Samlinger, Lister, Sekvenser

Litt om ADT-hierarki

Container ADT

Iterator – Enumeration ADT

Vektor ADT

Position ADT

Liste ADT

Sekvens ADT

Sammenlikning av implementasjoner vha array/lenket liste/2-veis lenket liste

Generisk Sortering av Sekvenser

Kap.	unntatt	kursorisk
4	4.2.3, 4.2.4, 4.5	
5		5.1.4

Container ADT (**package jdsl.core.api;**)

```
/**   generisk samling av Objekter  – supertype for alle samlinger  */
public interface InspectableContainer {
/**   @return   true hviss samlingen er tom */
      boolean isEmpty();
/**   @return   antall elementer i samlingen */
      int size();
/**   @return   iterator av alle elementer */
      ObjectIterator elements();
/**   @return   true hviss Accessor a er i samlingen */
      boolean contains(Accessor a);
}
```

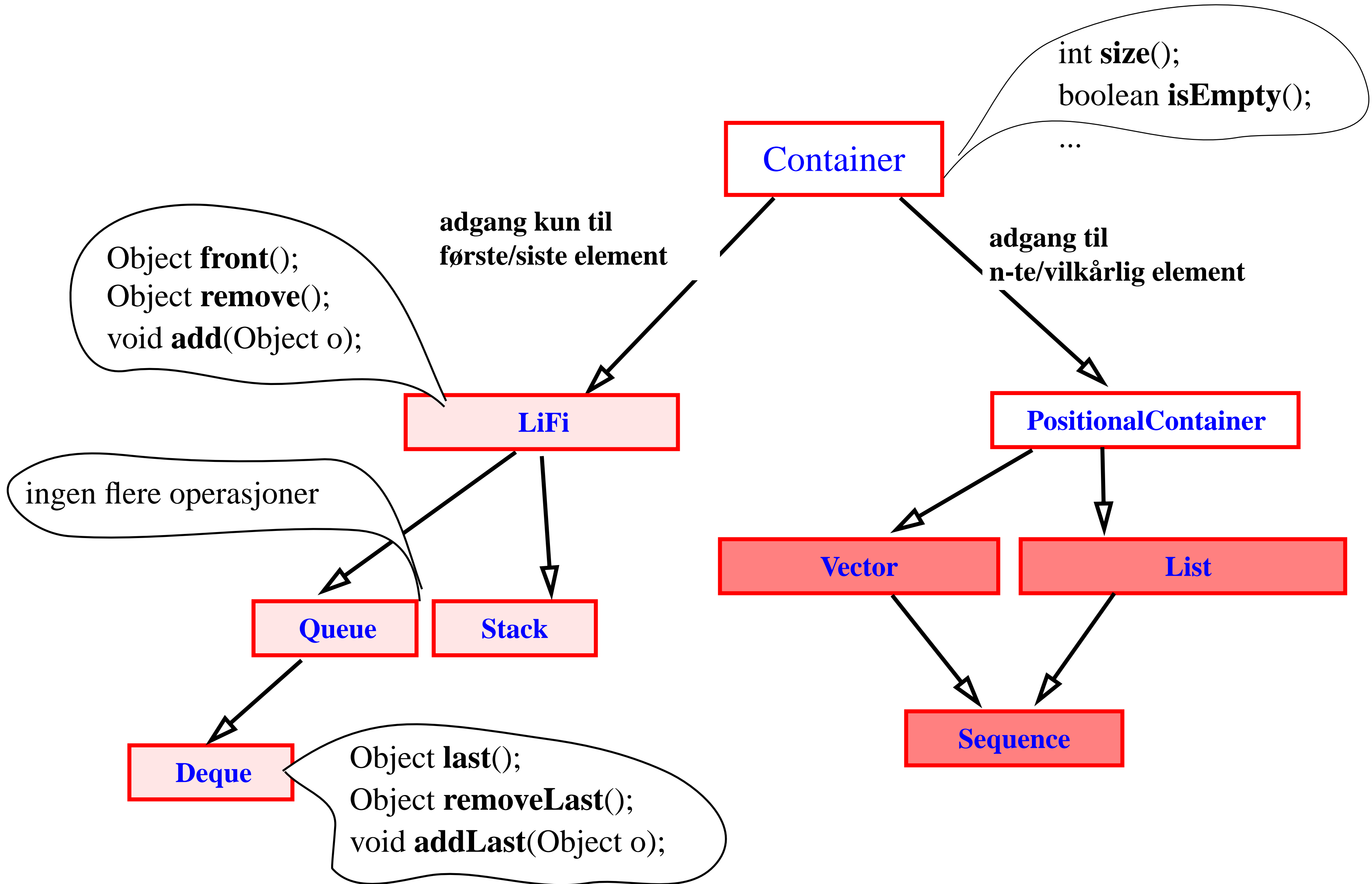
```
/**   generisk "posisjon – lagringsplass"  */
public interface Accessor{
/**   @return   elementet lagret ved denne Accessor*/
      Object element();
}
```

```
/**   tillater iterasjon over samling  */
public interface ObjectIterator {
/**   @return   neste objecktet å besøke */
      Object nextObject();
/**   @return   true hviss det er flere objekter */
      boolean hasNext();
/**   @return   objektet returnert av siste nextObject */
      Object object();
/**   @return   setter i initiell tilstand (før kallet) */
      void reset();
}
```

