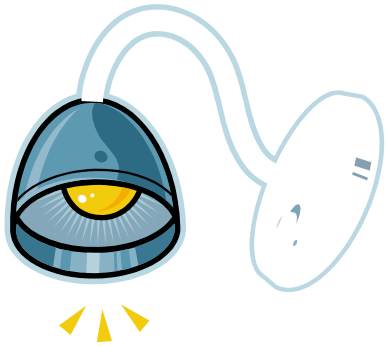
Løsning 3: En parallell løsning med Doug Lea's Conditions.

- Bruker to køer:
  - En for Kokker som venter på en tallerkenplass på bordet
  - En for Kelnere som venter på en tallerken
- Da trenger vi ikke vekke opp alle trådene, **Bare en** i den riktige køen.
  - Kanskje mer effektivt
  - Klart lettere å programmere

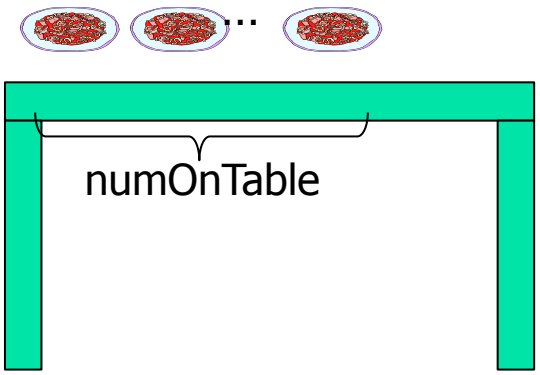
Restauranten (3):

numProduced ≤ NUM_TO_BE_MADE

c Kokker (produsenter)



MAX_ON_THE_TABLE



numServed = = numProduced – numOnTable

w Kelnere (konsumenter)

To køer:
a) Kokker venter på en plass på bordet

b) Kelnere venter på flere tallerkener

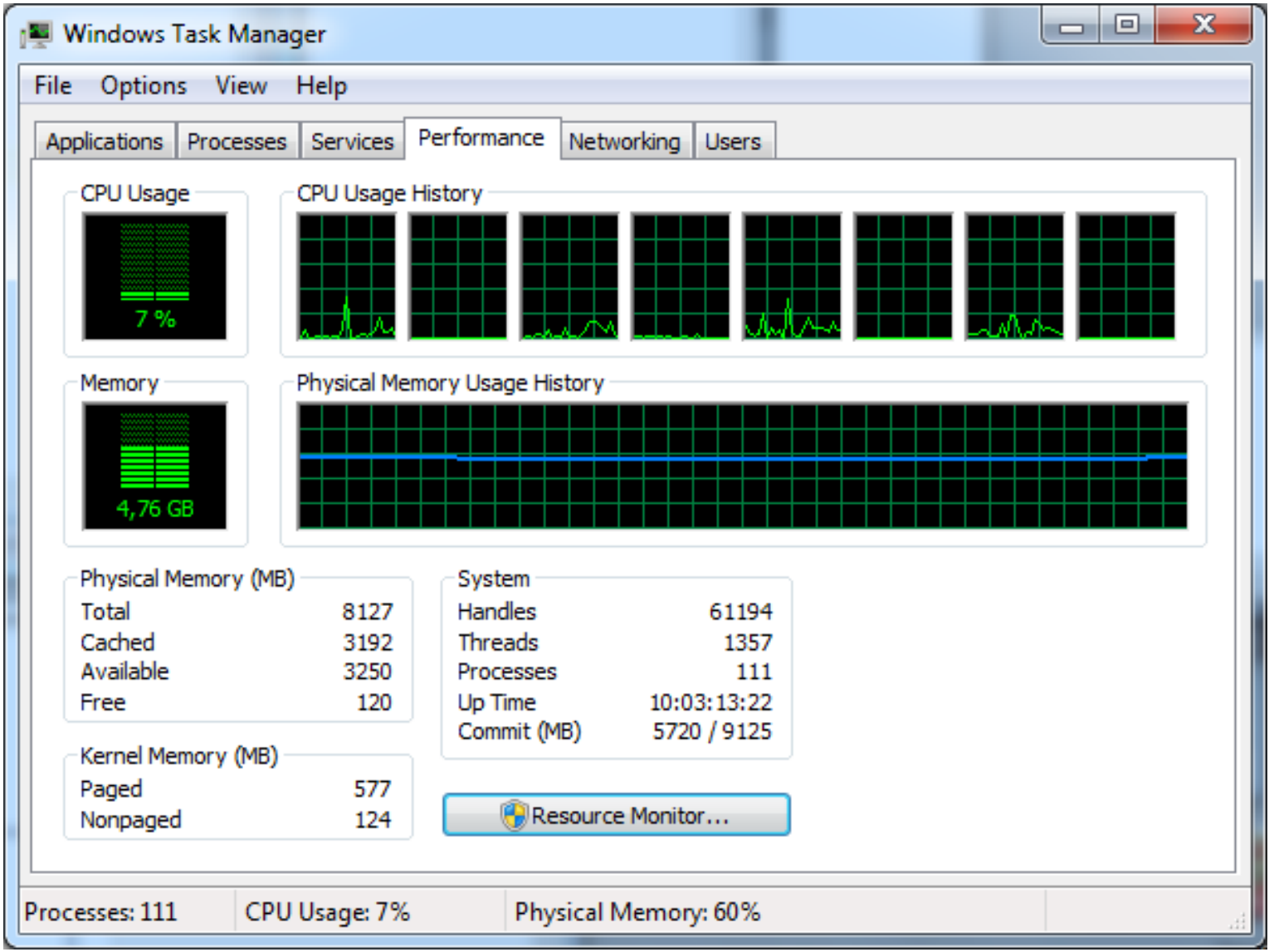
```
final Lock lock = new ReentrantLock();
final Condition notFull  = lock.newCondition();     // kø for Kokker
final Condition notEmpty = lock.newCondition(); // kø for Kelnere

public boolean putPlate (Kokker c) throws InterruptedException {
     lock.lock();
      try {while (numOnTable == MAX_ON_TABLE && numProduced < NUM_TO_BE_MADE){
                notFull.await(); // waiting for a place on the table
             }
            if (numProduced < NUM_TO_BE_MADE) {
                  numProduced++;
                  numOnTable++;;
                  notEmpty.signal(); // Wake up a waiting Kelner to serve
                  if (numProduced == NUM_TO_BE_MADE) {
                       //  I have  produced the last plate,
                      notEmpty.signalAll();   // tell Kelnere to stop waiting, terminate
                       notFull.signalAll();       // tell Kokker to stop waiting and terminate
                       return false;
                   }
                 return true;
             } else {  return false;}
      } finally {
         lock.unlock();
   } } // end put
```

```
public boolean getPlate (Kelnerw) throws InterruptedException {
    lock.lock();
    try {
        while (numOnTable == 0 && numProduced < NUM_TO_BE_MADE ) {
            notEmpty.await();      // This Kelnerwaiting for a plate
        }
        if (numOnTable > 0) {
            numOnTable--;
            notFull.signal();  // Signal to one Kokker in the Kokker's waiting queue
            return true;
        } else {
            return false;}
    } finally {
        lock.unlock();
    }
} // end getPlate
```