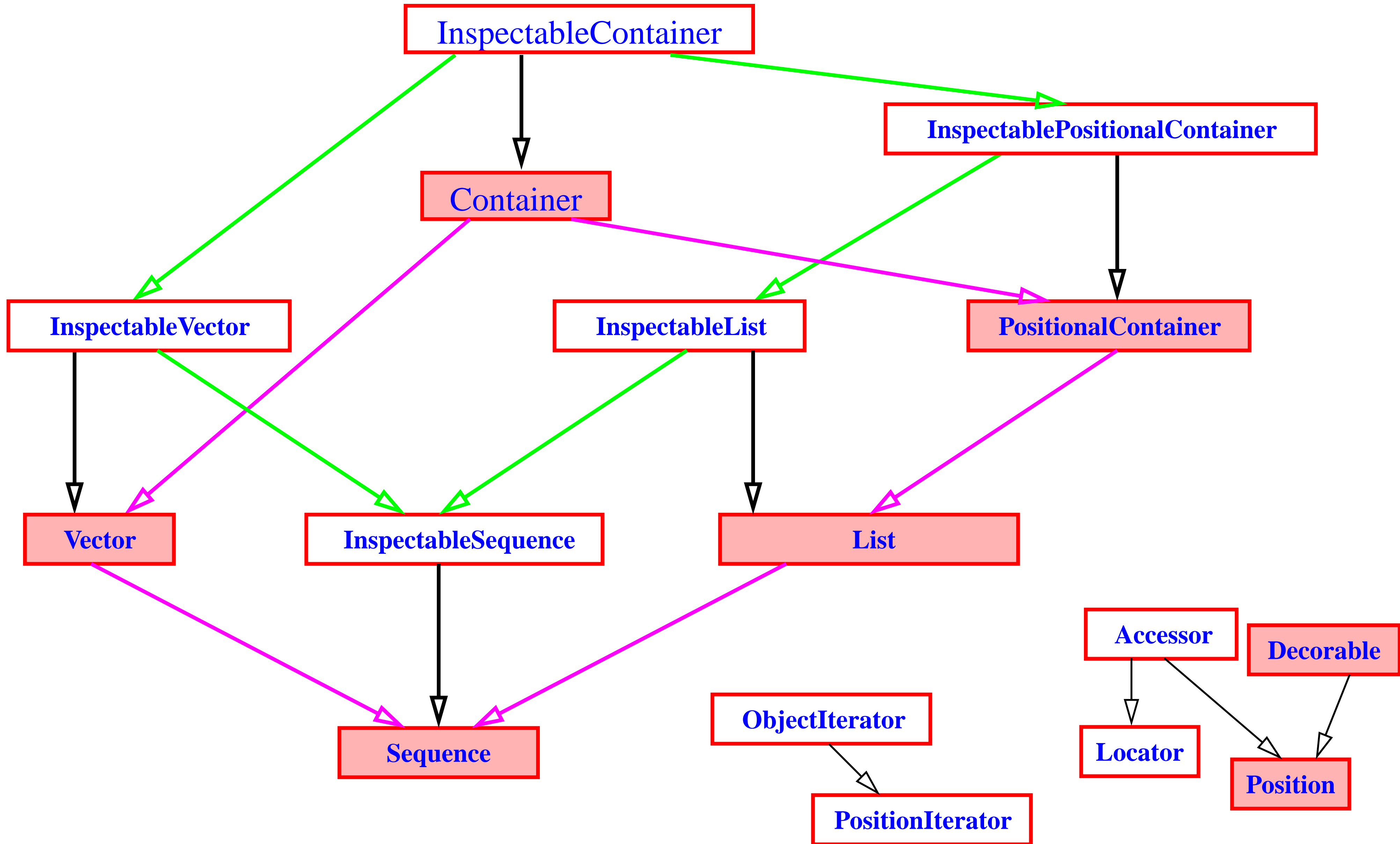
```
/**   generisk samling som tillatter oppdateringer  */
public interface Container extends InspectableContainer {
/**  @return  en ny tom samling, av samme klasse */
     Container newContainer();
/**  @return  elementet lagret ved a før kallet */
     Object replaceElement(Accessor a, Object newEl);
}
```

pluss Exceptions !!!!

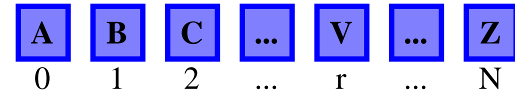
ADT hierarki kunne tenkes slik



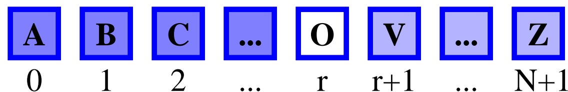
... men i JDSL.core.api er det nærmere slik



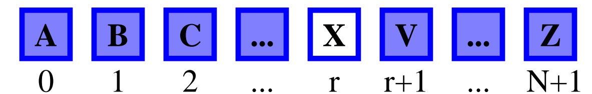
Vektor ADT



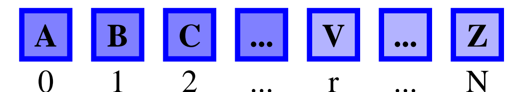

```
/** adgang til/fjerning/innsetting av elementer
 *   med vilkårlig rank (ulik Stack og Queue)
 *   Rank – angis med et tall 0 <= r < size()  */

public interface Vector
        extends Container {

/**  setter inn Objekt o med rank r, andres rank kan endres
 *@param       r  et tall: 0 <= r <= size()
 *@param       o  Objektet som skal innsettes
 *@exception BoundaryViolationEx om r < 0 eller r > size()
 */  void insertAtRank(int r, Object o);
```




```
/**  returnerer Objektet med rank r
 *@param       r  et tall: 0 <= r < size()
 *@return      Objektet  i posisjon r
 *@exception BoundaryViolationEx om r < 0 eller r > size()-1
 */  Object elemAtRank(int r);

/**  erstatter Objektet med rank r med et nytt Objekt
 *@param       r  et tall: 0 <= r < size()
 *@param       o Objektet som skal innsettes
 *@return      Objektet som ble erstattet
 *@exception  BoundaryViolationEx
 *             om r < 0 eller r > size()-1
 */  Object replaceAtRank(int r, Object o);
```




```
/**  fjerner og returnerer Objektet med rank r
 *@param       r  et tall: 0 <= r < size()
 *@return      Objektet  som ble fjernet
 *@exception BoundaryViolationEx
 *             hvis r < 0 eller r > size()-1
 */  Object removeAtRank(int r);
}
```



En ADT kan implementere en annen ADT

```
/**   gir aksess til FØRSTE og SISTE elementet  */
public interface Dequeue {
/**  @return første/siste objektet */
      Object first();
      Object last();
/**  sett inn i første/siste posisjon */
      void inserFirst(Object o);
      void inserLast(Object o);
/**  @return første/siste objektet - som fjernes! */
      Object removeFirst();
      Object removeLast();

      int size();
      boolean isEmpty();
}
```

```
public class VecDeq implements Dequeue {
  private Vector v;
  public VecDeq() { v = new VectorImplementasjon(); }

  Object first() { return v. elemAtRank(0); }
  Object last() { return v. elemAtRank(v.size()); }

  void inserFirst(Object o)  { v. insertAtRank(0, o); }
  void inserLast(Object o)  { v. insertAtRank(v. size(), o); }

  Object removeFirst();
     { return v. removeAtRank(0); }
  Object removeLast();
     { return v. removeAtRank(v. size()); }

  int size() { ...  }
  boolean isEmpty()  { ...  }
}
```

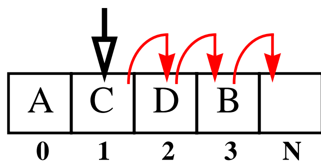
Implementasjon av Vector vha. java.util.Vector

*med **java.util.Vector***

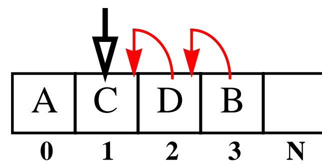
```
package java.util;

public class Vector {
...
void ensureCapacity(
      int minCapacity) { ... }
void insertElementAt(
      Object o, int i) { ... }
void setElementAt(
      Object o, int i) { ... }
void remove(int i) { ... }
Object elementAt(int i) { ... }
Object lastElement() { ... }
Object firstElement() { ... }
int capacity() { ... }
int size() { ... }
}
```

```
import java.util.Vector;
public class RSvector implements Vector {
  private Vector v;
  public RSvector() { v= new Vector(); }

  public void insertAtRank(int r, Object o)
        throws BoundaryViolationException {
    try{ v.insertElementAt(o, r); }  // sjekker rank r
    catch(ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
        throw new BoundaryViolationException ; } }

  public void elemAtRank(int r) {  // sjekk rank r
    return v.elementAt(r);  }

  public Object removeAtRank(int r) { //sjekk rank r
    return v.remove(r);  }

  public Object replaceAtRank(int r, Object o) { //sjekk rank r
    return v.set(r,O);  }

  public int size() { return v.size();  }
  public boolean isEmpty() { return v.size() == 0; }
}
```

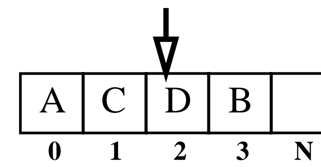
insertAtRank(1,X)



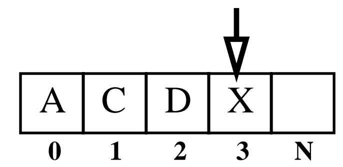
removeAtRank(1)



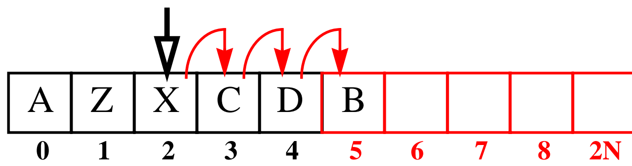
elemAtRank(2)



replaceAtRank(3,X)



insertAtRank(2,Z)



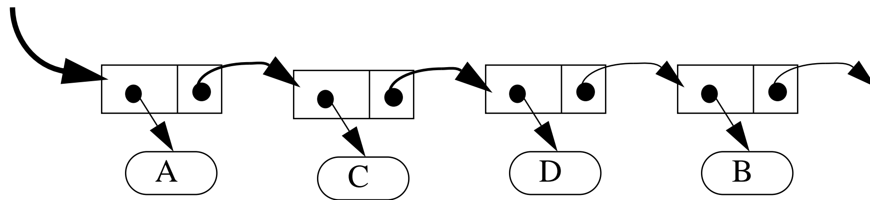
O(n)

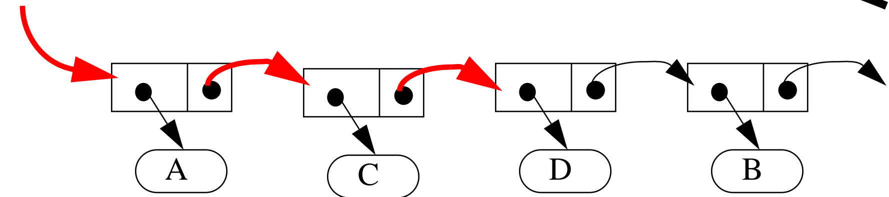
O(n)

O(1)

O(1)

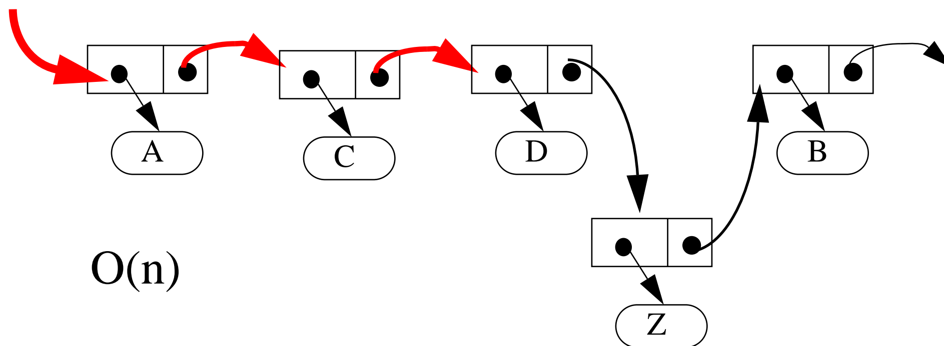
elemAtRank(2)





O(n)

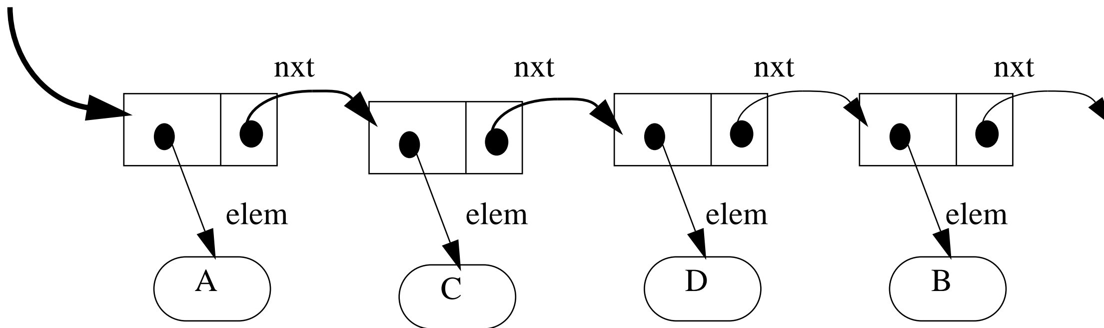
insertAtRank(3,Z)



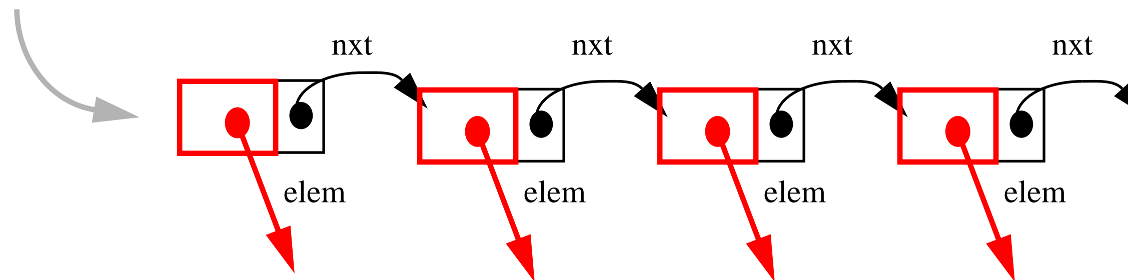
Implementasjoner av Vector ADT

kompleksitet **operasjon**	Vector *relativt!!!*	**Array** *(extendable)*	**en-veis liste**	**to-veis liste**
Container :				
size	*1 Vector-op*	1	1	1
isEmpty	*1 Vector-op*	1	1	1
Vector :				
elemAtRank	*1 Vector-op*	**1**	n	n
insertAtRank	*1 Vector-op*	n	n	n
removeAtRank	*1 Vector-op*	n	n	n
replaceAtRank	*1 Vector-op*	**1**	n	n