En Kelner eller en Kokk blir signalisert av to grunner:
- for å behandle (lage eller servere) en tallerken til
- ikke mer å gjøre, gå hjem (tøm begge køene)

Løsning3 med 18 raske Kokker (venter 1 ms) og 2 langsomme Kelnere (venter 1000 ms). Kokkene stresser ikke maskinen med stadige mislykte spørsmål , men venter i kø til det er plass til en tallerken til på varmebordet . CPU-bruk = 7%.



Vurdering av de tre løsningene

- **Løsning 1**: Enkel, men kan ta for mye av CPU-tiden. Særlig når systemet av andre grunner holder på å gå i metning vil typisk en av våre trådene da bli veldig treige, og da tar denne løsningen plutselig ½-parten av CPU-tiden.
- **Løsning 2:** God, men vanskelig å skrive
- **Løsning 3:** God, nesten like effektiv som løsning 2 og lettere å skrive.

Avsluttende bemerkninger til Produsent-Konsument problemet

- Invarianter brukes av alle programmerere (ofte ubevisst)
  - program, loop or metode (sekvensiell eller parallell)
  - Å si de eksplisitt hjelper på programmeringen
- HUSK: synchronized/lock virker bare når alle trådene synkroniserer på samme objektet.
  - Når det skjer, er det **sekvensiell tankegang** mellom wait/signal
- Når vi sier notify() eller wait() på en kø, vet vi ikke:
  - Hvilken tråd som starter
  - Får den tråden det er signalisert på kjernen direkte etter at den som sa notify(), eller ikke ??. Ikke definert
- Debugging ved å spore utførelsen (trace) – System.out.println(”..”)
  - Skriving utenfor en Locket/synkronisert metode/del av metode, så lag en:
    - synchronized void println(String s) {System.out.println(s);}
  - Ellers kan utskrift bli blandet eller komme i gal rekkefølge.

Hva har vi sett på i uke7

1. Om faktorisering av ethvert tall M < N*N (oblig 2)
   (finne de primtallene < N som ganget sammen gir M)
2. Flere metoder i klassen Thread for parallellisering
3. Tre måter å programmere monitorer i Java eksemplifisert med tre løsninger av problemet: Kokker og Kelnere
   1. med sleep()og aktiv polling.
   2. med synchronized methods , wait>() og notify(),..
   3. med Lock og flere køer (Condition-køer)