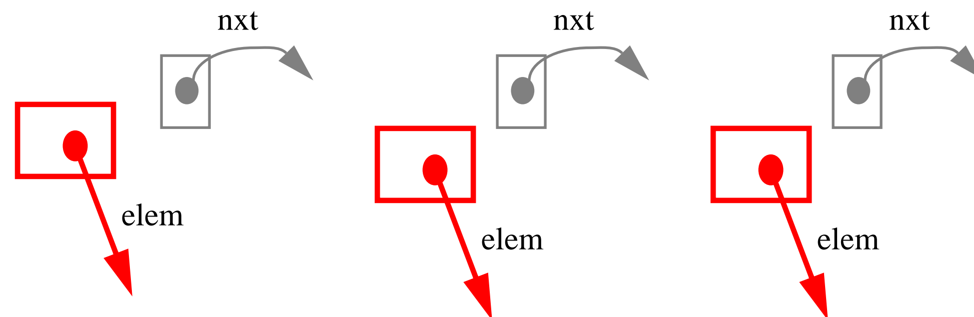
Position ADT



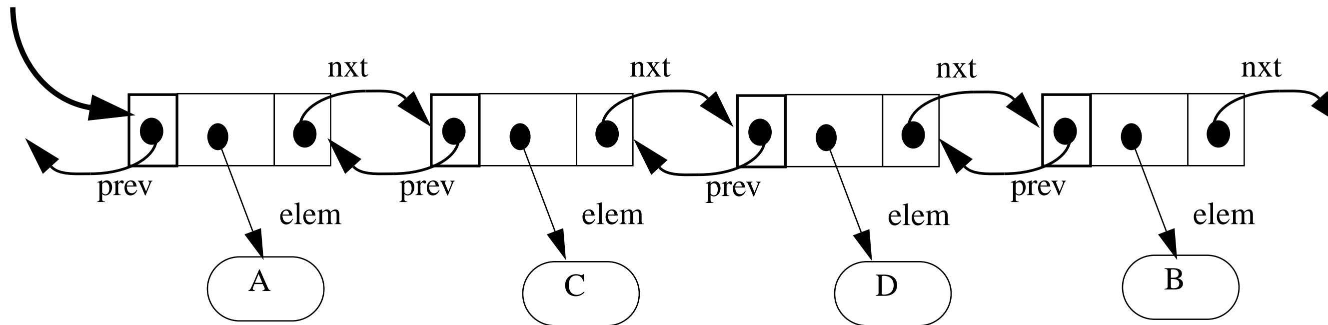

```
class Node {
  Node nxt;
  Object elem;
  ...
}
```



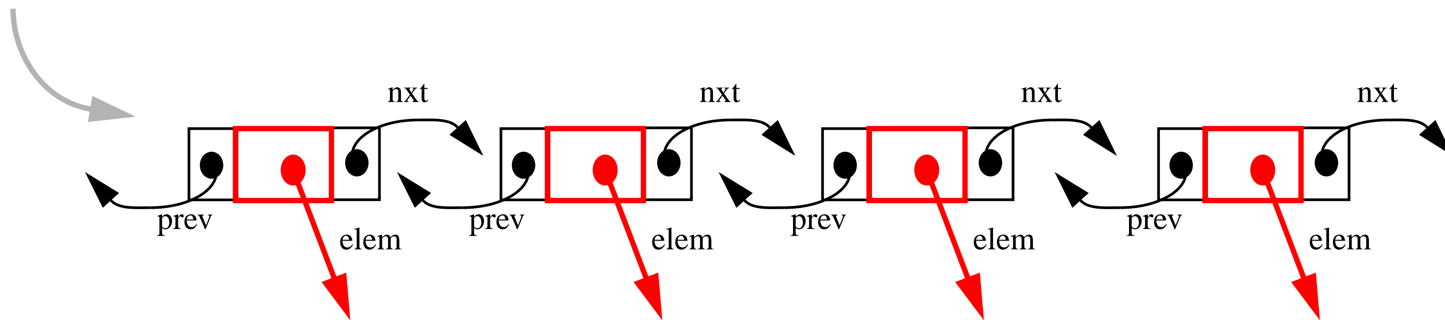

```
interface Position {
  Object element();
}
```

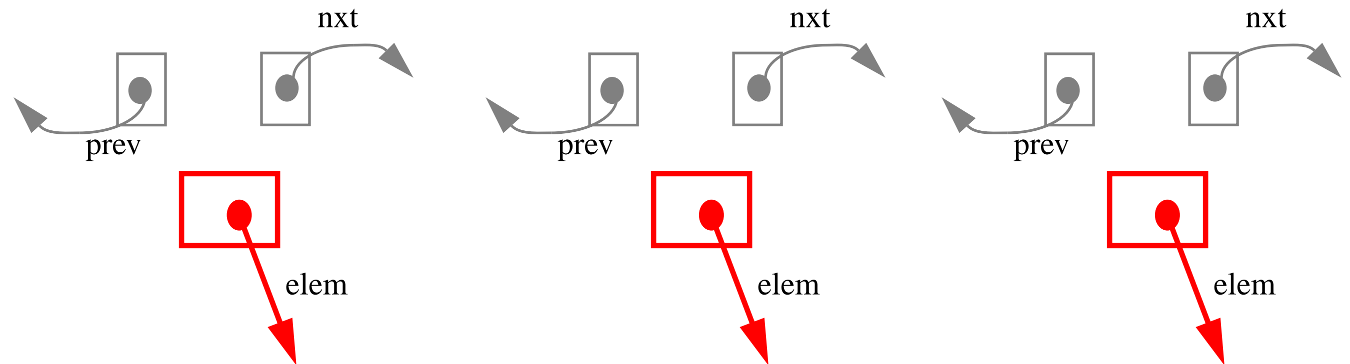


Position ADT




```
class Node {
  Node nxt;
  Node prev;
 Object elem;
 ...
}
```

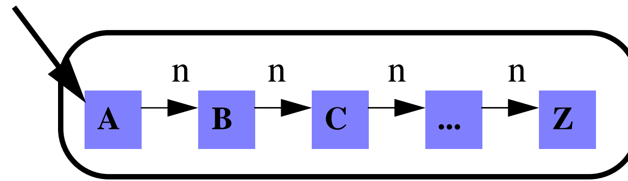


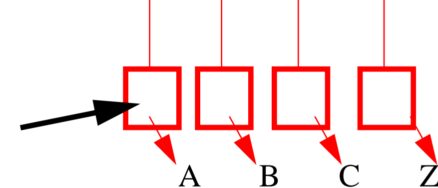



```
interface Position {
  Object element();
}
```

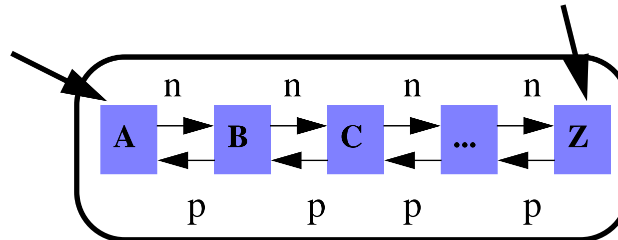
Position ADT

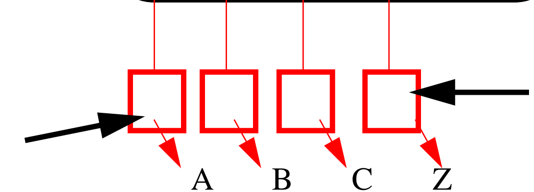
= ***abstraksjon av "et sted"***
som kan lagre noe



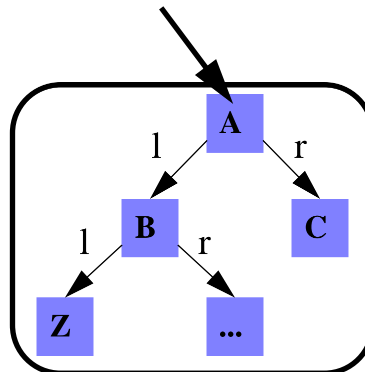


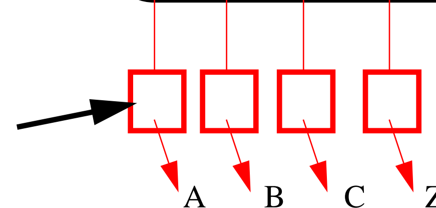

```
// jdsl.core.api.Accessor!!!
public interface Position {
  Object element();
// void setElement(Object o);
}
```





"Rå struktur"
= *aksess-metoder til*
en samling av Position*'er*





interface PositionalContainer i JDSL

```
package jdsl.core.api;

/**   generisk samling av Objekter som aksesseres vha posisjon */
public interface PositionalContainer extends Container, InspectablePositionalContainer {

/**   @return        enumerering av posisjonene fra samlingen   */
      PositionIterator positions();                       // (fra InspectablePosCont.)

/**   erstatt Objektet ved posisjon p med Objektet o        (fra Container)
 *    @param         p posisjon der Objektet skal erstattes
 *    @param         o det nye Objektet som skal plasseres ved p
 *    @return        det gamle Objektet lagret opprinnelig ved p
 *    @exception     InvalidAccessorException hvis p ikke er i denne samlingen */
      Object replaceElement(Position p, Object o) throws InvalidAccessorException;

      . . . . . .

/**   bytt Objektene lagret ved argumentposisjoner
 *    @param         p, q posisjoner i samlingen
 *    @exception     InvalidAccessorException hvis p eller q ikke er i denne samlingen */
      void swapElements(Position p, Position q) throws InvalidAccessorException;
}
```

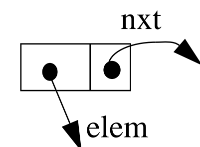
List ADT

```
public interface List extends
        PositionalContainer, InspectableList {

// Position aksess ____________________         implem.

/** @return posisjonen til første elementet i sekvensen
 * første elem fåes ved first().element() */
   Position first();                             O(1)

/** @return posisjon til siste elementet i sekvensen */
   Position last();                              O(1)

/** @param v en posisjon i sekvensen
 * @return posisjon til elementet rett før v i sekvensen
 * @exception BoundaryViolationException om v==first() */
   Position before(Position v);                  O(1)

/** @param v en posisjon i sekvensen
 * @return posisjon til elementet rett etter v i sekvensen
 * @exception BoundaryViolationException om v==last() */
   Position after(Position v);                   O(1)

   boolean isFirst(Position v);                  O(1)
   boolean isLast(Position v);                   O(1)
```

implementasjon med	*krever at*
en-/to-veis liste	Node implements Position
array	*"indeks"* implements Position

```
// element håndtering ____________________      implem.
/**@return posisjon til det innsatte elementet */
   Position insertFirst(Object e);                              O(1)
/**@return posisjon til det innsatte elementet */
   Position insertLast(Object e);                               O(1)
/**sett inn elt o i sekvensen rett foran det i v */
   Position insertBefore(Position v, Object e);                 O(1)
/**sett inn elt o i sekvensen rett etter det i v */
   Position insertAfter(Position v, Object e);                  O(1)
/**@return Objektet som ble fjernet */
   Object remove(Position v);                                   O(1)
// int size();  boolean isEmpty();                              O(1)
// ObjectIterator elements();                                   O(n)
// Container newContainer();                                    O(1)
// PositionIterator positions();                                O(n)
// void swapElements(Position v, Position w);                   O(1)
// Object replaceElement(Position v, Object e);                 O(1)
```

	EL	**DL**
first()	1	1
last()	1	1
after(p)	1	1
before(p)	**n**	**1**
insertFirst(o)	1	1
insertLast(o)	**n**	**1**
insertAfter(p,o)	1	1
insertBefore(p,o)	**n**	**1**
remove(p)	1	1

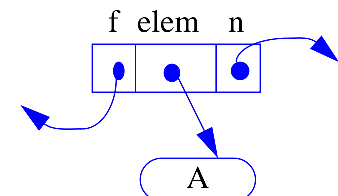


EL:
DataStruktur:

class Node
implements Position

Node first, last

int size



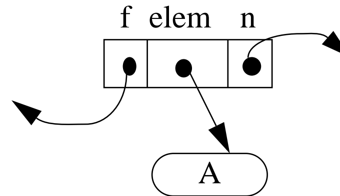
DL:
DataStruktur:

class DLNode
implements Position

Node first, last

int size

List *med* ***to-veis liste***




```
public class DLNode implements Position
{  private DLNode f, n;
   private Object elem;
   public DLNode(Object o, DLNode ff, DLNode nn)
   {    elem= o; f= ff; n= nn; }
   public Object element() { return elem; }
   public void setElement(Object o)
       { elem = o; }
   public DLNode getNext() { return n; }
   public DLNode getPrev() { return f; }
   public void setNext(DLNode d) { n= d; }
   public void setPrev(DLNode d) { f= d; }
}
```

DataStruktur

```
        private DLNode first, last;
   // antall elementer size =
        private int n;
```

```
public class PSdl implements List {
  public Position last() { return last; }
  public Position before(Position p) {
      return ((DLNode)p).getPrev(); }
  public Position insertFirst(Object o) {
      first = new DLNode(o, null, first) ;
      n++;
      if (last == null) last = first;
      return first ; }
  public Position insertBefore(Position p, Object o) {
      DLNode pp = (DLNode)p;
      DLNode ny = new DLNode(o, pp.getPrev(), pp);
      n++;
      if isFirst(p) first = ny;
      return ny; }
  . . .
}
```

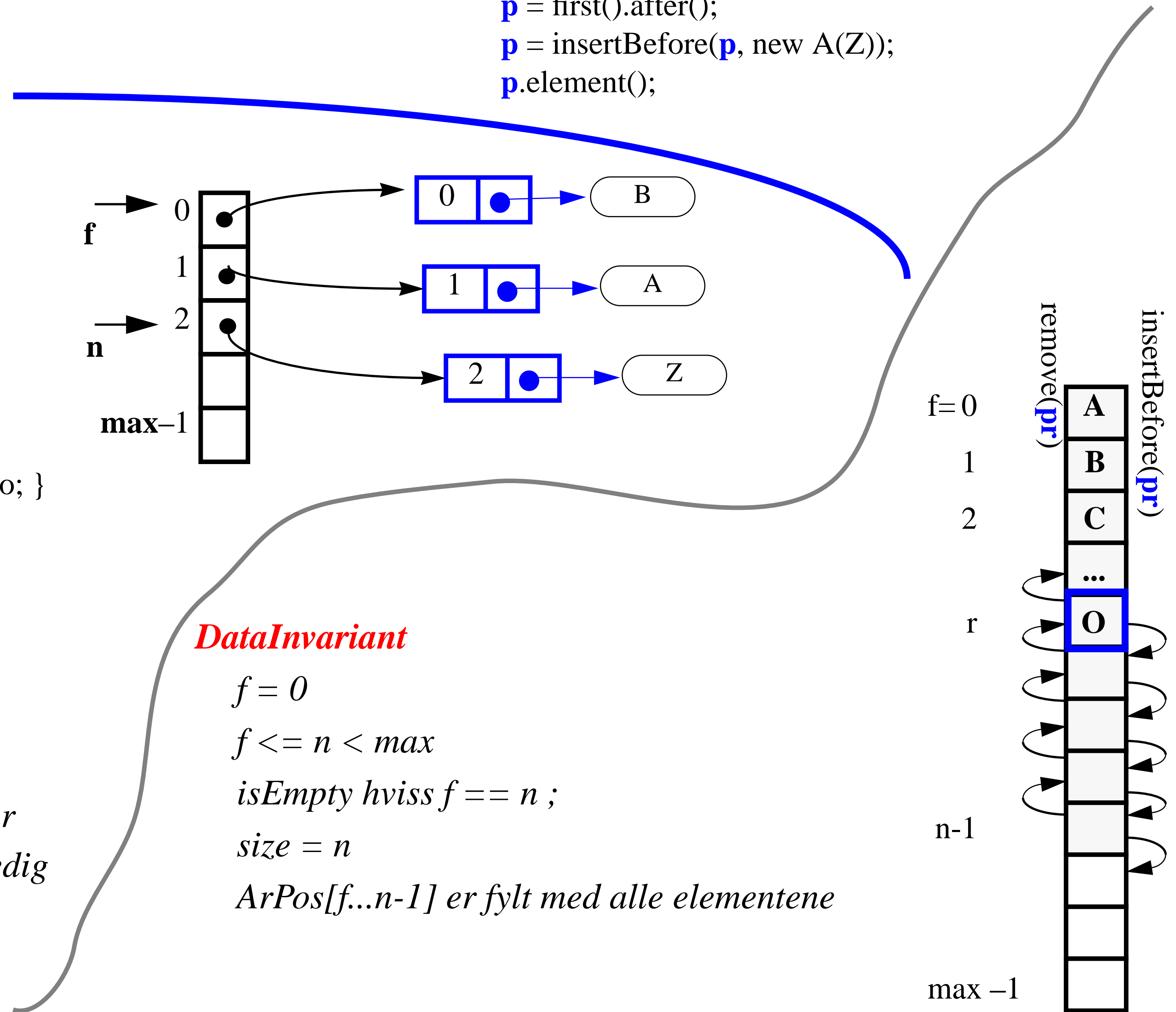
List *med* ***array (ikke sirkulær)***

Data Representasjon

```
public class ArPos
implements Position
{  private int r;
   private Object obj;
   public ArPos(
        int i, Object o)
   {    r= i; obj= o; }
   public element() { return obj; }
   public rank() { return r; }
   public setElement(Object o) { obj= o; }
   public setRank(int i) { r= i ; }
}
```

Data Struktur

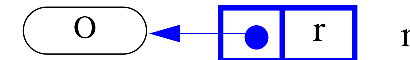
private ArPos[N] ar;
private int max; // *størrelse til ar*
private int f, n; // *første–neste ledig*

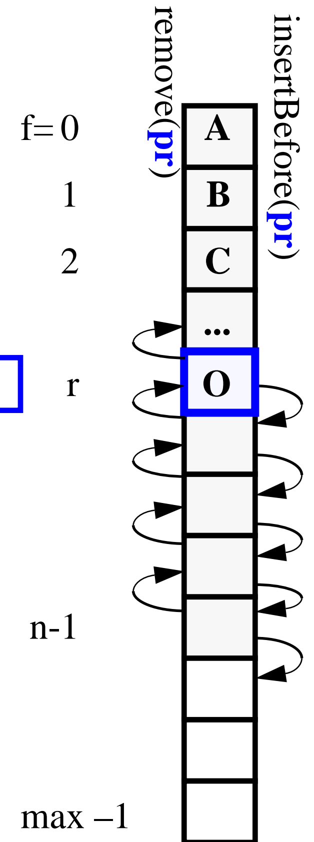


List *med* ***array (ikke sirkulær)***

	ArPos
first()	1
last()	1
after(p)	1
before(p)	1
insertFirst(o)	n/1
insertLast(o)	1
insertAfter(p,o)	**n**
insertBefore(p,o)	**n**
remove(p)	**n**

```
public class ListAr implements List {
  public Position last() throws EmptyContainer{
    if (n > f) return ar[n–1];
    else throw new EmptyContainer(); }

  public Position before(Position p) throws InvalidAccessorExc
  {  if ( check(p).rank()==0) throw new  ...Exception();
     return ar[ check(p).rank()–1 ] ; }

  public Position insertLast(Object o) {
    ar[n] = new ArPos(n,o); n++; }

  public Position insertBefore(Position p, Object o)
                throws InvalidAccessorExc {
    int r = check(p).rank();
    for (int k= n; k>r; k--) {
         ar[k]= ar[k–1]; ar[k].setRank(k); }
    ar[r]= new ArPos(r,o);
    n++ ;  return ar[r]; }     }

  private ArPos check(Position p) throws InvalidAccessorExc {
    if (! p instanceOf ArPos) throw new InvalidAccessorExc();
    ArPos a = (ArPos)p;
    if (p.rank() >= 0 && p.rank() <= n) return a;
    else throw new InvalidAccessorExc();     }
```





Implementasjoner av List

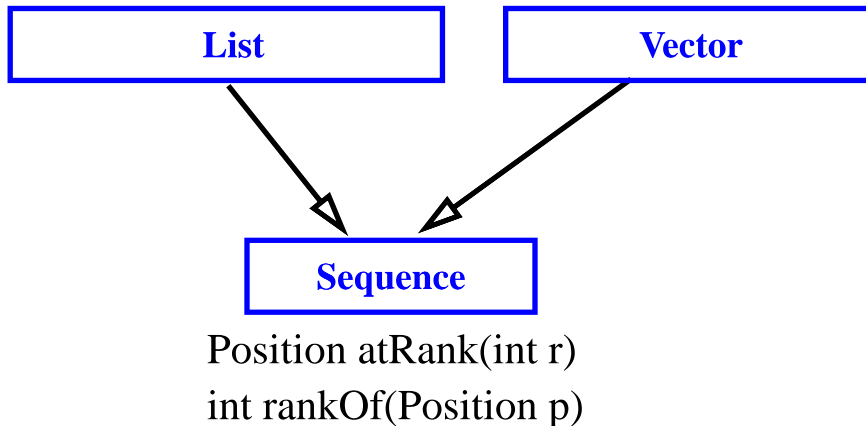
kompleksitet operasjon	Array	en-veis liste	to-veis liste
size, isEmpty	1	1	1
newContainer	1	1	1
elements, positions	n	n	n
replace, swap	1	1	1
first	1	1	1
last	1	n	1
before	**1**	**n**	**1**
after	1	1	1
insertFirst	n/1(sirkulær)	1	1
insertLast	1	n	1
insertBefore	**n**	**n**	**1**
insertAfter	**n**	**1**	**1**
remove	**n**	**n**	**1**

Sequence ADT

size, isEmpty
elements, positions
newContainer
replace, swap

first, last
before, after
insertFirst/-Last
insertBefore/-After
remove

elemAtRank
replaceAtRank
insertAtRank
removeAtRank




```
public interface Sequence
        extends List, Vector {

/** @param r rank
    @return posisjonen til elementet med rank r
    @exception BoundaryViolationException
  Position atRank(int r)

/** @param p posisjon
    @return rank til elementet i posisjonen p
    @exception InvalidAccessorException
  int rankOf(Position p)

}
```

Implementasjoner av Sequence

	kompleksitet operasjon	Array	en-veis liste	to-veis liste
Container	size, isEmpty, newContainer	1	1	1
PositionalContainer	elements, positions	n	n	n
	replace, swap	1	1	1
List	first	1	1	1
	last	1	n	1
	before	1	n	1
	after	1	1	1
	insertFirst	n/1(sirkulær)	1	1
	insertLast	1	n	1
	insertBefore	**n**	**n**	**1**
	insertAfter	**n**	**1**	**1**
	remove	**n**	**n**	**1**
Vector	elemAtRank, replaceAtRank	1	(n)	(n)
	insertAtRank, removeAtRank	n	(n)	(n)
Sequence	rankOf	1	1	1
	atRank	**1**	**n**	**n**

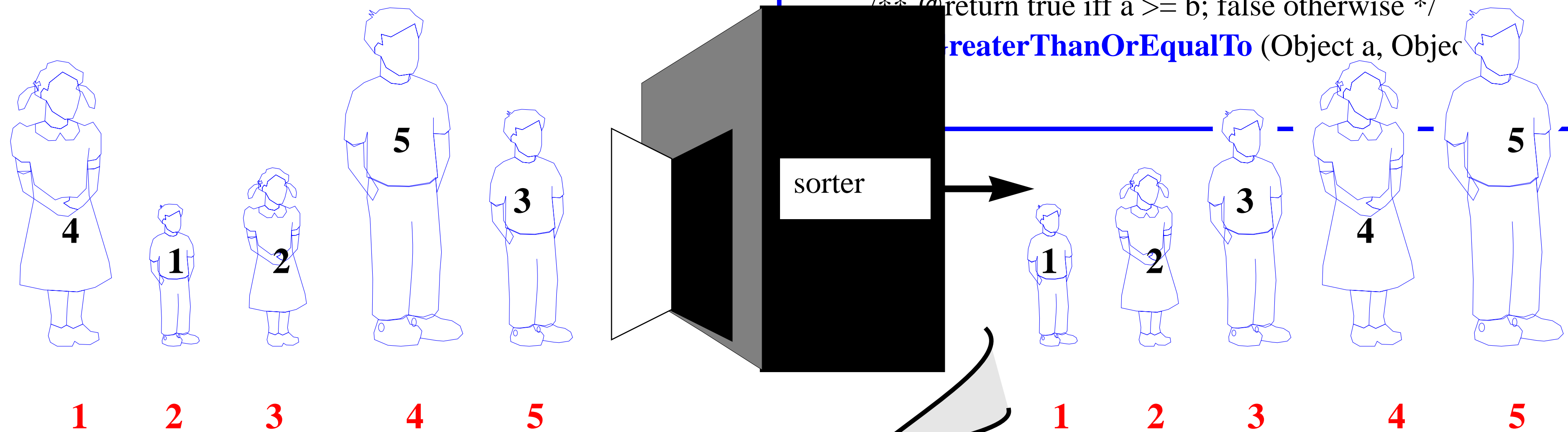
Sortering

```
public interface Comparator
{       /** @return true iff a < b; false otherwise */
boolean isLessThan (Object a, Object b)
        /** @return true iff a > b; false otherwise */
boolean isGreaterThan (Object a, Object b)
        /** @return true iff a == b; false otherwise */
boolean isEqualTo (Object a, Object b)
        /** @return true iff a <= b; false otherwise */
boolean isLessThanOrEqualTo (Object a, Object b)
        /** @return true iff a >= b; false otherwise */
        reaterThanOrEqualTo (Object a, Objec
```

- *utføres på Elementer som kan sammenliknes:*

  total ordning: **for alle** Elementer a, b :

  a < b **eller** a > b **eller** a == b



- *som står samlet i en struktur der Posisjoner er ordnet:*

  total ordning: **for alle** Posisjoner p, q :

  p < q **eller** p > q **eller** p == q

I List ADT, uttrykkes denne ordningen med operasjoner before/after:

p *before* q -> p.element() *isLessThanOrEqualTo* q.element()

Generisk seleksjon-sort av Sequence

```
for (k=0,1,2...< n) {     // n= S.size()
    int m = k;
    for (j= k+1...< n)
        if (S[j] < S[m]) m = j;
    S.swap( m, k )
}
```

$1+2+...+(n-1)+n = O(n^2)$

en algoritme er generisk hviss alle klasse-parametre er ADTer : interface eller Object

```
void SS1(Sequence S, Comparator C)  {
  int k, j, min;
  int n = S.size() ;
  for (k=0; k<n; k++)  {
    min = k ;
    em = S.elemAtRank(min);
    for (j= k+1; j<n; j++)
      if (C.isLessThan(
          S.elemAtRank(j), em ))
          {   min = j;
              em = S.elemAtRank(min); }
    S.swap( S.atRank(min), S.atRank(k) ) ;
}
```

kan brukes kun når **atRank**(r) *er* $O(1)$;

er den $O(n)$ *får vi* $SS1 = O(n^3)$ *!!!*

```
void SS2(Sequence S, Comparator C)
  Position k, j, min;
  k= S.first();
  while ( k != S.last() )   {
    min = k;  j = k;
    while ( j != S.last() ) {
      j = S.after(j);
      if (C.isLessThan(j.element(), m.element()))
          min = j;
    }
    S.swap(min, k) ;
    k = S.after(k) ;
} }
```

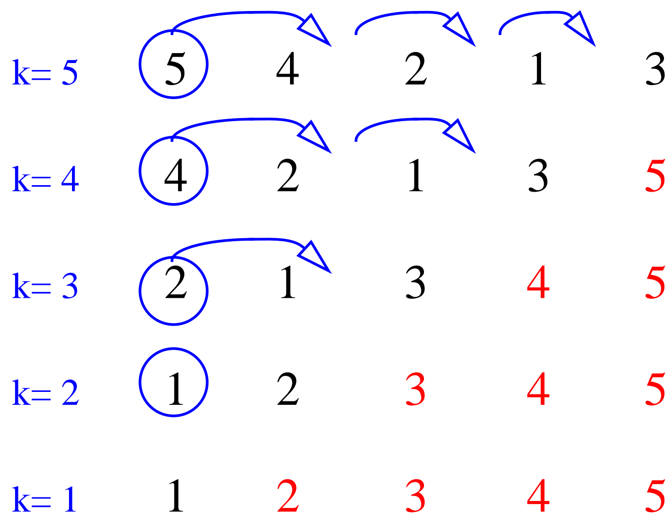
first(), **last**(r), **after**(p) *kan alltid fåes* $O(1)$;

$SS2 = O(n^2)$ *!!!*

Generisk **boble-sortering** av Sequence

```
// n= S.size()
for (k=0,1...< n) {          S[0...k-1] er sortert og
                             har k minste elem. fra S
   int m = k;
   for (j= k+1...< n) {      S[m] er minst i S[k...j-1]
      if (S[j] < S[m])
         m = j;
   }                         S[m] er minst i S[k...n–1]
   S.swap( m, k )
}                            S[0...n–1] er sortert
                             //og har n minste elem. fra S
```

```
// n= S.size() – 1
for (k=n...> 0) {            S[k+1...n] er sortert og har
                             n–k største elem. fra S

   for (j= 0...<k) {         S[j] er størst i S[0...j]
      if (S[j+1] < S[j])
         S.swap( j, j+1 )
   }                         S[k] er størst i S[0...k]

}                            S[1...n] er sortert
                             og har n største elem. fra S
```




```
void BubbleSort(Sequence S, Comparator C)  {
   Position p1, p2 ;
   for ( k = S.size()–1; k>0; k--)   {
      p1 = S.first() ;
      for ( j = 0; j<k; j++) {
         p2 = S.after(p);
         if (C.isLessThan(p2.element(), p1.element()))
            S.swap(p1,p2);
         p = a;
} } }
```

Korrekthet av boble-sortering

***BubbleSort(int[] A)* {** // n er største indeks i tabellen

INN1: k=n : A[n+1..n] ...0 <= r < s <= n & s > n ...ingen slik s

1:***for (k = n, k > 0, k--)* {**

LI1: 0 <= r < s <= n & s > k → A[r] <= A[s]

dvs. A[k+1...n] er sortert og har n-k største elementer

INN2: j=0 : A[0] er størst i A[0...0]

2: ***for (j = 0, j < k, j++)* {**

LI2: 0 <= t < j <= n → A[t] <= A[j]

dvs. A[j] er størst i A[0...j]

if (A[j] > A[j+1]) swap(A[j], A[j+1]);

j'=j+1: er A[j'] størst i A[0...j'] ?

hvis A[j] <= A[j+1] & LI2 → LI2'

ellers A[j'] = A[j] > A[j+1] = A[j'–1] & LI2 → LI2'

LI2': j'=j+1: 0 <= t < j' <= n → A[t] <= A[j']

}

UTG2: LI2 & ***j=k*** gir: 0 <= t < k <= n → A[t] <= A[k]

dvs. A[k] er størst bland A[0...k]

UTG2 & LI1 gir: A[0...k–1] <= A[k] <= A[k+1...n] →

LI1': k'= k–1: 1 <= r < s <= n, s > k' → A[r] <= A[s]

dvs. A[k'...n] er sortert og har n-k' største elementer

}

UTG1: **LI1 &** ***k=0*** gir **0 <= r < s <= n & s > 0 → A[r] <= A[s]**

dvs. : A[1...n] er sortert og har n-1 største elementer,
men da har A[0] minste element <= A[r] for 0 < r <= n
(spesielt, for r=1 : A[0] <= A[1])

Oppsummering

- *Container, PositionalContainer, Position, List, Sequence, ...*
- *organisering av ADTer*
  - *hierarki av interface burde avspeile alle relasjoner mellom begrepene*
- *Adaptor pattern: ADT-2 kan brukes for en "generisk" implementasjon av en annen ADT-1*
  - *relativ kompleksitet, dvs kompleksitet til ADT-1 avhengig av implementasjon av ADT-2*
- *riktige abstraksjoner kan være vanskelig å finne*
  - *Position (Locator, Accessor)*
- *forskjellige implementasjoner av samme ADT*
  - *vurdering av implementasjoner opp mot hverandre*
- *"generisk" algoritme bruker kun ADTer*
  - *grensesnitt informasjon om parametre*
  - *og derfor kan brukes med vilkårlige implementasjoner*
- *sorterings algoritmer*
  - *seleksjon–, merge–, bobble–sortering*